

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STROJNÍ**



**MODEL A METODIKA PRO KOMPLEXNÍ  
ERGONOMICKÉ HODNOCENÍ PRACOVIŠTĚ**

MODEL AND METHODOLOGY FOR COMPLEX ERGONOMIC WORKPLACE  
EVALUATION

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**Autor:** Ing. Martin Kyncl  
**Studijní obor:** Řízení a ekonomika podniku  
**Školící pracoviště:** Ústav řízení a ekonomiky podniku  
**Školitel:** prof. Ing. František Freiberg, CSc.  
**Školitel specialista:** doc. Ing. Jan Vlachý, Ph.D.

**Praha**

**2023**

## **Přehled disertační práce:**

Vysoká škola:	České vysoké učení technické v Praze Fakulta strojní
Ústav:	Ústav řízení a ekonomiky podniku
Vedoucí ústavu:	Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
Téma disertační práce:	Model a metodika pro komplexní ergonomické hodnocení pracoviště
Akademický rok:	2023/2024
Autor:	Ing. Martin Kyncl
Školitel:	prof. Ing. František Freiberg, CSc.
Školitel specialista:	doc. Ing. Jan Vlachý, Ph.D.
Klíčová slova:	Ergonomie; Hodnocení ergonomičnosti; Model; Metodika;

## **Rozsah práce a příloh:**

Počet stran:	165
Počet obrázků:	95
Počet tabulek:	13
Počet příloh:	1

---

## Dissertation Thesis Overview:

University:	Czech Technical University in Prague Faculty of Mechanical Engineering
Department:	Department of Management and Economics
Head of the Department:	Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
Dissertation Thesis Theme:	Model and Methodology for Complex Ergonomic Workplace Evaluation
Academic Year:	2023/2024
Author:	Ing. Martin Kyncl
Supervisor:	prof. Ing. František Freiberg, CSc.
Supervisor Specialist:	doc. Ing. Jan Vlachý, Ph.D.
Keywords:	Ergonomics; Evaluation of ergonomics; Model; Methodology;

## Scope of Dissertation Thesis:

Number of pages:	165
Number of pictures:	95
Number of tables:	13
Number of attachments:	1

---

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou disertační práci vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Františka Freiberga, CSc. Dále prohlašuji, že jsem použil pouze podklady (literaturu, projekty, software atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne 30.03.2023

.....

podpis

---

## **Poděkování**

Tímto děkuji školiteli své disertační práce prof. Ing. Františkovi Freibergovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady, a především za jeho vstřícnost a čas. Dále děkuji společnostem PREMEDI, s.r.o. a Staff Advance, s.r.o. a jejím zaměstnancům, zejména pak MUDr. Lukášovi Šoltysovi, za poskytnutí potřebných dat, umožnění rozsáhlých analýz a testů a za čas věnovaný konzultacím při řešení daných problémů.

---

## **Anotace**

Tato disertační práce s názvem „Model a metodika pro komplexní ergonomické hodnocení pracoviště“ se zabývá problematikou ergonomie v průmyslovém prostředí. Právě v průmyslu hraje velkou roli optimalizace pracovních podmínek s ohledem na potřeby a schopnosti pracovníků, pro dosažení co nejvyšší efektivity. Na základě teoretického základu i praktických zkušeností byl sestaven zjednodušený model pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Na jeho základech, s ohledem na stanovené okrajové podmínky, byl navržen a vyvinut vlastní model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Vlastní řešení bylo nejdříve testováno prostřednictvím fiktivních dat a následně plně ověřeno v laboratorních podmínkách a v reálném výrobním procesu v rámci výrobních podniků v České republice. Výsledkem práce je univerzální model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, který je použitelný napříč průmyslem.

## **Klíčová slova**

Ergonomie; Myoskeletální ergonomie; Hodnocení ergonomičnosti; Model; Metodika;

## Annotation

This dissertation thesis with the title „Model and Methodology for Complex Ergonomic Workplace Evaluation“, deals with the issue of ergonomics in an industrial environment. In industry the optimization of working conditions with regard to the needs and abilities of workers plays a major role in order to achieve the highest possible efficiency. Based on the theoretical basis and practical experience, a simplified model was compiled for a complex evaluation of workplace ergonomics. On its basis, taking into account the established boundary conditions, a model and methodology for a complex evaluation of workplace ergonomics was designed and developed. The actual solution was first tested using fictitious data and then fully verified in laboratory conditions and in a real production process within a production companies in the Czech Republic. The result of the work is a universal model and methodology for a complex evaluation of workplace ergonomics, which can be used across industries.

## Key words

Ergonomics; Myoskeletal ergonomics; Evaluation of ergonomics; Model; Methodology;

## Seznam použitých symbolů a zkratk

ČR	Česká republika
EU	Evropská Unie
NRNP	Národní registr nemocí z povolání
SZÚ	Státní zdravotní ústav
NZIS	Národní zdravotnický informační systém
ÚZIS	Ústav zdravotnických informací a statistiky
NzP	Nemoc z povolání
EU-OSHA	European Agency for Safety and Health at Work
KHS	Krajská hygienická stanice
KKV	Keramická komínová vložka
NIOSH RWL	NIOSH Recommended Weight Limit



# Obsah

<b>Seznam použitých symbolů a zkratk</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Úvod</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Ergonomie</b> .....	<b>12</b>
2.1 Historie ergonomie .....	12
2.2 Ergonomie v systémovém pojetí .....	14
2.3 Současný stav ergonomie .....	20
2.4 Legislativa v EU .....	23
2.5 Legislativa v ČR .....	24
2.6 Nemoci z povolání .....	42
2.7 Vymezení pracoviště.....	52
2.8 Závěr kapitoly .....	56
<b>3. Hodnocení ergonomičnosti pracoviště</b> .....	<b>58</b>
3.1 Přístupy .....	58
3.2 Metody .....	64
3.3 Porovnání současných metod.....	84
3.4 Závěr kapitoly .....	89
<b>4. Cíle</b> .....	<b>90</b>
<b>5. Návrh modelu a metodiky hodnocení ergonomičnosti pracoviště</b> .....	<b>91</b>
5.1 Zjednodušený model .....	93
5.2 Model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště .....	96
5.3 Procesní schéma modelu.....	109
5.4 Přehled výsledků.....	112
5.5 Akční plán modelu .....	114
5.6 Ověření modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště .....	115
5.7 Závěr kapitoly .....	135
<b>6. Závěry a diskuze výsledků</b> .....	<b>138</b>
6.1 Splnění cílů práce.....	141
6.2 Přenositelnost řešení.....	143
6.3 Důsledky pro vědu a průmyslovou praxi .....	144
6.4 Navazující výzkum.....	145
<b>7. Bibliografie</b> .....	<b>146</b>
<b>8. Publikace autora</b> .....	<b>151</b>
8.1 Publikace přímo související s disertační prací.....	151
8.2 Ostatní publikace a tvůrčí činnost autora.....	152
<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>158</b>
<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>161</b>

<b>Seznam použitého software .....</b>	<b>161</b>
<b>Seznam příloh.....</b>	<b>162</b>
<b>Textové a grafické přílohy .....</b>	<b>I</b>
<b>Příloha A - Výčet dalších metod .....</b>	<b>II</b>

## 1. Úvod

Doktorská práce s názvem „Model a metodika pro komplexní ergonomické hodnocení pracoviště“ se zabývá problematikou ergonomie v průmyslovém prostředí. Právě v průmyslu hraje velkou roli optimalizace pracovních podmínek s ohledem na potřeby a schopnosti pracovníků, pro dosažení co nejvyšší efektivity. Ergonomie práce je široko záběrová disciplína, která klade důraz na kvalitu interakce mezi člověkem a okolními podmínkami při realizaci výrobního či montážního procesu. Onemocněními pohybového aparátu, především onemocněním páteře a horních končetin z přetížení, se zabývá myoskeletální ergonomie. Tato onemocnění jsou charakteristická postupným začátkem a jejich riziko se zvětšuje například nadměrným vynakládáním sil, nepřírozenou pracovní polohou a třeba také opakovatelností pohybů. I přes masivní nástup automatizace výrobních procesů hrají lidské zdroje stále zásadní roli v oblasti konkurenceschopnosti podniků. Trh práce dlouhodobě stagnuje na velmi nízké úrovni nezaměstnanosti. V průmyslovém prostředí stále více chybí kvalifikovaní zaměstnanci. Na straně jedné je vyvíjen tlak na zaměstnance z titulu zvýšení efektivity a na straně druhé většina výrobních podniků bojuje s udržení stávajících zaměstnanců, prostřednictvím péče o jejich pracovní prostředí, tak aby byli schopni vykonávat pracovní činnost co nejdéle. Tyto skutečnosti jsou hlavní motivací pro řešení méj disertační práce.

Cílem doktorské práce je na základě teoretického základu i praktických zkušeností stanovit model a metodiku pro komplexní ergonomické hodnocení pracoviště. Jedním z dílčích cílů disertační práce je zpracování rešerše legislativního rámce spojeného s ergonomičností pracoviště a rešerše současných přístupů a metod k hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Následně na základě provedené rešerše ergonomie a rešerše hodnocení ergonomičnosti pracovišť sestavit zjednodušený model pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. V dalším kroku, s ohledem na stanovené okrajové podmínky, navrhnout a vyvinout vlastní model a metodiku pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Hlavním úkolem použití modelu a metodiky je zlepšit kvalitu interakce mezi člověkem a okolními podmínkami při realizaci výrobního či montážního procesu, zejména pak snížit riziko vzniku onemocnění pohybového aparátu, především onemocněním páteře a horních končetin z přetížení. Vlastní řešení následně prostřednictvím fiktivních dat testovat a optimalizovat jeho funkční a logické vazby. V posledním kroku pak plně ověřit interpretaci výsledků poskytnutých modelem s autorizovaným měřením v reálném výrobním procesu v rámci výrobního podniku v České republice a tím také ověřit jeho univerzálnost a použitelnost v průmyslu.

---

## 2. Ergonomie

Ergonomie je jedním z nejmladších vědních oborů. Jedná se o interdisciplinární obor, který zkoumá interakci mezi člověkem a pracovním prostředím. Hlavním cílem je optimalizace pracovních podmínek s ohledem na potřeby a schopnosti pracovníků, na minimalizaci negativních účinků práce na jejich zdraví a pohodu. Pojem ergonomie je odvozen z anglického slova "ergonomics", který vznikl umělým spojením dvou řeckých slov ergon (práce) a nomos (zákon, pravidlo). V souvislosti s pojmem ergonomie se v praxi používají i ekvivalentní názvy jako je „Human Engineering“ nebo „Human Factors“ a „Making Work Human“.

### 2.1 Historie ergonomie

Z pohledu historie vznikla ergonomie jako samostatný obor v průběhu 20. století, ale principy ergonomie byly známy již z daleké minulosti. První zmínky o ergonomii sahají až do starověkého Řecka, kde Hippokrates upozorňoval na důležitost uspořádání pracovního prostoru. Dalšími významnými mysliteli starověku, kteří se věnovali ergonomii, byli Leonardo da Vinci a Galileo Galilei. Během průmyslové revoluce v 18. a 19. století se v oblasti tovární výroby a průmyslu objevila zvýšená míra úrazů a chorob souvisejících s prací, začaly se objevovat první problémy s ergonomickým uspořádáním pracovních prostředí. V roce 1857 byla v Londýně otevřena první katedra ergonomie na světě na Polytechnické škole. Tato katedra se zabývala výzkumem v oblasti ergonomie a vyučovala studenty o ergonomickém uspořádání pracovního prostoru a rozmístění náradí. Jedním z prvních průkopníků ergonomie byl americký inženýr a vynálezce Frederick Winslow Taylor, který se proslavil tzv. taylorismem. Taylorismus byl systém, který spočíval v důkladném rozdělení práce a úkolu mezi pracovníky, kteří byli specializováni na jeden úkon. Tento systém měl za cíl zvýšit produktivitu práce, ale vedl také ke zvýšenému výskytu úrazů a zdravotních problémů u pracovníků. Dalšími významnými představiteli ergonomie byli například Frank a Lillian Gilbrethovi, manželé, kteří se zabývali studiem pohybu a efektivity pracovních úkonů. V roce 1924 založil německý psycholog Fritz Kahn první ergonomickou společnost, která měla za cíl zkoumat, jak pracovní prostředí ovlivňuje zdraví a výkonnost pracovníků. V průběhu 20. století se ergonomie stala samostatným vědním oborem a začala se vyučovat na univerzitách po celém světě. V této době se také objevily první standardy pro ergonomické uspořádání pracovních prostorů a náradí. První standardy byly vyvinuty v USA v 40. letech 20. století a v Evropě v 50. letech 20. století. Během druhé světové války hrála ergonomie významnou roli při návrhu letadel, zbraní a dalšího vojenského vybavení. Po válce se ergonomie

---

stala klíčovým faktorem při vývoji nových technologií a pracovních procesů. V roce 1949 byla založena Mezinárodní ergonomická společnost (International Ergonomics Association) a v roce 1957 vznikla první ergonomická laboratoř v USA na Univerzitě v Michiganu. Následně, v 60. a 70. letech 20. století se ergonomie stala významnou součástí designu a architektury. V této době se také začalo více věnovat psychologickým aspektům ergonomie a vlivu pracovního prostředí na lidskou psychiku a výkon. Na konci 20. století prošla ergonomie významnými změnami a rozšířením svého působení, což bylo z velké části důsledkem technologických inovací a rozvoje počítačové techniky. Tento vývoj přinesl několik klíčových trendů a oblastí zájmu v ergonomii:

- Kognitivní ergonomie, která se začala zaměřovat na interakci mezi lidským myšlením, rozhodováním a informačními systémy. Kognitivní ergonomie zkoumá, jak navrhnout technologie, aby byly v souladu s lidským zpracováním informací, učením a pamětí.
- Ergonomie softwaru a uživatelského rozhraní se začala zaměřovat na návrh uživatelských rozhraní, které by byly intuitivní, snadno použitelné a přizpůsobitelné potřebám uživatelů.
- Ergonomie pracovišť, která se soustředí na návrh pracovišť a pracovních prostředí tak, aby byly pohodlné, bezpečné a podporovaly produktivitu.

Ergonomie v 21. století se dále rozvíjí a přizpůsobuje se novým technologiím, trendům a výzvám. Některé klíčové oblasti zájmu a trendy v ergonomii v 21. století zahrnují:

- Ergonomie mobilních zařízení, která přímo reaguje na nárůst používání chytrých telefonů, tabletů a dalších mobilních zařízení, se svým pojetím zaměřuje na návrh těchto zařízení tak, aby byly co nejpohodlnější a nejefektivnější pro uživatele. To zahrnuje velikost a tvar zařízení, rozložení ovládacích prvků a interakce s dotykovými obrazovkami.
- Ergonomie a virtuální realita, respektive rozšířená realita přináší nové výzvy pro ergonomii, protože uživatelé interagují s digitálními prostředními prostřednictvím nových rozhraní a zařízení, jako jsou VR brýle a ovladače.
- Ergonomie a telepráce, která reaguje na nárůst práce z domova a nárůst flexibilních pracovních míst se zaměřením na návrh domácích pracovních stanic a přizpůsobení pracovních prostředí tak, aby byly pohodlné a efektivní pro pracovníky na dálku.
- Inkluzivní ergonomie, která se zaměřuje na návrh zařízení, prostředí a systémů, které jsou přístupné a pohodlné pro co nejširší spektrum uživatelů, včetně osob se zdravotním postižením a starších lidí.

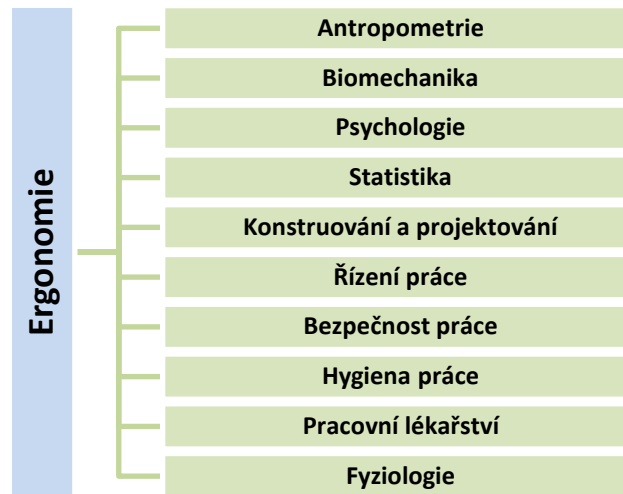
- Udržitelná ergonomie, která se zaměřuje na snížení environmentálního dopadu pracovního prostředí, kdy jejím cílem je navrhovat a organizovat pracovní prostředí, produkty a služby tak, aby byly nejen pohodlné, efektivní a bezpečné pro jednotlivce, ale také šetrné k životnímu prostředí a společnosti jako celku.
- Biomechanika a ergonomie weareable technologií, která reaguje na rostoucí počet nositelných zařízení, jako jsou chytré hodinky a fitness náramky, se svým pojetím zaměřuje na návrh těchto zařízení tak, aby byly pohodlné a přizpůsobitelné různým tělesným rozměrům a potřebám uživatelů.

## 2.2 Ergonomie v systémovém pojetí

V dostupné literatuře existuje široká škála definic. V roce 2000 byla na mezinárodní konferenci v San Diegu definována ergonomie jako: *„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.“* [1] Tato definice byla oficiálně přijata Mezinárodní Ergonomickou Asociací (IEA) a zároveň také českými autory jako je Matoušek a Gilbertová [2]. Mezinárodní ergonomická společnost působí jako organizace, která podporuje mezinárodní spolupráci v oblasti vědy a praktických aplikací ergonomie pro zlepšení kvality lidského života. Asociace v současné době sdružuje 34 národních společností a více než 14 tisíc odborníků a specialistů v oblasti ergonomie. Dle profesora Chundely, jednoho z předních českých ergonomů, je pojem ergonomie definován jako: *„Interdisciplinární systémový vědní obor, který komplexně řeší činnost člověka i jeho vazby s technikou a prostředím, s cílem optimalizovat jeho psychofyzickou zátěž a zajistit rozvoj jeho osobnosti“* [3]. Z pohledu legislativního rámce a zejména normy ČSN EN 614-1 je ergonomie definována jako: *„Víceoborová vědní disciplína, která shrnuje poznatky biologických, společenských a technických vědních oborů o postavení člověka v pracovní činnosti, v rámci pracovního systému.“* Z této definice je patrné, že ergonomie je komplexní obor, který vychází ze širokého spektra vědeckých oborů. Jedná se o obory jako jsou antropometrie, fyziologie, biomechanika, psychologie, statistika, konstruování a projektování, řízení práce, bezpečnost a hygiena práce, pracovní

---

lékařství, jednotlivé obory jsou zobrazeny na následujícím Obr. 2.1.



Obr. 2.1: Vědecké obory zahrnuté v ergonomii

Široká interdisciplinarita ergonomie umožňuje aplikaci ergonomie v průmyslu a dalších odvětvích, nicméně v této souvislosti je nutné ergonomii rozdělit do několika oblastí. Jako základní rozdělení můžeme chápat členění vycházející z Mezinárodní ergonomická společnosti, které je uvedeno na následujícím Obr. 2.2.



Obr. 2.2: Základní oblasti ergonomie

Fyzická ergonomie se zabývá vlivem pracovních podmínek a pracovního prostředí na lidské zdraví. Uplatňuje přitom poznatky anatomie, antropometrie, fyziologie, biomechaniky apod. Patří sem problematika pracovních poloh, manipulace s břemeny, opakované pracovní činnosti, uspořádání pracovního místa, bezpečnost práce. V kontextu disertační práce je důležitá právě oblast fyzické ergonomie, které bude dále detailně rozpracována.

Psychická (kognitivní) ergonomie je zaměřena na psychologické aspekty pracovní činnosti jako např. paměť, usuzování, interakce člověk - počítač a pracovní stres. Jedná se o specifickou formu aplikace psychologických poznatků na práci lidí.

Organizační ergonomie je zaměřena na optimalizaci socio - technických systémů včetně jejich organizačních struktur, strategií, postupů atd. Zkoumá a řeší lidský systém v komunikaci, práci v týmu práce, rozvržení práce, směn a odpočinku s cílem zajistit pocit komfortu.

Kromě základních oblastí je možné ergonomii dále dělit do speciálních oblastí, viz schéma na následujícím Obr. 2.3.



Obr. 2.3: Speciální oblasti ergonomie

Myoskeletální ergonomie se zabývá prevencí profesionálně podmíněných onemocnění pohybového aparátu, především onemocněním páteře a horních končetin z přetížení. Tato onemocnění jsou charakteristická postupným začátkem a jejich riziko se zvětšuje např. nadměrným vynakládáním sil, vnucenou (nepřirozenou) polohou, opakovatelností pohybů (jednotvárností práce). Výše zmíněná oblast fyzické ergonomie, které bude dále detailně rozpracována, má významný vliv na a dopad na lidské zdraví a s ním spojené nemoci z povolání. Práce se bude dále také zabývat oblastí myoskeletální ergonomie v kontextu onemocnění pohybového aparátu a nemocí z povolání.

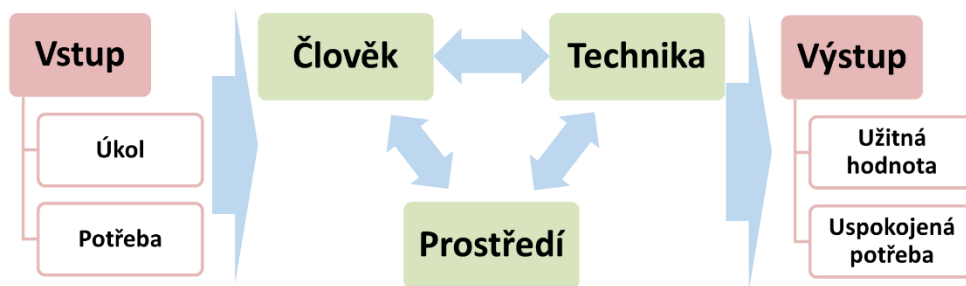
Psycho-sociální ergonomie je zaměřena na psychologické požadavky při práci a stresové faktory. Má úzkou vazbu k myoskeletální ergonomii, protože stres, psychologické a sociální faktory významně podporují výskyt onemocnění pohybového aparátu.

Participační (účastnická) ergonomie představuje spojení několika organizačních a manažerských aktivit. Na navrhování a realizaci změn pracovních systémů spolupracují zaměstnanci různých profesí a funkčních zařazení.

Rehabilitační ergonomie se zabývá profesní přípravou handicapovaných osob, konstrukční úpravou pracovního místa, nástrojů, strojů, pracovních pomůcek, aby byly přizpůsobeny výkonné kapacitě osoby s daným zdravotním postižením.



Široká škála oblastí a dělení ergonomie vede k systémovému přístupu řešení interakce člověka s pracovním prostředím, a to jak ve výrobním, tak nevýrobním sektoru. Ergonomický systém se dále dělí na dílčí podsystémy, které se vzájemně ovlivňují. Komplexní pojetí systémového přístupu je dáno především synergií zohlednění jak vnitřních a vnějších jevů a souvislostí. Základem systému ergonomie je soubor tří základních prvků, kterými jsou člověk, technika a prostředí, jedná se o tzv. systém 3M: Man-Machine-Medium, kdy právě člověk je prvek, na který je kladen nejvyšší důraz. V podstatě určuje pojetí a přístupy ergonomie tak, aby působení systému na člověka bylo kladné. Základní schéma tohoto systému je znázorněno na následujícím Obr. 2.4.



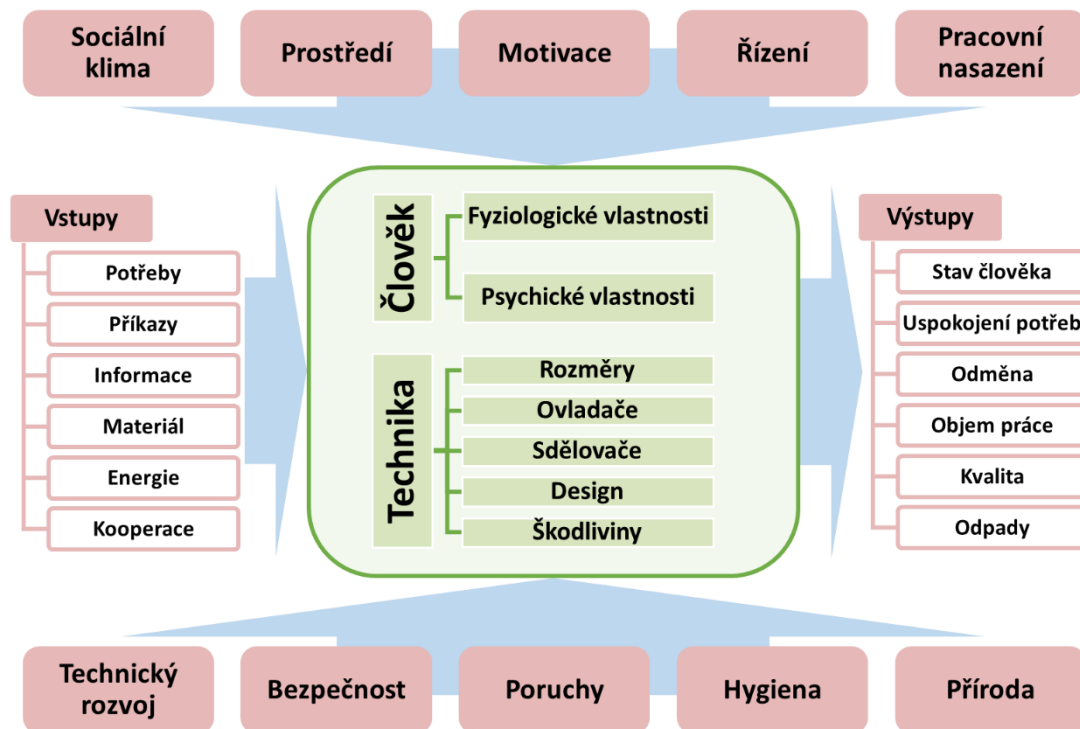
Obr. 2.4: Schématické znázornění systému člověk – technika – prostředí [3]

V uvedeném systému člověk představuje biologický pravděpodobnostní a samostatný podsystém, který chce dosáhnout rovnováhy mezi svým vnitřním prostředím a prostředím vnějším. Technika je používána pro výkon činnosti člověka. Prostředí obklopuje člověka a člověk v něm existuje. Tyto tři základní prvky je nutné doplnit dalšími okrajovými podmínkami, jako komplexnost, která do systému vkládá časovou a prostorovou strukturu. Dále se jedná o systémovost, která určuje společný cíl, vazby prvků a jejich hierarchie. A v neposlední řadě také ohraničení, zda se jedná o prevenci nebo racionalizaci. S ohledem na výše vyjmenované prvky a okrajové podmínky je možné k systému přistoupit jako souboru prvků, které jsou propojeny funkčními vazbami, tak aby bylo možné ze vstupů vygenerovat výsledky s přihlédnutím na okrajové podmínky. Systém lze chápat jako množinu prvků a vazeb mezi nimi, které společně určují vlastnosti celku. Vazbu můžeme dále definovat a rozeznávat, a to z pohledu výrobního systému, výrobního procesu, výrobní operaci až po výrobní pohyby. Vazba může být tedy následující:

- **Lidé – technika:** Jedná se o skupinu lidí pracujících u jednoho zařízení tak, že požadavky jsou kladeny hlavně na psychiku
- **Člověk – výrobní zařízení:** Jedná se o vazbu, kdy je výroba realizována zařízením a člověk má funkci rozhodovacího členu na základě zpracování informací

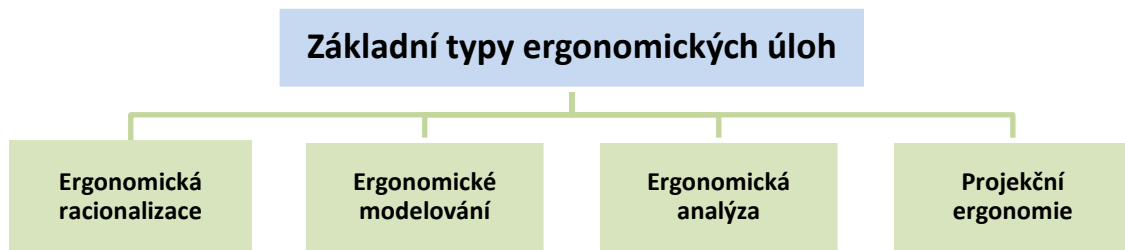
- **Člověk – technická zařízení:** Zde se jedná o vícestrojovou obsluhu, kde rostou nároky na kvalifikaci pracovníka a znalosti
- **Člověk – nástroj:** Jedná se o používání pomůcek a nástrojů, kde jsou kladeny požadavky na dynamiku a stereotypy
- **Člověk – automat:** Zde jsou kladeny zásadní nároky na schopnosti obsluhy v kontextu výpočetní techniky, která je u těchto strojů jako komunikační a řídicí prvek [3]

Tato disertační práce se bude primárně věnovat výrobnímu procesu a procesu montáže, kde zcela klíčová vazba člověk – technická zařízení a vazba člověk – nástroj. Ergonomický systém zahrnující člověka a techniku, který je doplněn o prostředí, je znázorněn na Obr. 2.5.



Obr. 2.5: Schéma ergonomického systému [3]

Na každém ergonomickém systému, lze řešit 4 základní typy úloh, viz následující Obr. 2.6.



Obr. 2.6: Základní typy ergonomických úloh realizovatelných na ergonomickém systému [3]

Ergonomická racionalizace se realizuje v okamžiku, kdy existuje systém a je známá jeho struktura a chování. Cílem je nalezení takových parametrů, které jsou dle stanoveného kritéria nejvýhodnější. Ergonomické modelování se realizuje v okamžiku, kdy existuje systém a je známá jeho struktura. Cílem je nalezení pravděpodobného chování systému, které vychází ze znalosti struktury systému. Ergonomická analýza se realizuje v okamžiku, kdy existuje systém, ale není známa jeho struktura a chování. Cílem je prostřednictvím experimentování v první řadě vyšetřit chování systému a následně strukturu systému. Projekční ergonomie se realizuje v okamžiku, kdy systém neexistuje. Cílem je realizace systému, který má s danou pravděpodobností vykazovat danou strukturu a požadované chování.

Z uvedeného schématu je patrné, že ergonomie je široko záběrová disciplína, která klade vysoký důraz na kvalitu interakce mezi člověkem a okolními podmínkami při realizaci výrobního či montážního procesu.

## 2.3 Současný stav ergonomie

V následujícím textu se bude popsán současný stav poznání v oblasti ergonomie, legislativní rámec ergonomie a také stanovení oblastí vlastního výzkumu. Současný stav poznání v oblasti ergonomie ukazuje, že ergonomický design může hrát klíčovou roli v prevenci nemocí z povolání a zlepšení produktivity a spokojenosti zaměstnanců. Po vzoru Evropské unie se v České republice stává z ergonomie neoddiskutovatelná součást průmyslu. I přes vysoké nároky na produktivitu práce, kvantitu produkce a nízké výrobní náklady se české podniky v čím dál větší míře začínají věnovat pracovním podmínkám svých zaměstnanců. Právě v oblasti ergonomie se průmyslové podniky začínají zabývat návrhem pracovního prostředí a technologií tak, aby byly co nejefektivnější, pohodlnější a bezpečnější pro lidi, kteří je používají. Současný stav poznání v oblasti ergonomie ukazuje, že ergonomický design může hrát klíčovou roli v prevenci nemocí z povolání a zlepšení produktivity a spokojenosti zaměstnanců. Základním mottem průmyslové praxe je minimalizovat riziko úrazů a zdravotních problémů spojených s pracovním prostředím, jako jsou například bolesti zad, karpální tunelový syndrom nebo nádorová onemocnění. Současné výzkumy ukazují, že ergonomický design může pomoci snížit tato rizika a zlepšit zdraví a pohodu zaměstnanců. Z výše popsaného textu vyplývá, že oblast ergonomie je multidisciplinární disciplína, kde jednotlivé vstupy je nutné charakterizovat na základě znalostní základny, viz následující schéma na Obr. 2.7.



Obr. 2.7: Znalostní základna ergonomie [4]

Znalostní základnu je možné rozdělit do tří primárních oblastí. První oblastí jsou biologicko-medické vědy, kam spadá podoblast fyziologie práce. Zde se jedná o aplikovanou lékařskou vědu, která zkoumá činnost jednotlivých orgánů a lidského organismu jako celku v okamžiku, kdy je práce vykonávána, a to v konkrétním čase a prostředí. Znalosti z fyziologie práce jsou využívány pro řešení úloh na téma produktivita práce, udržení zdraví a prodloužení pracovního věku zaměstnanců. Druhou podoblastí je pracovní lékařství, které zahrnuje metody a postupy pro diagnostiku změn fungování jednotlivých orgánů lidského organismu v souvislosti s vykonávanou prací. Hlavním cílem je zde využít poznatků medicíny při identifikaci nemocí z povolání a odstraňování jejich následků. Poslední podoblastí, která spadá pod biologicko-medické vědy je antropometrie. Jedná se o vědní obor, který poskytuje projektantům a designérům údaje o rozměrech, pohyblivosti a možnostech zatížení těch částí lidského těla, které jsou nutné respektovat při navrhování a projektování systémů člověk - technika - prostředí.

Druhou oblastí jsou psycho-sociální vědy, kam spadá podoblast sociologie práce. Zde se zkoumá, vliv práce na sociální roli a postavení toho, kdo ji za určitých pracovních podmínek provádí. Jsou řešeny otázky sociologicko-psychologického aspektu zaměstnanosti (zejména zaměstnanosti žen), věku zaměstnaných pracovníků, střídání činností a typů práce, sociální podmínky, vliv systému odměňování a problematika vztahu člověka k pracovišti, rodině a například volnému času. Do této oblasti dále spadá podoblast psychologie práce. Zde se jedná o vědní disciplínu, která se zabývá projevy psychiky člověka v pracovním procesu, které jsou ovlivněny prací a pracovním prostředím. Psychologie práce je soubor teoretických poznatků, které slouží při řešení úloh na téma úpravy pracovních postupů, stanovení podmínek práce, řešení organizace a řízení práce, úlohy zaměřené na výchovu, výběr, umístění a hodnocení zaměstnanců a například ovlivňování mezilidských vztahů. Poslední podoblastí, která spadá pod psycho-sociální vědy je pracovní pedagogika. Ta se zabývá problematikou osvojování teoretických poznatků a pracovních návyků, kdy jsou právě tyto poznatky aplikovány při praktickém vyučování, zácviku, rekvalifikaci a například osvojování si nových metod práce.

Třetí oblastí jsou technické a ekonomické vědy, kam spadají technické vědy jako celek. Právě technické vědy hrají klíčovou roli v oblasti tvorby znalostní základny ergonomie zaměřené na praktické návody na konstruování strojů a zařízení, nástrojů, přípravků, náradí, návody na stanovení optimálních režimů práce strojů a zařízení, určování tendence vývoje techniky a technologie výroby. Druhou velice důležitou podoblastí je ekonomika práce. Ta sumarizuje data o způsobech a postupech provádění pracovních činností s minimální spotřebou času a co nejvyšší pracností. Hlavním cílem je řešení problematiky efektivní realizace pracovních pohybů,

---

sdužování pracovních pohybů, výběr a posuzování kritérií ekonomiky pracovních postupů. Poslední podoblastí, která spadá pod technické a ekonomické vědy je tzv. vědecká organizace práce. Jedná se o soubor obecných zásad, návodů a postupů, které mají za cíl optimalizovat organizaci pracovního procesu s ohledem na maximální efektivitu. Řeší se problematika výběru zaměstnanců na konkrétní činnosti, jejich přípravou k provádění práce, efektivností vynakládání pracovních schopností zaměstnanců, tvorbou optimálních pracovních podmínek, pracovních postupů a pracovních míst, bezpečností a hygienou práce, zkoumáním psychologických aspektů a práce v kolektivu.

Ergonomie práce hraje klíčovou roli v zajišťování bezpečného, zdravého a produktivního pracovního prostředí. V této souvislosti je důležité pochopit legislativní rámec, který tuto oblast upravuje, a zohlednit problematiku nemocí z povolání, které mohou být důsledkem nedodržování ergonomických principů. Předkládaný text se zaměřuje na zákony, vyhlášky a další právní předpisy, jež mají za cíl chránit zaměstnance před pracovními riziky a zlepšit kvalitu pracovního života. Kromě toho budou analyzována některá z nejčastějších nemocí z povolání souvisejících s ergonomií, jejich prevence a možnosti nápravy, které mohou přispět ke snížení počtu těchto onemocnění na pracovištích. [4]

Celkově lze říci, že ergonomie zůstává klíčovým faktorem v oblasti prevence nemocí z povolání a zlepšení pracovních podmínek pro zaměstnance. V současné době se ergonomický design stává stále více sofistikovaným a přizpůsobivým, aby lépe odpovídal potřebám moderního pracovního prostředí. Mezi klíčové oblasti ergonomického designu patří návrh pracovních pozic, včetně rozměrů sedadla, opěrek hlavy a podpěry nohou, výběru ergonomických nástrojů a zařízení. Je kladen důraz na návrh osvětlení, větrání, hluku a teploty pracoviště. Moderní trendy v ergonomickém designu zahrnují například používání chytrých senzorů a umělé inteligence k monitorování a optimalizaci pracovních pozic a pohybů, použití virtuální reality k simulaci pracovního prostředí a testování ergonomického designu, a vývoj nových materiálů a technologií, které jsou méně škodlivé pro zdraví lidí. Tato široká oblast, zaměřená na lidské zdraví v souvislosti s prací, klade vysoké nároky na ergonomické požadavky a doporučení. Je nutné se tedy také zabývat problematikou legislativy, která je spojená s ergonomií práce. Ergonomie a pracovní podmínky jsou zakořeněny v řadě právních ustanovení a předpisů. Jedná se o některé zákony, nařízení vlády, vyhlášky, směrnice a zejména normy ČSN, ISO, EN. V následujícím textu bude popsán legislativní rámec ergonomie, a to jak v Evropské unii, tak v České republice.

---

## 2.4 Legislativa v EU

Evropská unie má celou řadu právních předpisů, které se týkají ergonomie práce a ochrany zdraví zaměstnanců. Základním dokumentem je Směrnice Evropského parlamentu a Rady 89/391/EHS o zavedení opatření ke zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Tato směrnice stanoví základní požadavky pro ochranu zdraví a bezpečnost zaměstnanců a všechny členské státy EU jsou povinny ji převést do svých vnitrostátních právních předpisů. Dalšími důležitými právními předpisy v oblasti ergonomie práce v Evropské unii jsou:

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 90/270/EHS o minimálních bezpečnostních a zdravotních požadavcích na práci s výpočetními obrazovkami.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/44/ES o minimálních bezpečnostních a zdravotních požadavcích na ochranu pracovníků před riziky spojenými s expozicí vibracím.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/10/ES o minimálních bezpečnostních a zdravotních požadavcích na ochranu pracovníků před riziky spojenými s expozicí hluku.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/37/ES o ochraně pracovníků před riziky spojenými s expozicí karcinogenům nebo mutagenům při práci.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/25/ES o minimálních bezpečnostních a zdravotních požadavcích na ochranu pracovníků před riziky spojenými s expozicí azbestu při práci.

Kromě těchto směrnic existují také další právní předpisy, jako jsou nařízení o bezpečnosti a zdraví při práci na výškách, předpisy o manuálním manipulování s břemeny nebo nařízení o práci v prostředí s nebezpečím výbuchu. V Evropské unii existuje také Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (EU-OSHA), která zajišťuje poskytování informací a rad o ergonomii práce a propaguje osvětu v této oblasti. Celkově lze říci, že ergonomie práce je v Evropské unii řešena s ohledem na bezpečnost a ochranu zdraví pracovníků a že existuje legislativní rámec, který stanovuje minimální požadavky na ergonomický design pracovních stanic a použití osobních ochranných prostředků. Každá členská země EU má své vlastní národní právní předpisy v oblasti ergonomie práce, které jsou přizpůsobeny specifickým podmínkám a potřebám dané země. Legislativní rámec týkající se ergonomie práce bude popsán v následující kapitole.

## 2.5 Legislativa v ČR

V České republice reprezentuje ergonomii Česká ergonomická společnost (ČES) se sídlem v Praze. Ergonomií se u nás zabývá také celá řada institucí v jednotlivých resortech a organizacích např. Ministerstvo práce a sociálních věcí, Výzkumný ústav bezpečnosti práce nebo Státní zdravotní úřad. Kromě toho existuje v České republice Národní program prevence nemocí z povolání na období 2021-2030. Jedná se o strategický dokument vytvořený v rámci českého zdravotnictví, který se zaměřuje na prevenci a ochranu zdraví zaměstnanců při práci. Cílem tohoto programu je snížit výskyt a závažnost nemocí z povolání a zlepšit bezpečnost a zdravotní stav zaměstnanců. Tento program se snaží identifikovat a řešit hlavní rizika pro zdraví zaměstnanců, jako jsou například pracovní úrazy, nemoci z povolání a psychické problémy související s prací. Program také zahrnuje aktivity zaměřené na prevenci a ochranu zdraví zaměstnanců, jako jsou například vzdělávací programy, výzkum a monitoring rizik, a opatření ke zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví na pracovišti. Národní program prevence nemocí z povolání také zahrnuje spolupráci mezi různými sektory, jako jsou zdravotnictví, průmysl, vláda a odborové organizace, aby se dosáhlo co nejefektivnějšího výsledku v oblasti prevence nemocí z povolání. V rámci tohoto programu jsou stanoveny konkrétní cíle a indikátory, které slouží k hodnocení úspěšnosti a účinnosti opatření ke zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců. Tyto cíle a indikátory zahrnují například snížení počtu pracovních úrazů, zlepšení kvality života zaměstnanců a snížení výskytu nemocí z povolání. Z pohledu legislativního rámce je nutné podotknout, že jednotlivé nařízení vlády a zákony jsou velice rozsáhlé a pokrývají široké spektrum zaměstnání, druhů výroby, způsobů manipulace s břemeny, a to napříč odvětvími. Primárním cílem této práce je stanovení metodiky pro komplexní ergonomické hodnocení pracoviště, proto budou níže popsány zákony a směrnice, které se věnují této problematice.

Základním právním předpisem České republiky na úsek pracovního práva je zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů (zákoník práce), který upravuje především právní vztahy mezi zaměstnavateli a zaměstnanci při výkonu závislé práce nebo v souvislosti s ním. Zákon definuje základní podmínky výkonu práce a jsou do nich zahrnuty i požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Podrobně rozebírá přestávky v práci a doby odpočinku. Z pohledu psychické zátěže se zabývá a definuje limity u práce přesčas, noční práce stanovuje pracovní dobu a dny pracovního klidu. Dále zákon stanovuje povinnost zaměstnavatele provádět identifikaci, hodnocení a prevenci rizik, které jsou základním předpokladem k zajištění bezpečnosti a mohly by vést k nebezpečným situacím. To je popsáno v části páté §101 „(1)



*Zaměstnavatel je povinen zajistit bezpečnost a ochranu zdraví zaměstnanců při práci s ohledem na rizika možného ohrožení jejich života a zdraví, která se týkají výkonu práce“.* Důležité je zpracování těchto dat kvůli hodnocení nových faktorů a následné odstranění všech nedostatků. Jestliže daná rizika nelze odstranit, je povinnost zaměstnavatele poskytování ochranných pomůcek. Zaměstnavatel nesmí vystavovat zaměstnance nebezpečím, která by neodpovídala jeho kvalifikaci. [5]

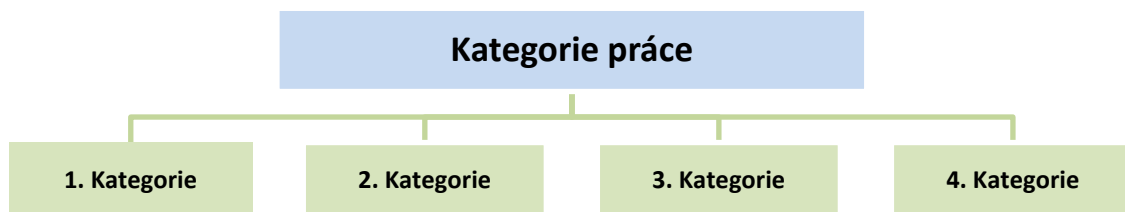
Dalším důležitým právním předpisem v oblasti ergonomie práce je zákon č. 309/2006 Sb., který upravuje další požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci a na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci nebo poskytování služeb mimo zaměstnání. Zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje v návaznosti na zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce. Zákon definuje požadavky na pracoviště a pracovní prostředí na stanovišti, výrobní a pracovní prostředky a zařízení, organizaci práce a pracovní postupy, bezpečnostní značky, značení a signály. Dále se zabývá předcházením ohrožení života a zdraví, rizikovými faktory pracovních podmínek a kontrolám. Zákon zakazuje výkony některých prací, jako je práce s azbestem. Zaměstnavatel je povinen zajišťovat a provádět úkoly v hodnocení a prevenci rizik možného ohrožení života nebo zdraví zaměstnance. [6]

Zákon č. 258/2000 Sb. je zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, který postihuje tzv. kategorizaci práce. Práce je rozdělena do čtyř kategorií podle míry výskytu faktorů, které mohou ovlivnit zdraví zaměstnanců a jejich zdravotní riziko. Kritéria, faktory a omezení pro kategorizaci děl jsou stanovena v prováděcích právních předpisech. Posouzení rizik a minimální ochranná opatření stanoví zvláštní právní předpisy. Od 1. kategorie, tedy takové práce, u kterých podle současného poznání není pravděpodobný nepříznivý vliv na zdraví až do 4. kategorie, kde je nepříznivý vliv na zdraví pravděpodobný i přes používání ochranných pomůcek. O zařazení prací do kategorií 1 a 2 rozhoduje zaměstnavatel, do kategorií 3 a 4 pak příslušný orgán ochrany veřejného zdraví. Třetí a čtvrtá kategorie se stanovuje při nebezpečí vzniku nemoci z povolání nebo jiné nemoci spojené s vykonáváním práce. [7]

Nařízení vlády č. 101/2005 Sb., které zahrnuje příslušné předpisy Evropských společenství a upravuje další požadavky na zajištění bezpečnosti práce a pracovního prostředí. Pracoviště musí být po dobu provozu udržována potřebnými technickými a organizačními opatřeními, splňujícími požadavky tohoto nařízení, ve stavu, který neohrožuje bezpečnost a zdraví osob. Stanovení obsahu a způsobu vedení provozní dokumentace a záznamů o vybavení pracoviště a určení osoby odpovědné za jejich vedení. Náležitě a bezpečně upevnění technického vybavení

pracoviště a výrobních a pracovních prostředků a zařízení a jejich částí tak, aby nemohlo dojít k jejich nežádoucímu (nechtěnému) pohybu. Zaměstnavatel se musí postarat o zaškolení pracovního personálu. [8]

V souvislosti s řešením této práce je také nutné zmínit vyhlášku č. 432/2003 Sb., která se zabývá kategorizací prací a vyjadřuje souhrnné hodnocení úrovně zátěže zaměstnanců faktory rozhodujícími ze zdravotního hlediska o kvalitě pracovních podmínek. Vyhláška č.432/2003 Sb. ustanovuje konkrétní čtyři kategorie práce, viz následující Obr. 2.8, a upravuje další limity pro pracovní zátěž. S touto kategorizací se dále pracuje v nařízení vlády č. 361/2007 Sb. nebo v již zmíněném zákoně o ochraně zdraví člověka při práci.



Obr. 2.8: Základní kategorie práce [9]

Do 1. Kategorie spadají práce, které dle současného vědění nemají nepříznivý stav na zdraví člověka. Do této kategorie se řadí například klasická kancelářská činnost. Do 2. Kategorie lze zařadit takové práce, které mohou mít nepříznivý vliv na zdraví člověka, ale jen ve výjimečných případech, a to především u citlivých jedinců. Jsou to činnosti, při kterých nejsou překračovány hygienické limity. Do 3. Kategorie lze zařadit práce, při které jsou mírně překračovány hygienické limity. Při vykonávání práce zařazené do této kategorie jsou nezbytné ochranné pracovní prostředky, organizační a další ochranná opatření, která snižují expozici nepříznivých faktorů na zdraví člověka. Při pracích v těchto kategoriích jsou statisticky vyšší počty nemocí z povolání. Do poslední 4. Kategorie spadají pracovní činnosti, které jsou vysoce rizikové pro zdraví a toto riziko nelze vyloučit ani při použití dostupných ochranných pomůcek. Třetí a čtvrtá kategorie spadají automaticky do kategorie rizikových prací. Do kategorie rizikových prací může být na základě rozhodnutí orgánu ochrany veřejného zdraví zařazena i pracovní činnost fakticky umístěná ve druhé kategorii. Pokud je práce taková, že je více jevů ohrožujících zdraví člověka, zařazuje se do kategorie vždy podle nejméně příznivého faktoru. Vyhláška dále stanovuje 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, posuzuje výskyt a míra působení 13 faktorů pracovních podmínek, viz následující Obr. 2.9.



Obr. 2.9: Faktory pracovních podmínek [9]

Výsledky kategorizace prací slouží jako objektivní podklad pro stanovení opatření k ochraně zdraví při práci a k omezení rizik možného poškození zdraví. Jedná se především o stanovení minimální náplně a četnosti preventivních lékařských prohlídek v rámci závodní preventivní péče a zajištění průběžného sledování expozice zaměstnanců jednotlivým rizikovým faktorům pracovních podmínek měřením. V neposlední řadě slouží hodnocení zdravotních rizik provedené v rámci kategorizace prací taktéž ke stanovení dalších opatření k ochraně zdraví při práci – technická, organizační a náhradní (určení vhodných osobních ochranných pracovních prostředků). [9]

Ve vyhlášce č.432/2003 Sb. jsou faktory pracovních podmínek uvedeny i s limitními hodnotami pro kategorizaci prací. Konkrétní limity pro jednotlivé faktory jsou popsány v následujícím textu.

**Faktor prach** se vyjadřuje pomocí přípustného expozičního limitu (PEL), který má jednotku  $[\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}]$  případně dle druhu prachu  $[\text{počet vláken}\cdot\text{m}^{-3}]$ . Pokud společnost funguje v jiném než pěti denním režimu po osmi hodinových směnách, určí se limit z týdenního průměru tak, že při směně nesmí být limit PEL překročen více než 3x.

- 2. Kategorie – Pracovníci jsou vystaveni při směně koncentraci prachu v průměru více než 30% hodnoty PEL, ale hodnota PEL není překročena
- 3. Kategorie – Pracovníci jsou vystaveni při směně koncentraci prachu v průměru větší, než je hodnota PEL, ale hodnota PEL není překročena více než 3x
- 4. Kategorie – Koncentrace prachu je větší než ve třetí kategorii

**Faktor chemické látky a směsi**, zde je klíčová koncentrace látek v ovzduší v dýchací zóně člověka, která se porovnává s kritickými hodnotami. Důležitá je zde také prostupnost látek do organismu cestami mimo dýchacího ústrojí. V případě karcinogenních, mutagenních nebo toxických látek se postupuje při zařazování do kategorií individuálně dle konkrétní použité látky. Při použití chemických látek, které nemají uvedené nejvyšší přístupné koncentrace se zařazování do daných kategorií opět řeší individuálně.

**Faktor hluk**, zde se pro určení kategorizace vychází z měření hladin akustického hluku stanovených kmitočtovým vážením A, při impulsním hluku se určují hladiny akustického hluku kmitočtovým vážením C. Vysokofrekvenční hluk, ultrazvuk nebo infrazvuk se pro účely kategorizace prací nehodnotí. V oblasti hodnocení hluku doplňuje vyhlášku č. 432/2003 Sb., Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

- 2. Kategorie – Pracovníci jsou vystaveni hluku 80-84,9 dB, dle kmitočtového vážení typu A (ustálený nebo proměnný hluk). Impulsní hluk, dle kmitočtového vážení C je v rozmezí 130-139,9 dB
- 3. Kategorie – Pracovníci jsou vystaveni hluku 85-105 dB, dle kmitočtového vážení typu A (ustálený nebo proměnný hluk). Impulsní hluk, dle kmitočtového vážení C je v rozmezí 140-150 dB
- 4. Kategorie – Pracovníci jsou vystaveni hluku, kde jsou hodnoty vyšší než u 3. kategorie

**Faktor vibrace** se v oblasti hodnocení vibrací doplňuje vyhlášku č. 432/2003 Sb., Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, a to zejména pokud podniky pracující mimo pěti denním cyklus po osmi hodinových směnách.

- 2. Kategorie – Vibrace přenášené na ruce jejichž průměrná souhrnná hladina zrychlení je v rozmezí 118-127,9 dB. Celkové horizontální nebo vertikální vibrace jejichž průměrná souhrnná hladina zrychlení je 104-113,9 dB. Do této kategorie mohou být zařazeny také vibrace, které překračují u dílčích operací 128 respektive 114 dB, ale v průměrné osmihodinové směně nepřekračují limit. V druhé kategorii jsou také dílčí činnosti

vykonávané nepravidelně jen v některých pracovních dnech a nepřekračující více než 20 minut v osmihodinové směně a jejich hodnota není vyšší než 145 dB

- 3. Kategorie – Vibrace přenášená na ruce, jejíž průměrná souhrnná hladina zrychlení je v rozmezí 128-134 dB. Celkové horizontální nebo vertikální vibrace jejichž průměrná souhrnná hladina zrychlení je 114-120 dB
- 4. Kategorie – Práce, kde jsou hodnoty vyšší než u 3. kategorie

**Faktor neionizující záření a elektromagnetické pole** se řadí pouze do třetí kategorie, pokud se vyskytuje na pracovišti.

- 3. Kategorie – Pracovník je vystaven neionizujícímu záření včetně laserů

**Faktor fyzická zátěž** zohledňuje fyzickými parametry při práci

- 2. Kategorie – Charakterizuje práci, která je vykonávána dynamicky, velkými svalovými skupinami při níž: celosměnový energetický výdej u mužů je 4,5-6,8 MJ a u žen 3,4-4,5 MJ a minutový energetický výdej se pohybuje v rozmezí 400-575 W (24,1-34,5 kJ.min) u mužů a 240-395 W (14,5-23,7 kJ.min) u žen. Dále je při práci srdeční frekvence u mužů i žen 92-102 tepů.min<sup>-1</sup> a ani krátkodobě nepřekročí 150 tepů.min<sup>-1</sup>. Spadají sem činnosti vykonávané malými svalovými skupinami, při převaze dynamické složky, při kterých za celou směnu je vynakládána síla 15-30 % F<sub>max</sub>, případně se vyskytují krátkodobé činnosti vyžadující 55-70 % F<sub>max</sub>, které ale nejsou vyžadovány déle než 600krát za průměrnou směnu. Případně lze v této kategorii začlenit i výdej přes 70 % F<sub>max</sub>, který ale není pravidelnou součástí pracovní náplně. Při jemné motorice vykonávané skupinami rukou a prstů je limit 110-90 pohybů za minutu při zapojení svalových sil 3 respektive 6 % F<sub>max</sub>. Při tomto namáhání nesmí zároveň počet pohybů překročit 40 000 pro 3 % F<sub>max</sub> a 32 000 pohybů pro 6 % F<sub>max</sub>, za průměrnou směnu. Činnost je vykonávána malými svalovými skupinami při převaze statické složky. Svalová síla se pohybuje při těchto činnostech mezi 6–10 % F<sub>max</sub>. Krátkodobě lze začlenit výdej přes 45 % F<sub>max</sub>, který ale není pravidelnou součástí pracovní náplně. Poslední součástí kategorizace jsou limitní hodnoty pro manipulace s břemeny. U mužů jsou hodnoty pro občasnou manipulaci 30-50 kg a při pravidelné manipulaci 15-30 kg. Za směnu je součet vyšší než 7 000 kg, ale nepřekračuje 10 000 kg. U žen jsou limity 15-20 kg, respektive pro pravidelnou manipulaci 5-15 kg. Průměrný součet za směnu je vyšší než 4 500 kg, ale nižší než 6 500 kg

- 3. Kategorie – Pracovníci vykonávají pracovní činnosti, které překračují hodnoty uvedené v 2. kategorii

**Faktor pracovní poloha** stanovuje limity pro podmíněně přijatelné a nepřijatelné polohy.

- 2. Kategorie – Pracovník je vystavován práci vstoje nebo vsedě, případně tyto polohy střídá a zároveň při těchto činnostech vykonává práci v podmíněně přijatelné poloze po dobu 100-160 minut za průměrnou směnu, případně celková doba práce v nepřijatelné poloze za směnu je v rozmezí 20-30 minut
- 3. Kategorie – Pracovník je vystavován práci, kde činnosti překračující limity ve 2. kategorii

**Faktor zátěž teplem** stanovuje limity hodnot uvedených v zákoně č.361/2007 Sb., kdy konkrétní krajní hodnoty jsou určovány pro každý kalendářní rok právním předpisem.

- 2. Kategorie – Pracovní činnost vykonávána na venkovním nebo nevenkovním pracovišti, kde je člověk vystaven vyšší tepelné zátěži, než je zákonem daná teplota, ale zároveň není zátěž tak vysoká, aby vyžadovala ochranu zdraví člověka
- 3. Kategorie – Pracovní činnost vykonávána na venkovním nebo nevenkovním pracovišti, kde je člověk vystaven vyšší tepelné zátěži, než je zákonem daná teplota a je nutné ho chránit bezpečnostními opatřeními
- 4. Kategorie – V této kategorii je teplotní zátěž vyšší než stanovená zákonem a nelze pracovníka dostatečně chránit ani při dodržení bezpečnostních opatření

**Faktor zátěž chladem** stanovuje limity pro zátěž chladem na pracovišti.

- 2. Kategorie – Práce vykonávaná na venkovním pracovišti, kdy teplota je vyšší než +4 °C nebo na pracovišti, kde tuto teplotu vyžadují okolnosti pro ochranu výrobku nebo produktu. Do této kategorie je řazena také práce, při které dochází ke střídání pobytu v teple a chladu (např. chladírny)
- 3. Kategorie – Pracovní činnost vykonávaná po dobu delší než 4 hodiny ve směně v podmínkách, kde teplota je nižší než +4 °C

**Faktor psychická zátěž** určuje zátěž na výkon psychicky náročné činnosti po dobu delší než 4 hodiny ze směny.

- 2. Kategorie – Práce ve vynuceném tempu, nebo práce která je monotónní případně práce vykonávána v třísměnném nebo nepřetržitém provozu
- 3. Kategorie – Práce, kdy je člověk vystaven všem faktorům uvedeným v druhé kategorii, případně práce vykonávána pouze v noci

**Faktor zraková zátěž** určuje zátěž pracovníka, který nadměrně zatěžuje zrak po dobu delší než 4 hodiny během pracovní směny.

- 2. Kategorie – Práce, při které člověk pracuje se zařízeními neustále monitorujícími pracovní proces, případně kontroluje výrobu a výrobky pomocí obrazovkových terminálů. Dále jsou to činnosti, kdy je člověk nucen rozlišovat jemné detaily případně pracuje v prostředí s nevhodnými světelnými podmínkami. V druhém případě jde o činnost vykonávanou pod zvláštním druhem osvětlení nebo o činnost vykonávanou při umělém nebo sdruženém osvětlení, kdy je potřeba rozlišovat barvy, odstíny nebo detaily.
- 3. Kategorie – Práce, při které je člověk neodstranitelně oslňován, může pracovat pouze pomocí zvětšovacího přístroje nebo je exponován aspoň dvěma faktory uvedenými v druhé kategorii.

**Faktor biologičtí činitelé** stanovuje podmínky při práci s biologickými činiteli skupin 2 až 4.

- 2. Kategorie – Pracovníci jsou vystaveni činnosti, při které dochází k nevědomému a nepravidelnému styku s biologickými činiteli skupin 2 až 4
- 3. Kategorie – Pracovníci jsou vystaveni činnosti, při které dochází k práci s biologickými činiteli 2 a 3 skupiny
- 4. Kategorie – Pracovníci jsou vystaveni činnosti, při které vědomě pracují s biologickými činiteli skupiny 4

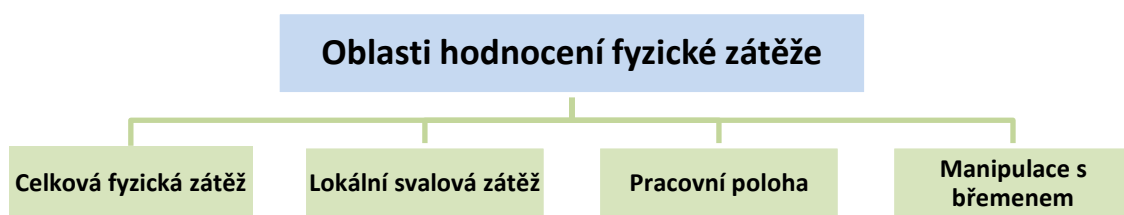
**Faktor práce ve zvýšeném tlaku vzduchu** určuje zátěž pracovníka, který je vystaven zvýšenému tlaku vzduchu během pracovní směny.

- 2. Kategorie – Pracovníci jsou vystaveni činnosti, při které jsou vystaveni zvýšenému tlaku do 100 kPa, což odpovídá hloubce 10 metrů při práci pod hladinou
- 3. Kategorie – Pracovníci jsou vystaveni činnosti, při které jsou vystaveni zvýšenému tlaku od 100 do 400 kPa, což odpovídá hloubce 10–40 metrů při práci pod hladinou

- 4. Kategorie – Pracovníci jsou vystaveni činnosti, při které jsou vystaveni zvýšenému tlaku nad 400 kPa, což odpovídá hloubce 40 a více metrů při práci pod hladinou [9]

Pracovník může být na pracovišti ovlivňován mnoha vlivy a některé z nich mohou překračovat běžné meze a je proto důležité faktory pracovních podmínek sledovat a průběžně analyzovat. Výše jsou uvedeny základní faktory pracovních podmínek včetně příslušných limitů, které následně určují, do jaké kategorie práce daná vykonávaná pracovní činnost spadá.

Ovšem z pohledu zpracování této disertační práce je nejdůležitějším právním předpisem nařízení vlády č. 361/2007 Sb., které je svým obsahem provázané s výše zmiňovanou vyhláškou č. 432/2003 Sb. Toto nařízení vlády stanovuje minimální opatření k ochraně zdraví při práci. Zabývá se rizikovými faktory, jejich členěním a hodnocením. Přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy, rozměry pracovní roviny, pracovního místa a jeho požadavky. Vymezuje celkové a lokální svalové zátěže, biologické činitele, psychickou zátěž. Mapuje bližší hygienické požadavky na mikroklimatické podmínky na pracovišti, jako větrání pracovišť a nucené větrání, vytápění. Dále osvětlení pracoviště, rozměry pracovní roviny, pracovního místa a požadavky na ovladače, sanitární zařízení, práce s chemikáliemi, prach a jejich hygienické limity a postup při jejich stanovení. Hodnocení pracovních poloh trupu, krku, hlavy, horních a dolních končetin v pracovních a neutrálních polohách. Dosahy horních končetin v různých rovinách. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. stanovuje podmínky ochrany zdraví pro fyzickou zátěž při práci. V této souvislosti je v nařízení vlády hodnocení fyzické zátěže je rozděleno viz následující Obr. 2.10.



Obr. 2.10: Základní oblasti hodnocení fyzické zátěže [10]

Z pohledu celkové fyzické zátěže je přípustné hodnotit zatížení pracovníka během směny čtyřmi možnými způsoby. Prvním způsobem je hodnocení tabulkovými metodami, které se řídí normou ČSN EN 8996. V tomto případě se stanovuje tepelná produkce organismu pracovníka odhadem nebo výpočtem energetického výdeje, kdy jsou následně stanovené hodnoty porovnávány s normou. Tabulkové metody se vykazují velmi rychlým získáním výsledku energetické náročnosti vykonávané práce na straně jedné, ale na straně druhé mají relativně vysokou



chybovost a to cca 5 až 30 %. Druhým způsobem je hodnocení energetického výdeje pomocí srdeční frekvence, kdy je předepsáno vybrat vhodného pracovníka pro měření, použít zařízení určené pro monitorování srdeční frekvence, a provedení časového snímku. Vždy je nutné nejdříve zjistit výchozí hodnoty klidové srdeční frekvence, tak aby bylo možné hodnoty v průběhu analýzy porovnat. Třetí metodou je tzv. ventilometrie, která je založena na měření objemu vdechovaného vzduchu, kdy je nutné provést výpočet korekce na standardní teplotu vzduchu, zohlednit barometrický tlak a tlak nasycených par a následně je teprve možné zrealizovat výpočet hodnoty energetického výdeje. Jedná se o metodu, která je z důvodu své náročnosti vyhodnocení, využívána minimálně. Poslední metodou je pak nepřímá kalorimetrie za použití telemetrického přístroje, kdy je celkový energetický výdej pro lehké a středně těžké práce měřen parciální metodou nebo pro případ těžké a krátkodobé práce s tzv. kyslíkovým dluhem metodou integrální. I v tomto případě se jedná o metodu, která je z důvodu své náročnosti vyhodnocení, využívána minimálně. [10]

Pokud se vrátíme k vymezení pojmu celková fyzická zátěž, tak za tu se považuje zátěž při dynamické fyzické práci vykonávané velkými svalovými skupinami, při které je zatěžováno více než 50 % svalové hmoty. Celková fyzická zátěž se posuzuje z hlediska energetické náročnosti práce pomocí hodnot energetického výdeje vyjádřených v netto hodnotách a pomocí hodnot srdeční frekvence. Hygienickými limity celkové fyzické zátěže se rozumí hodnoty energetického výdeje směnové průměrné, směnové přípustné, minutové přípustné, průměrné roční a dále přípustné hodnoty srdeční frekvence v průměrné směně. Přípustnými hygienickými limity se rozumí limity, které se v průměrné směně bez ohledu na její délku nenavysují. Za průměrnou směnu se pokládá osmihodinová směna, která probíhá za obvyklých pracovních podmínek, při níž doba výkonu práce jednotlivých pracovních operací odpovídá skutečné míře zátěže, viz následující Tab. 2.1.

Tab. 2.1: Přípustné a průměrné hygienické limity energetického výdeje při práci s celkovou fyzickou zátěží [10]

Energetický výdej	Žena	Muž
Směnový průměrný	4,5 MJ	6,8 MJ
Směnový přípustný	5,4 MJ	8 MJ
Roční průměrný	1 060 MJ	1 600 MJ
Minutový přípustný	23,7 kJ.min-1	34,5 kJ.min-1

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

Druhou oblastí hodnocení fyzické zátěže je tzv. lokální fyzická zátěž, což je zátěž malých svalových skupin při výkonu práce končetinami. Při hodnocení lokální svalové zátěže se zjišťují a posuzují vynakládané svalové síly, počty pohybů posuzovaných pohybových struktur a pracovní polohy v závislosti na rozsahu statické a dynamické složky práce. Při měření lokální fyzické zátěže se vychází z měření absolutních hodnot vynakládané svalové síly a z následného přepočtu. Při přepočtu jsou porovnány hodnoty vynakládaných sil s naměřenou maximální hodnotou svalové síly v procentech  $F_{max}$  (s provedenou korekcí věku a pohlaví). Jednou z nejpoužívanějších a nejpřesnějších metod je metoda, při které je u zaměstnance monitorována odezva funkce neurosvalového systému a jsou snímány elektrofyziologické potenciály vyšetřovaných svalových skupin končetin, tzv. elektromyografie (EMG). Při analýze a hodnocení lokální svalové zátěže je nutné vždy zohlednit podmínky, za jakých je práce vykonávána. Jedná se například o popis práce se sledováním časových faktorů práce, režim práce a odpočinku v průběhu konání práce, rozbor režimu práce uvnitř pracovních operací, délku trvání jednotlivých úkonů a doby odpočinku, nárazové práce s velkou silovou zátěží, zaujímání nefyziologických pracovních poloh, manipulační rovinu a pohybový prostor, umístění ovládacích prvků stroje nebo technického zařízení, používané pracovní nástroje a nářadí a například manipulovaný materiál. Samotné hodnocení lokální svalové zátěže musí obsahovat informace o průběhu doby výkonu práce, informace o překračování limitních hodnot v %  $F_{max}$ , hodnoty celosměnového časově váženého průměru vynakládaných svalových sil nepřesahující limitní hodnoty a četnost pohybů v průměrné osmihodinové směně nepřesahující dané limitní hodnoty. Průměrné hygienické limity pro směnové a minutové počty pohybů ruky a předloktí za průměrnou osmihodinovou pracovní směnu, vztahované k maximální síle měřeného člověka, jsou uvedeny v následující Tab. 2.2. [10]

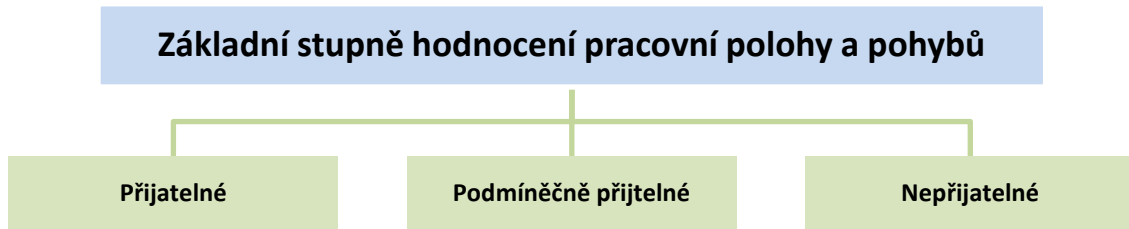
Tab. 2.2: Průměrné hygienické limity pro směnové a minutové počty pohybů ruky a předloktí za průměrnou osmihodinovou směnu [10]

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

Právě hygienické limity pro počty pohybů ruky a předloktí za průměrnou osmihodinovou směnu jsou klíčové pro tuto disertační práci, jelikož v kontextu dalších ovlivňujících parametrů, hrají zásadní roli pro metodiku hodnocení pracovišť.

Třetí oblastí hodnocení fyzické zátěže je hodnocení pracovní polohy. Zde je nutné zhodnotit, zda se jedná o pracovní polohu statickou nebo dynamickou. Statickou pracovní polohou se rozumí poloha udržovaná déle než 4 sekundy. Pro další rešeršní činnost budou zohledněny pouze

statické pracovní polohy. Stupně hodnocení pracovní polohy a pohybů jsou zobrazeny na následujícím Obr. 2.11.



Obr. 2.11: Základní stupně hodnocení pracovní polohy a pohybů [10]

Za přijatelné polohy jsou považovány polohy, kdy je zdravotní riziko považováno za nízké nebo zanedbatelné pro téměř všechny zdravé dospělé osoby. Není potřeba žádná úprava pracoviště. Za polohy podmíněně přijatelné jsou považovány polohy, kde existuje zvýšené zdravotní riziko pro celou skupinu pracovníků nebo její část. Riziko, spolu se souvisejícími rizikovými faktory, se musí analyzovat a co nejdříve snížit, nebo není-li to možné, musí se přijmout jiná vhodná opatření, například zajistit přijatelnost použití strojního zařízení odpovídajícími provozními pokyny. Hygienický limit práce v podmíněně přijatelné pracovní poloze je 160 minut v osmihodinové průměrné směně. Doba trvání jednotlivých podmíněně přijatelných pracovních poloh pak nesmí být delší než 1 až 8 minut v závislosti na typu pracovní polohy. Za nepřijatelné polohy se považují polohy, kde je zdravotní riziko nepřijatelné pro jakoukoliv skupinu pracovníků. Je nutná změna pracoviště vedoucí ke zlepšení pracovního prostoru. Hygienický limit práce v nepřijatelné pracovní poloze je 30 minut v osmihodinové průměrné směně. Zároveň platí, že doba trvání jednotlivých nepřijatelných pracovních poloh nesmí být delší než 1 až 8 minut v závislosti na typu pracovní polohy. Práce spojená se zaujímáním podmíněně přijatelných a nepřijatelných pracovních poloh překračující stanovené hygienické limity musí být přerušována bezpečnostními přestávkami v trvání 5 až 10 minut po každých 2 hodinách nebo zajistit střídání činností nebo zaměstnanců. [10]

Poslední oblastí hodnocení fyzické zátěže je hodnocení manipulace s břemenem. Jedná se o hodnocení přepravování nebo nošení břemene jedním nebo současně více zaměstnanci včetně jeho zvedání, pokládání, strkání, tahání, posunování nebo přemísťování, při kterém v důsledku vlastností břemene nebo nepříznivých ergonomických podmínek může dojít k poškození páteře zaměstnance nebo onemocnění z jednostranné nadměrné zátěže. Za manipulaci s břemenem se pokládá též zvedání a přenášení živého břemene. Limity pro ruční manipulaci s břemenem jsou stanoveny na 8 hodinovou pracovní směnu. V oblasti manipulace s břemeny se také můžeme

bavit o občasném zvedání a přenášení břemen. Tím se v kontextu nařízení vlády rozumí zvedání a přenášení břemene nepřesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. Častým zvedáním a přenášením břemen se pak rozumí zvedání a přenášení břemene přesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. Mezní limitní hodnoty pro manipulaci s břemeny jsou shrnuty v následující Tab. 2.3.

Tab. 2.3: Hmotnostní limity pro ruční manipulaci s břemeny

	<b>Žena</b>	<b>Muž</b>
Občasná ruční manipulace	20 Kg	50 Kg
Častá ruční manipulace	15 Kg	30 Kg
Manipulace v sedě	3 Kg	5 Kg
<b>Celkový limit pro osmihodinovou směnu</b>	<b>6 500 Kg</b>	<b>10 000 Kg</b>

V souvislosti s oblastí hodnocení fyzické zátěže z pohledu manipulace s břemenem je nutné zmínit přípustný hygienický limit pro tlačné a tažné síly při manipulaci s břemenem pomocí jednoduchého bezmotorového prostředku. Limity jsou uvedeny v následující Tab. 2.4.

Tab. 2.4: Hygienický limit pro tlačné a tažné síly při manipulaci s břemenem [10]

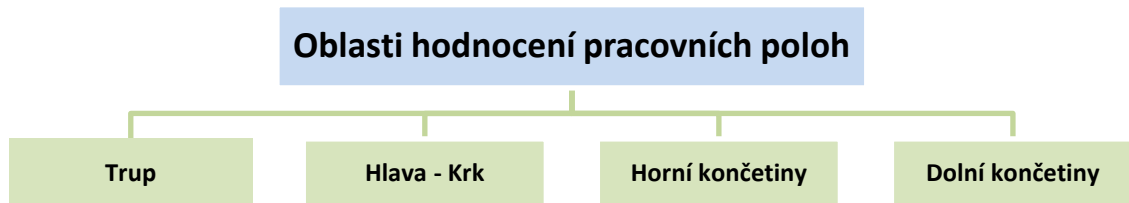
	<b>Žena</b>	<b>Muž</b>
Tlačné síly	250 N	310 N
Tažné síly	220 N	280 N

Pokud se ovšem jedná o práci ve směně delší než osmihodinové, odpovídá hodnota navýšení průměrného hygienického limitu v procentech skutečné době výkonu práce. V případě dvanáctihodinové směny nesmí být průměrný hygienický limit při ruční manipulaci s břemenem navýšen o více než 20 %. Procentuální navýšení průměrného hygienického limitu je posuzováno vždy v závislosti na konkrétní délce směny a činí 5 % za každou hodinu nad osmihodinovou směnu.

V souvislosti s pracovním prostředím existuje široká škála faktorů, které mohou ovlivnit pracovníka. Tyto faktory je potřeba analyzovat, vyhodnocovat a eliminovat tak, aby nedocházelo k ohrožení pracovníka a zároveň, aby pracovní nasazení mohlo být co největší a výkon práce co možná nejpříjemnější a zdraví neohrožující.

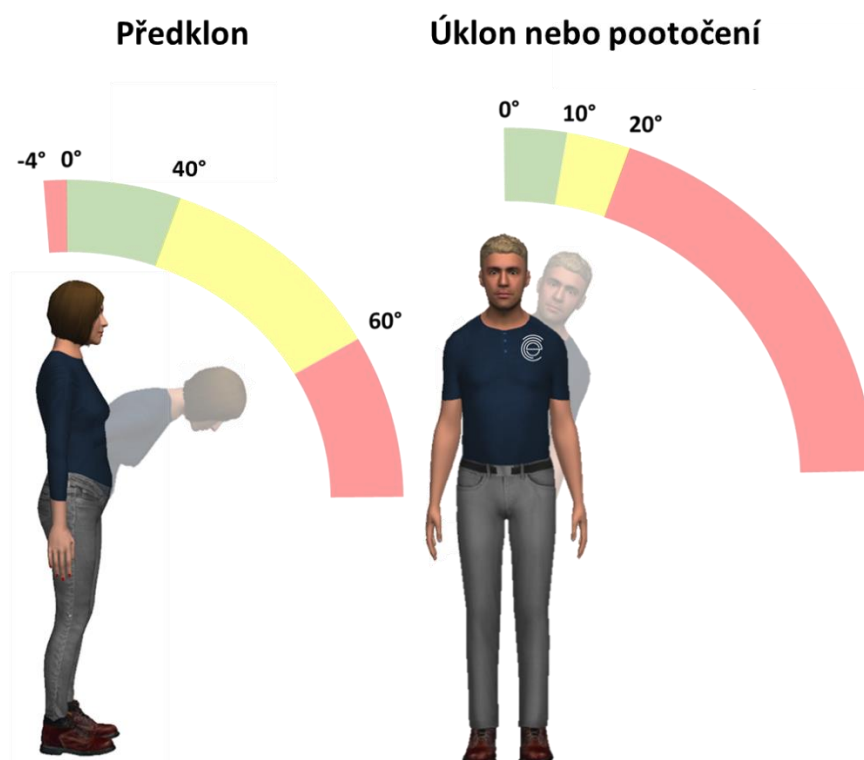
Z pohledu disertační práce je posledním klíčovým bodem, který je uvedený v nařízení vlády č. 361/2007 Sb., hodnocení pracovních poloh. Toto hodnocení lze přetransformovat do

ergonomických zásad, které charakterizují vliv ergonomie na jednotlivé části pohybového ústrojí. Následně budou popsány základní parametry, které by se pro konkrétní části pohybového ústrojí zohlednit při hodnocení pracovních poloh.



Obr. 2.12: Základní oblasti hodnocení pracovních poloh [10]

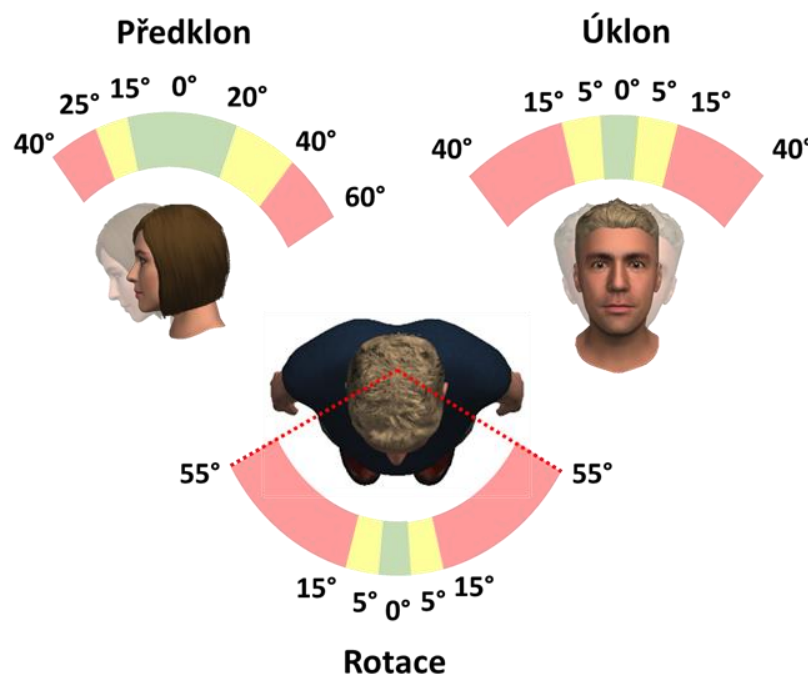
Hodnocení zdravotního rizika pracovní polohy trupu vychází z polohy páteřního výrůstku sedmého krčního obrátle a horní hrany velkého chocholíku, které definují neutrální polohu. Úhly pro hodnocení polohy trupu jsou pak vztaženy k vertikální rovině. Hodnocení zdravotního rizika pracovní polohy trupu v poloze předklon a úklon nebo pootočení je zobrazeno na následujícím Obr. 2.13.



Obr. 2.13: Grafické znázornění polohy trupu

Jako přijatelné jsou chápány statické polohy předklonu trupu do  $40^\circ$  (s tím, že optimální je předklon do  $20^\circ$ ) a úklon či pootočení trupu do  $10^\circ$ . Jako podmíněčně přijatelné jsou chápány statické polohy předklonu trupu mezi  $40^\circ$  a  $60^\circ$  a úklon či pootočení trupu mezi  $10^\circ$  a  $20^\circ$ . Jako nepřijatelné jsou chápány statické polohy předklonu trupu větší než  $60^\circ$ , záklon bez opory celého těla a výrazný úklon či pootočení trupu větší než  $20^\circ$ .

Hodnocení zdravotního rizika pracovní polohy hlavy a krku se vychází z úhlu pohledu (při poloze trupu v neutrální poloze), tj. z velikosti úhlu pod horizontální rovinou oka, nebo z velikosti úhlu sklonu hlavy a krku k vertikální rovině. Hodnocení zdravotního rizika pracovní polohy hlavy a krku v poloze předklon, úklon a rotace je zobrazeno na následujícím Obr. 2.14.

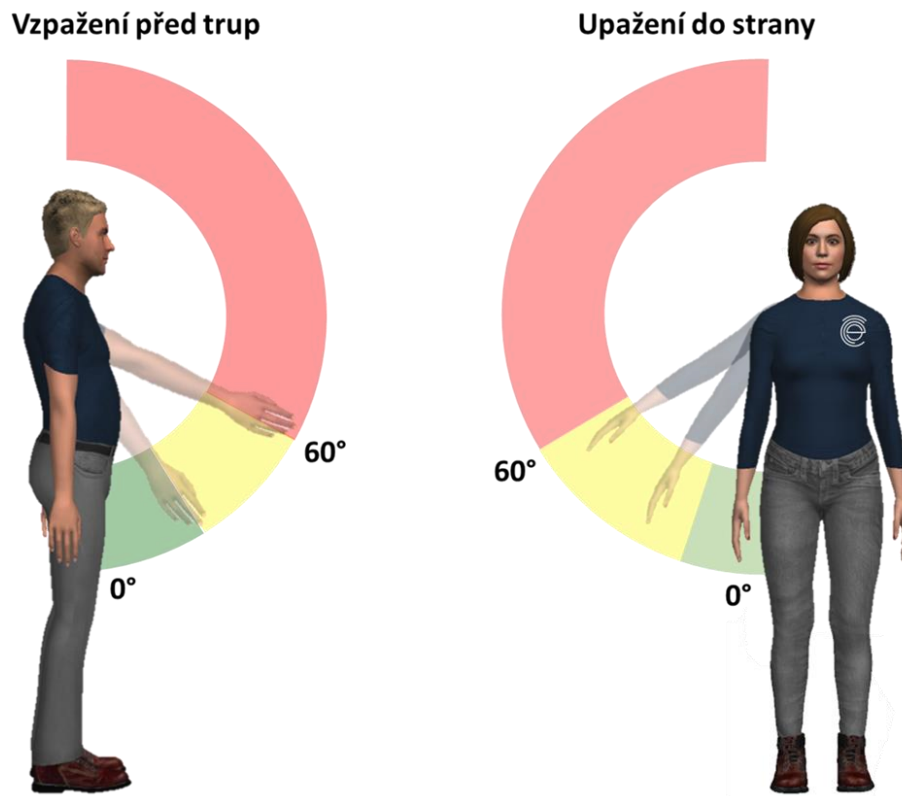


Obr. 2.14: Grafické znázornění polohy hlavy a krku

Jako přijatelné jsou chápány statické polohy předklonu hlavy a krku do  $15^\circ$ , úklon hlavy a krku do  $5^\circ$  a rotace hlavy a krku do  $5^\circ$ . Jako podmíněčně přijatelné jsou chápány statické polohy předklonu hlavy a krku mezi  $15^\circ$  a  $25^\circ$ , úklon hlavy a krku mezi  $5^\circ$  a  $15^\circ$  a rotace hlavy a krku mezi  $5^\circ$  a  $15^\circ$ . Jako nepřijatelné jsou chápány statické polohy předklonu hlavy a krku větší než  $25^\circ$ , úklon hlavy a krku větší než  $15^\circ$  a rotace hlavy a krku větší než  $15^\circ$ .

Hodnocení zdravotního rizika pracovní polohy horních končetin vychází ze dvou bodů na horní končetině, tj. vnější části klíční kosti a loketního kloubu. Vzpažení horní končetiny před trup je definováno jako úhel, který svírá končetina v pracovní poloze vzhledem k neutrální poloze paže.

Neutrální poloha je poloha končetiny volně visící podél těla. Hodnocení zdravotního rizika pracovní polohy horních končetin v poloze vzpažení před trup a upažení do strany je zobrazeno na následujícím Obr. 2.15.

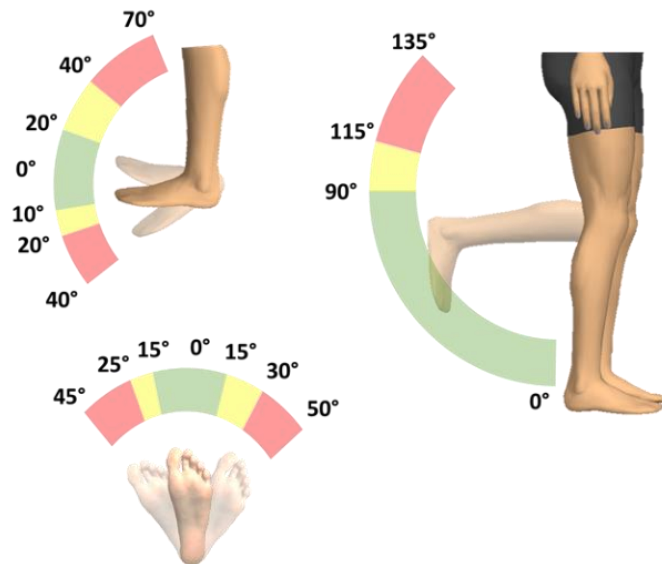


Obr. 2.15: Grafické znázornění polohy horních končetin

Jako přijatelné jsou chápány statické polohy horních končetin při vzpažení před trup do 40° (s tím, že optimální je do 20°) a statické polohy horních končetin při upažení do strany do 40° (s tím, že optimální je do 20°). Jako podmíněčně přijatelné jsou chápány statické polohy horních končetin při vzpažení před trup mezi 40° a 60° a statické polohy horních končetin při upažení do strany mezi 40° a 60°. Jako nepřijatelné jsou chápány statické polohy horních končetin při vzpažení před trup větší než 60° a statické polohy horních končetin při upažení do strany větší než 60°.



Hodnocení zdravotního rizika pracovní polohy dolních končetin vychází z nevhodných pozic nohou a maximální polohy kloubů dolních končetin. Hodnocení zdravotního rizika pracovní polohy dolních končetin je zobrazeno na následujícím Obr. 2.16.



Obr. 2.16: Grafické znázornění polohy dolních končetin

V oblasti dolních končetin jsou jako nepříjemné chápány statické polohy dolních končetin, a to zejména pozici nohou nad 30° nebo práce na špičkách.

Celkově lze říci, že v České republice existuje široký legislativní rámec, který se týká ergonomie práce a zohledňuje zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci. Klíčovými vstupy z legislativy jsou pro tuto disertační práci informace o kategorizaci práce, faktory pracovních podmínek uvedeny s limitními hodnotami pro kategorizaci prací, stanovení základních oblastí hodnocení fyzické zátěže včetně příslušných limitů (zejména počty pohybů), charakteristika základních stupňů hodnocení pracovní polohy a pohybů a v neposlední řadě stanovení oblastí pro hodnocení pracovních poloh. Jedná se o široké spektrum oblastí, které jsou důležité pro zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci, tak aby nedocházelo k ohrožení pracovníků při práci a byla eliminována rizika spojená se vznikem tzv. nemocí z povolání. Právě těm se bude věnovat následující kapitola, protože právě nemoci z povolání a jejich eliminace jsou zcela zásadní motivací pro řešení této disertační práce.

## 2.6 Nemoci z povolání

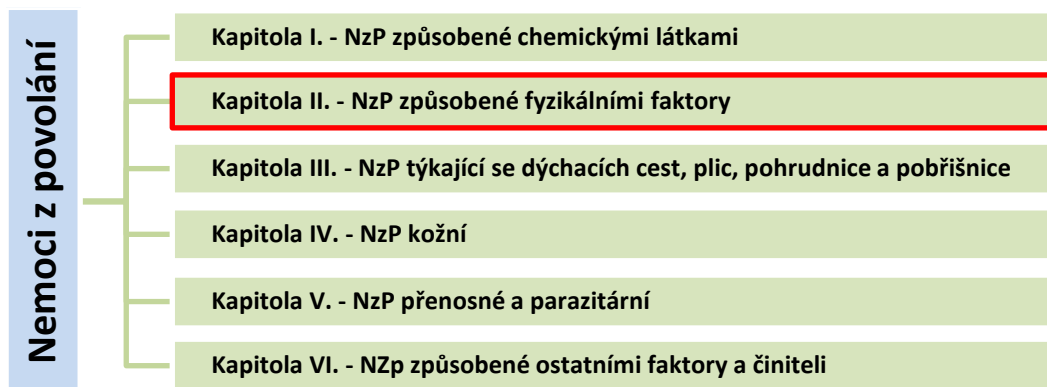
V České republice existuje řada právních předpisů a směrnic, které stanovují minimální požadavky na ergonomický design pracovišť a zabezpečení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci. I přes stanovený legislativní rámec vnikají v souvislosti s vykonáváním pracovní činnosti tzv. nemoci z povolání. Nemoci z povolání jsou onemocnění, která jsou způsobena pracovními podmínkami, činnostmi nebo expozicemi pracovního prostředí. Tyto nemoci jsou výsledkem práce, nikoli následkem náhodného setkání s choroboplodným zdrojem v běžném životě. Z obecného hlediska lze chápat jako nemoci z povolání například tyto onemocnění:

- Respirační onemocnění: například astma způsobené chemikáliemi v práškových lakách, silikóza způsobená vdechováním prachu
- Kožní onemocnění: například ekzémy, kontaktní dermatitida způsobená kontaktem s chemikáliemi, karcinom kůže způsobený nadměrnou expozicí slunečnímu záření
- Nemoci svalů a kostí: například tendinitida, karpální tunelový syndrom způsobený opakovaným pohybem, osteoartritida způsobená opakovaným namáháním kloubů
- Nemoci nervového systému: například poruchy spánku způsobené vystavením hluku nebo vibracím, neuropatie způsobená expozicí chemikáliím
- Rakovina: například rakovina plic způsobená vdechováním karcinogenů, rakovina kůže způsobená nadměrnou expozicí slunečnímu záření

U některých typů profesí jsou určité nemoci z povolání mnohem běžnější. Například u horníků je rozšířená silikóza z důvodu vdechování křemenného prachu, zatímco u zdravotnického personálu jsou běžné infekce přenosné kapénkovou infekcí, jako je například tuberkulóza. Zaměstnavatelé jsou povinni zajistit bezpečnost a zdraví svých zaměstnanců a minimalizovat riziko nemocí z povolání. K tomu mohou patřit opatření jako poskytování osobních ochranných pomůcek, častější kontroly a testování a úpravy pracovního prostředí tak, aby bylo co nejbezpečnější. Pokud však dojde k onemocnění z povolání, zaměstnanec má právo na náhradu mzdy a léčebnou péči.

V České republice jsou nemoci z povolání velmi citlivým tématem, které je řešeno hned z několika vzájemně provázaných pohledů. Prvním pohledem je samotný vznik nemocí z povolání, druhým pohledem je prevence a odstraňování příčin vzniku nemocí z povolání, třetím pohledem je nedostatek kvalifikovaného personálu a posledním pohledem jsou pak náklady na

léčení nemocí z povolání. Všechny tyto aspekty jsou klíčové jako motivace v řešení této disertační práce. V legislativě České republiky, konkrétně v nařízení vlády č. 290/1995 Sb. jsou nemoci z povolání definovány jako nemoci vznikající nepříznivým působením chemických, fyzikálních, biologických nebo jiných škodlivých vlivů, pokud vznikly za podmínek uvedených v seznamu nemocí z povolání, dále se nemocí z povolání rozumí též akutní otrava vznikající nepříznivým působením chemických látek. Nemoci z povolání se dělí celkem do šesti kapitol, které jsou zobrazeny na následujícím Obr. 2.17, kdy právě kapitola II hraje nejvýznamnější roli v kontextu řešení této disertační práce.

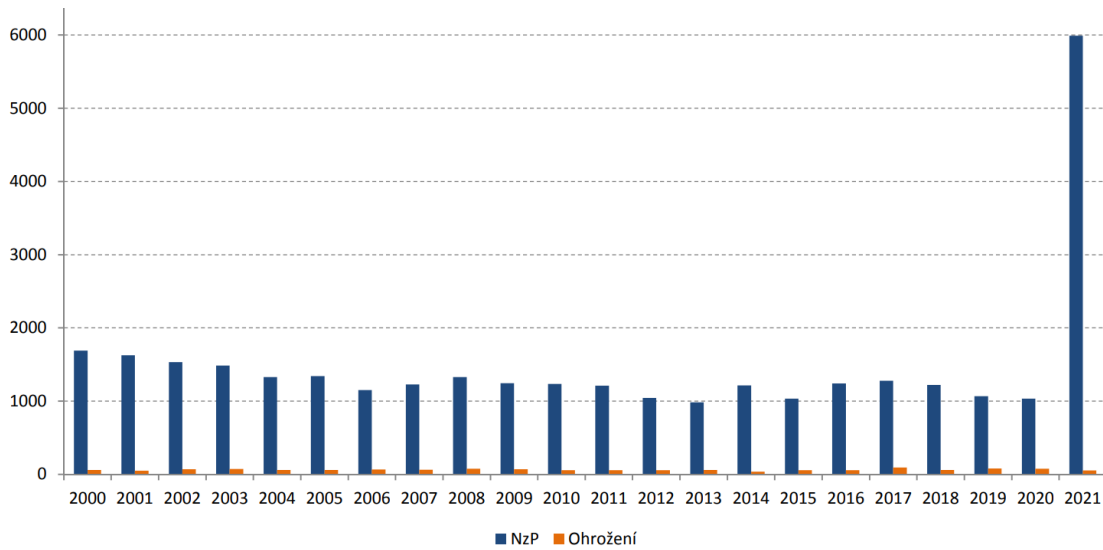


Obr. 2.17: Rozdělení nemocí z povolání dle nařízení vlády č. 290/1995 Sb. [11]

V kapitole I, která definuje nemoci z povolání způsobené chemickými látkami, jsou tyto nemoci dále děleny do celkem 58 položek jako například nemoc z olova nebo jeho sloučenin, nemoc z alkoholu, nebo nemoc z oxidu uhelnatého. V kapitole II, která definuje nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory, jsou tyto nemoci dále děleny do celkem 11 položek jako například nemoci periferních nervů horních končetin, nemoci kostí a kloubů rukou nebo zápěstí nebo loktů, nemoci šlach, šlachových pochev, tíhových váček nebo úponů svalů anebo nemoci periferních nervů končetin. V kapitole III, která definuje nemoci z povolání týkající se dýchacích cest, plic, pohrudnice a pobřišnice, jsou tyto nemoci dále děleny do celkem 13 položek jako například nemoci silikóza, nebo pneumokonióza uhlokopů, pneumokonióza způsobená prachem nebo rakovina dýchacích cest a plic způsobená koksárenskými plyny. V kapitole IV, která definuje kožní nemoci z povolání, jsou tyto nemoci dále uvedeny v 1 položce, a to jako nemoci kůže způsobené fyzikálními, chemickými nebo biologickými faktory, které vznikají při práci, u níž se uvedené faktory vyskytují a jsou podle současných lékařských poznatků příčinou nemocí. V kapitole V, která definuje přenosné a parazitární nemoci z povolání, jsou tyto nemoci dále děleny do celkem 3 položek jako například nemoci přenosné a parazitární s přenosem z člověka na

člověka nebo s dalšími způsoby přenosu, nemoci přenosné ze zvířat na člověka buď přímo nebo prostřednictvím přenašečů nebo nemoci přenosné a parazitární vzniklé v zahraničí. V poslední kapitole VI, která definuje nemoci z povolání způsobené ostatními faktory a činiteli, jsou tyto nemoci dále uvedeny v 1 položce, a to jako těžká hyperkinetická dysfonie, uzlíky na hlasivkách, těžká nedomykavost hlasivek nebo těžká fonastenie, pokud jsou trvalé a znemožňují výkon povolání kladoucího zvýšené nároky na hlas, které vznikají při práci spojené s vysokou profesionálně podmíněnou hlasovou námahou. [11]

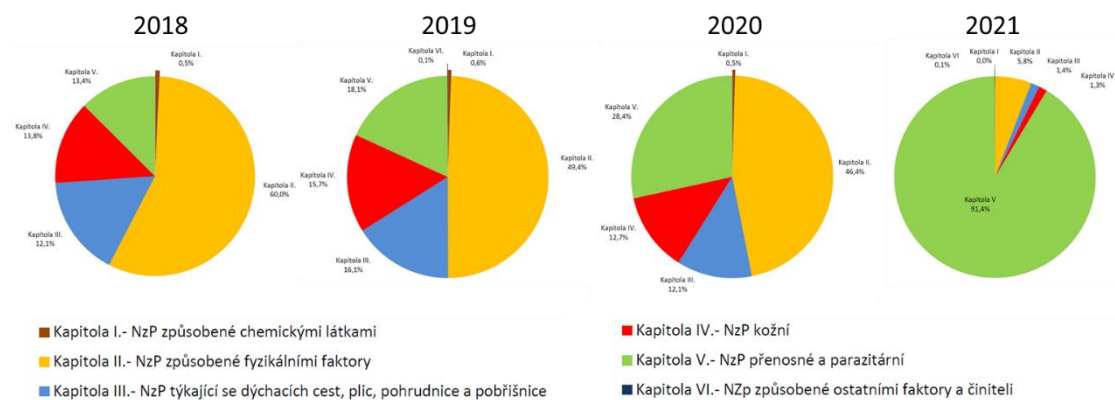
Důležitou veličinou pro další směřování práce je vyčíslení procentuálního zastoupení jednotlivých kapitol ve skutečném počtu nemocí z povolání. Výskyt profesionálních onemocnění zahrnujících nemoci z povolání a ohrožení nemocí z povolání je významným ukazatelem zdravotního stavu populace a pracovních podmínek. Státní zdravotní ústav každoročně vydává publikaci nemoci z povolání v České republice. Tato publikace prezentuje data, která vychází z Národního registru nemocí z povolání (NRNP). Tento registr byl založen v roce 1991 a do roku 2003 veden v gesci Státního zdravotního ústavu (SZÚ). Navázal na dlouhodobé statistické sledování nemocí z povolání, které bylo zajišťováno prostřednictvím výkazů již od roku 1973. Od roku 2004 je NRNP součástí Národního zdravotnického informačního systému (NZIS) ve správě Ústavu zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS ČR). NRNP patří mezi Národní zdravotní registry zakotvené v zákoně č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách), ve znění pozdějších předpisů. V letech 2014 až 2015 došlo v rámci realizace projektu EREG ke konsolidaci NRNP spolu s ostatními zdravotními registry a informačními systémy v ČR pod jednotnou technologickou platformu (JTP) a změnilo se tak i technologické zázemí NRNP. Spolu s tím došlo k zásadní změně ve způsobu sledování profesionálních onemocnění. Vytvořená elektronická aplikace standardizuje v souladu se zákonnými metodickými požadavky celý proces od zahájení posuzování nemocí z povolání střediskem nemocí z povolání, včetně procesu ověření podmínek vzniku onemocnění kompetentními institucemi. Uživateli elektronické aplikace NRNP jsou na vstupu dat nejen pracovníci jednotlivých středisek nemocí z povolání, ale i krajských hygienických stanic, Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, Ministerstva obrany a Ministerstva vnitra. Data z NRNP jsou pro tuto disertační práci velmi cenným zdrojem informací. Pokud se zaměříme na vývoj počtu hlášených případů nemocí z povolání a ohrožení nemocí z povolání v letech 2000 až 2021, tak je zde patrný klesající trend počtu případů. Informace o počtu hlášených případů v jednotlivých letech jsou zobrazeny na následujícím Obr. 2.18.



Obr. 2.18: Vývoj počtu hlášených případů nemocí z povolání a ohrožení nemocí z povolání v letech 2000 – 2021 [12]

Vysoký nárůst hlášených případů nemocí z povolání v roce 2021 je zapříčiněn započtením nového infekčního onemocnění covid-19 a celkový vývoj je tedy významně zkreslen. V tomto kontextu je nutné zmínit, že první tři případy covidu-19 na území ČR byly testováním potvrzeny v neděli 1. března 2020.

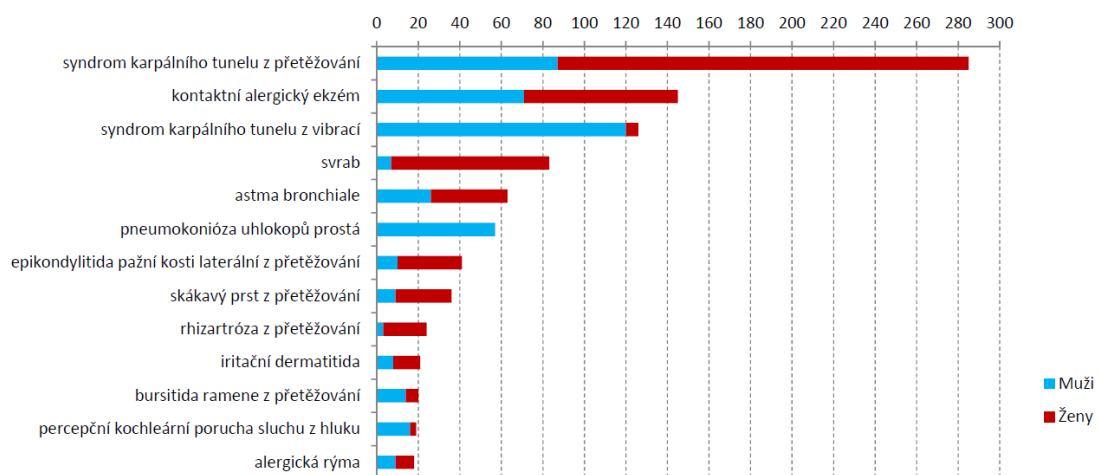
Pokud se dále zaměříme na rozpad dat z NRNP o nemocech z povolání do jednotlivých kapitol dle nařízení vlády č. 290/1995 Sb., tak je nutné zmínit procentuální zastoupení jednotlivých kapitol ve skutečném počtu nemocí z povolání. Data o nemocech z povolání rozdělených do jednotlivých kapitol v letech 2018 až 2021 jsou zobrazena na následujícím Obr. 2.19.



Obr. 2.19: Struktura hlášených případů nemocí z povolání podle kapitol seznamu nemocí z povolání v letech 2018 – 2021 [13] [14] [15] [12]

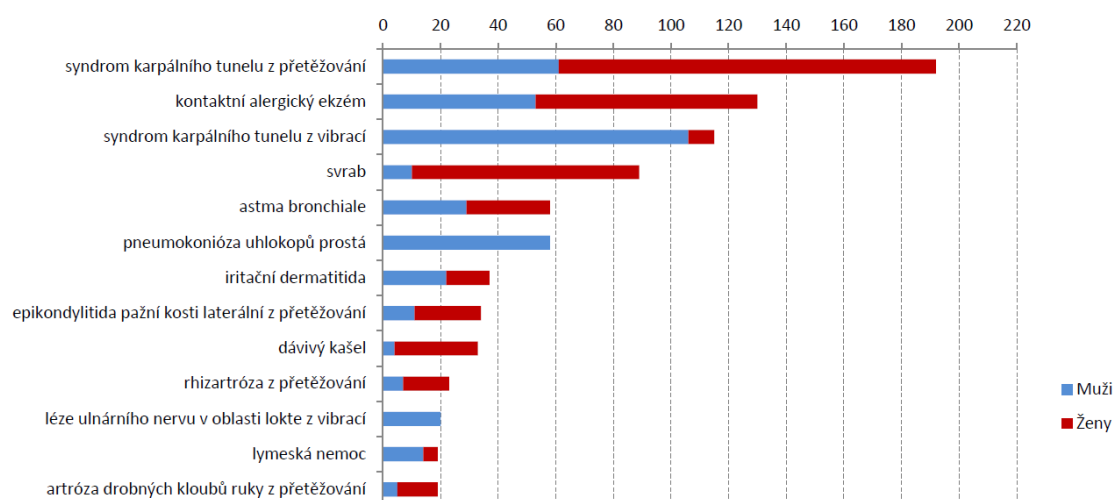
Vysoký nárůst hlášených případů nemocí z povolání v roce 2020 a roce 2021 v kapitole V je zapříčiněn započtením nového infekčního onemocnění covid-19 a celkový vývoj je tedy významně zkreslen. Velmi důležitou informací, která je z obrázku patrná, je, že při rozboru procentuální struktury zastoupení jednotlivých kapitol nemocí z povolání je Kapitola II, která definuje nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory, v roce 2018 zastoupena v 60 % případů všech hlášených nemocí z povolání a v letech 2019 až 2020 je Kapitola II zastoupena v téměř 50 % všech hlášených případů nemocí z povolání. Kapitola II je vždy dominantní vůči ostatním pěti kapitolám. V kontextu řešení disertační práce bude dále činnost směřována právě do oblasti nemocí z povolání, které jsou způsobeny fyzikálními faktory.

Neméně důležitým pohledem na data z NRNP je pohled na vývoj diagnóz hlášených případů nemocí z povolání rozdělen dle pohlaví. Grafické zpracování dat z roku 2018 je zobrazeno na Obr. 2.20.



Obr. 2.20: Nejčastěji se vyskytující diagnózy hlášených případů nemocí z povolání v roce 2018 [13]

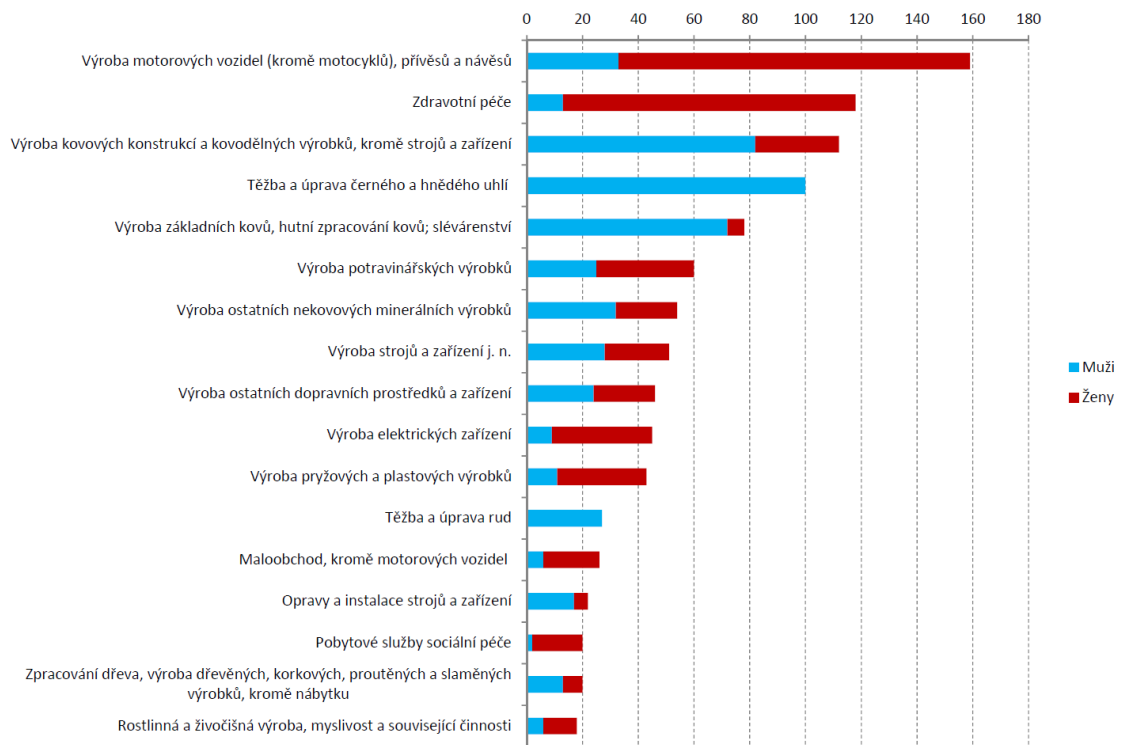
Grafické zpracování dat o vývoji diagnóz hlášených případů nemocí z povolání dle pohlaví z roku 2019 je zobrazeno na Obr. 2.21.



Obr. 2.21: Nejčastěji se vyskytující diagnózy hlášených případů nemocí z povolání v roce 2019 [14]

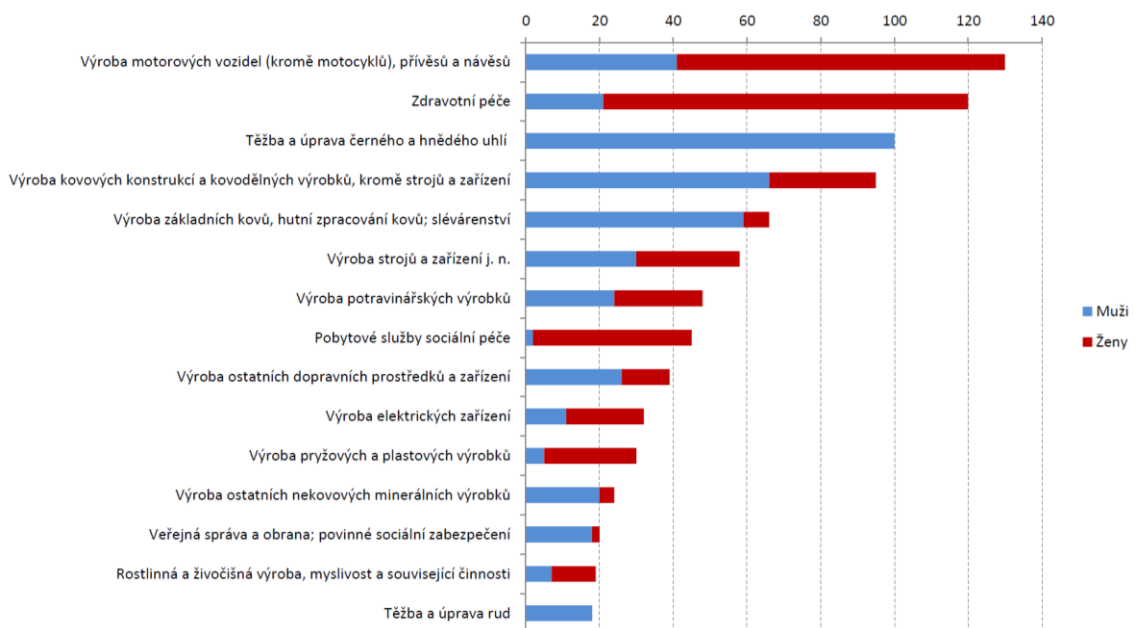
V obou zmíněných letech je patrné, že z pohledu četnosti jsou obecně nejvýznamnější nemoci z povolání způsobené přetěžováním a vibracemi. Jedná se primárně o nemoci jako je syndrom karpálního tunelu z přetěžování, který je v diagnózách nemocí z povolání nejčastěji zastoupen, dále pak syndrom karpálního tunelu z vibrací, epikondylitida pažní kosti laterální z přetěžování, skákavý prst z přetěžování nebo rhizartróza z přetěžování. Nemoci z povolání způsobené přetěžováním jsou klíčové pro další řešení disertační práce, jelikož právě prevence těchto nemocí prostřednictvím komplexního hodnocení procesu a následného vhodně provedeného ergonomického designu procesu a pracovišť hraje klíčovou roli v eliminaci těchto nemocí z povolání. Mezi další významné diagnózy nemocí z povolání také patří nemoci jako kontaktní alergický ekzém nebo například svrab, ty ovšem nebudou předmětem řešení disertační práce.

Dalším důležitým pohledem na data z NRNP je pohled na vývoj hlášených případů nemocí z povolání, který je rozdělen dle CZ NACE. Grafické zpracování dat z roku 2018 je zobrazeno na následujícím Obr. 2.22.



Obr. 2.22: CZ NACE s nejvyšším počtem hlášených případů nemocí z povolání v roce 2018 [13]

Grafické zpracování dat o vývoji hlášených případů nemocí z povolání, která je rozdělené dle CZ NACE z roku 2019 je zobrazeno na následujícím Obr. 2.23.

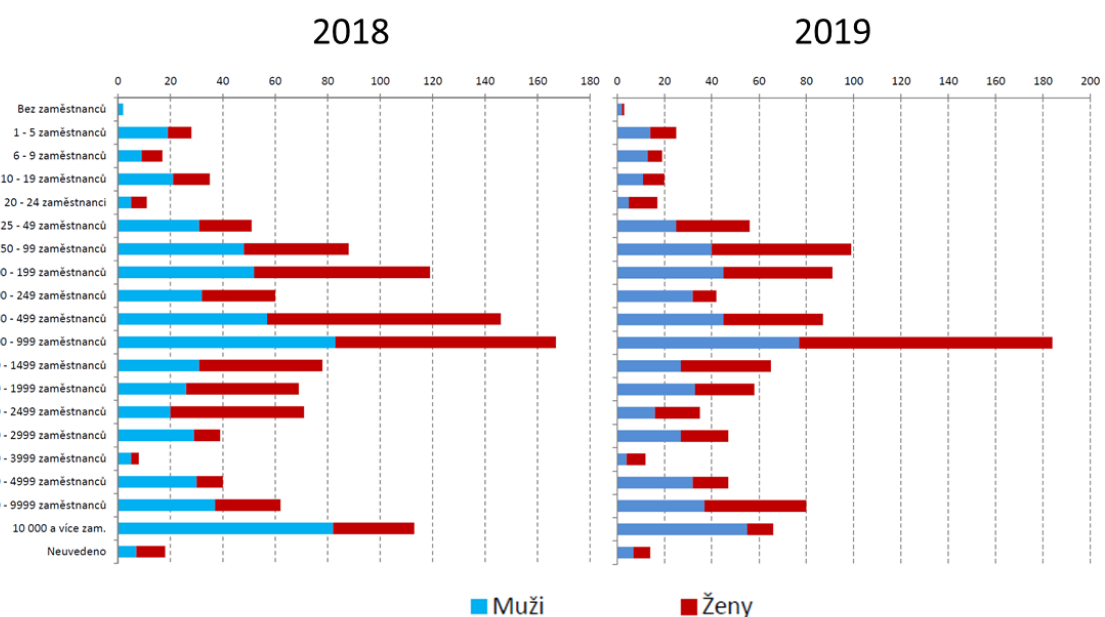


Obr. 2.23: CZ NACE s nejvyšším počtem hlášených případů nemocí z povolání v roce 2019 [14]



V obou zmíněných letech je patrné, že z pohledu četnosti jsou obecně nejvýznamnější nemoci z povolání vzniklé ve výrobních odvětvích. Jedná se primárně o ekonomické činnosti (dle CZ NACE) jako je výroba motorových vozidel, výroba kovových konstrukcí, výroba základních kovů, výroba strojů a zařízení a například výroba elektrických zařízení. Nemoci z povolání vzniklé ve výrobním sektoru jsou klíčové pro další řešení disertační práce, jelikož právě prevence těchto nemocí prostřednictvím komplexního ergonomického hodnocení výrobního procesu a následného vhodně provedeného ergonomického designu procesu a pracoviště hraje klíčovou roli v eliminaci nemocí z povolání vznikajících v průmyslu. Mezi další významné ekonomické činnosti, kde vznikají nemoci z povolání patří zdravotní péče, těžba a úprava uhlí nebo pobytové služby a sociální péče, ty ovšem nebudou předmětem řešení disertační práce.

Posledním důležitým pohledem na data z NRNP je pohled na strukturu hlášených případů nemocí z povolání podle velikostí podniku. Grafické zpracování dat z roku 2018 a z roku 2019 je zobrazeno na následujícím Obr. 2.24.



Obr. 2.24: Struktura hlášených případů nemocí z povolání podle velikostí podniků (počtu zaměstnanců) v roce 2018 [13] a v roce 2019 [14]

Nejvyšší výskyt nemocí z povolání je v obou letech u podniků od 500 do 999 zaměstnanců. V roce 2019 je výrazný výskyt také u podniků kumulovaně od 50 do 199 zaměstnanců a v roce 2018 poté u podniků v rozmezí 250 až 499 zaměstnanců. V kontextu s touto informací je nutné

vymežit oblast řešení disertační práce. Z dostupných dat je patrné že nemoci z povolání vznikají v podnicích všech velikostí a je proto nutné metodiku pro komplexní hodnocení zobecnit pro použití v podnicích všech velikostí.

Nemoci z povolání mají také velký dopad do hospodaření podniků a státu. Obecně se dá říci, že každý případ nemoci z povolání se rovná určitým nákladům. V České republice neexistují komplexní informace dopadu nemocí z povolání na náklady. Data jsou dostupná na úrovni Evropské unie. Konkrétně Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (z angl. European Agency for Safety and Health at Work, zkráceně EU-OSHA) publikovala v roce 2019 dokument s názvem „Hodnota bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a celospolečenské náklady na pracovní úrazy a nemoci z povolání“ [16], která zachycuje náklady spojené s nemocemi z povolání. Informace o nákladové struktuře nemocí z povolání jsou dány v následující Tab. 2.5.

Tab. 2.5: Odhadovaná celková ekonomická zátěž pro pracovní úrazy a nemoci z povolání (2015) [16]

Country		Finland	Germany	The Netherlands	Italy	Poland
Number of cases		131,867	2,262,031	323,544	1,907,504	1,156,394
Direct costs	In million EUR	484	10,914	2,137	8,491	1,882
Direct cost, % total		8	10	9	8	4
Indirect costs	In million EUR	4,362	70,658	6,468	58,961	19,588
Indirect cost, % total		72	66	69	56	45
Intangible costs	In million EUR	1,196	25,557	5,147	37,392	22,311
Intangible cost, % total		20	24	22	36	51
Total economic burden	In million EUR	6,042	107,129	23,751	104,844	43,781
Percentage of GDP		2.9	3.5	3.5	6.3	10.2
Per case cost	In million EUR	45,816	47,360	73,410	54,964	37,860
Per employed person	In million EUR	2,479	2,664	2,855	4,667	2,722
GDP per employed person	In million EUR	86,016	75,692	82,159	73,565	26,738

Z dostupných dat je patrná struktura dělení nákladů na přímé, nepřímé a nehmotné náklady na celkový počet pracovních zranění a nemocí a jejich procentuální poměr. Důležitou informací je, že náklady na nemoci z povolání v roce 2015 činí ve Finsku celkem 2,9 % HDP, v Německu a Nizozemí celkem 3,5 % HDP, v Itálii 6,3 % HDP a v Polsku dokonce 10,2 % HDP. Na evropské úrovni se jedná o náklady ve výši stovek milionů EUR. Pro doplnění informací o nákladech, které vznikají v souvislosti s nemocemi z povolání je nutné také zmínit rozdělení nákladů podle nositele na zaměstnavatele, zaměstnance a společnost a jejich podíly. Rozdělení je uvedeno v následující Tab. 2.6.

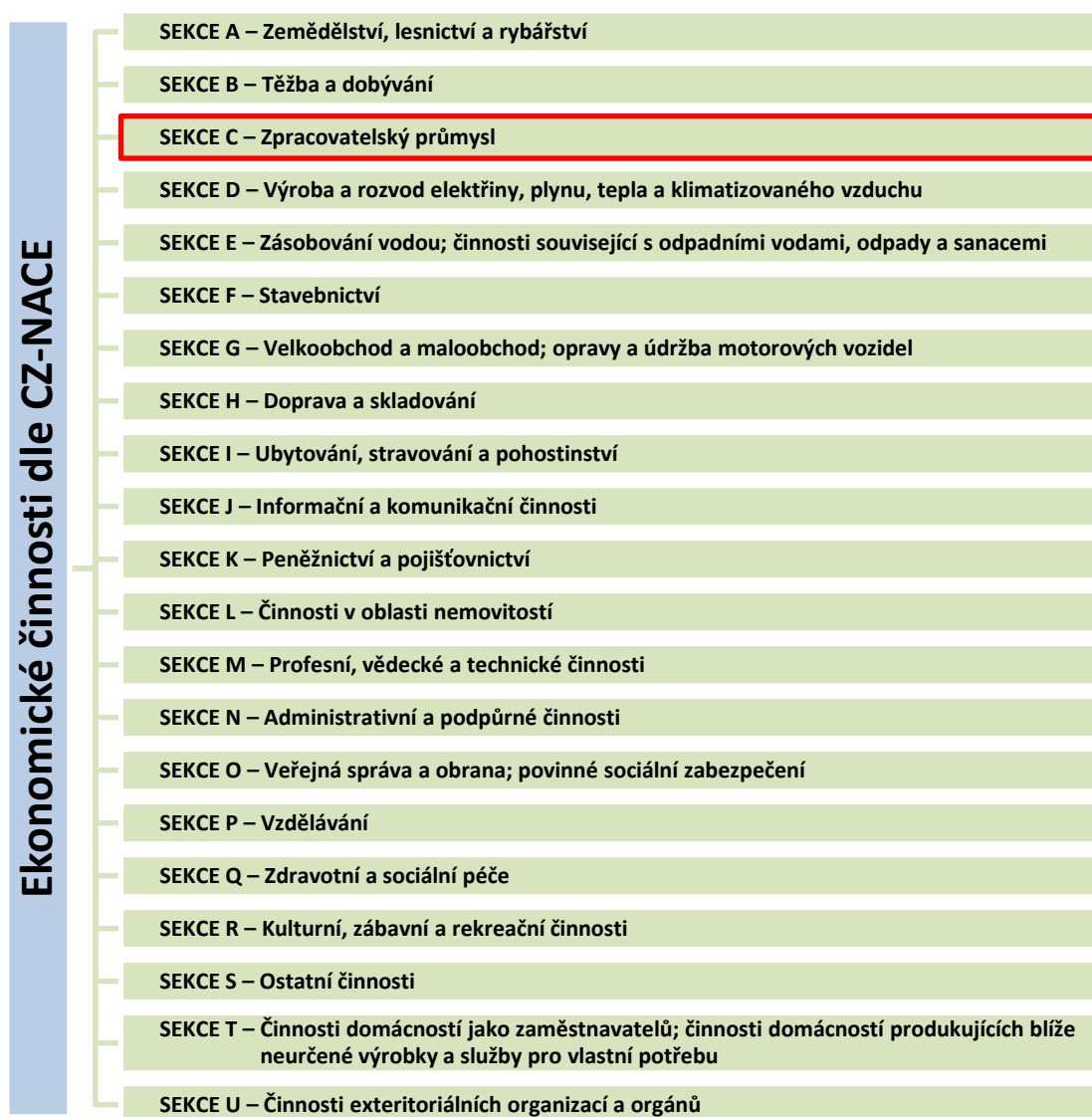
Tab. 2.6: Ekonomická zátěž rozdělením pracovních úrazů a nemocí podle zainteresovaných stran [16]

Country	Employer		Worker		System/society	
	In million EUR	%	In million EUR	%	In million EUR	%
Finland	1,325	22	3,800	63	916	15
Germany	21,534	20	64,813	61	20,782	19
The Netherlands	3,484	15	17,235	73	3,032	13
Italy	20,632	20	70,391	67	13,821	13
Poland	5,007	11	34,421	79	4,353	10

Výše zmíněné popisuje počty a struktury úrazů a nemocí z povolání v pěti vybraných zemích EU. Tyto náklady potvrzují důležitost ergonomie práce a zvyšování pracovní pohody jako prvek snižující náklady na jejich řešení a zvýšení produktivity práce a HDP.

## 2.7 Vymezení pracoviště

V rámci této části práce je nutné vymezit definici pracoviště pro další účely této práce. Dle zákona č.251/2005 sb. se pracovištěm rozumí místa určená nebo obvyklá pro výkon pracovní činnosti, kdy za činnost se považuje zajišťování výroby nebo poskytování služeb, jakož i jiná činnost. Pro detailní vymezení definice pracoviště pro aplikaci modelu je nutné v prvním kroku určit, pro jakou ekonomickou činnost je model primárně aplikovatelný. V ČR jsou dvě nejpoužívanější klasifikace ekonomických činností Okeč a CZ-NACE. Ekonomické činnosti se dle klasifikace CZ-NACE dělí do celkem 21 sekcí, které jsou zobrazeny na následujícím Obr. 2.25.



Obr. 2.25: Ekonomické činnosti dle CZ-NACE [17]

V kontextu ergonomie práce a použitelnosti modelu pro hodnocení ergonomie pracoviště se další směřování práce omezí pouze na ekonomickou činnost dle CZ-NACE v Sekci C – Zpracovatelský průmysl. Sekci je možné dle CZ-NACE dále dělit na jednotlivé skupiny, kterých je v Sekci C celkem 24. Jednotlivé skupiny jsou zobrazeny na následujícím Obr. 2.26.

Ekonomické činnosti dle CZ-NACE	10 – Výroba potravinářských výrobků
	11 – Výroba nápojů
	12 – Výroba tabákových výrobků
	13 – Výroba textilií
	14 – Výroba oděvů
	15 – Výroba usní a souvisejících výrobků
	16 – Zpracování dřeva, výroba dřevěných, korkových, prutěných a slaměných výrobků, kromě nábytku
	17 – Výroba papíru a výrobků z papíru
	18 – Tisk a rozmnožování nahraných nosičů
	19 – Výroba koksu a rafinovaných ropných produktů
	20 – Výroba chemických látek a chemických přípravků
	21 – Výroba základních farmaceutických výrobků a farmaceutických přípravků
	22 – Výroba pryžových a plastových výrobků
	23 – Výroba ostatních nekovových minerálních výrobků
	24 – Výroba základních kovů, hutní zpracování kovů; slévárenství
	25 – Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků, kromě strojů a zařízení
	26 – Výroba počítačů, elektronických a optických přístrojů a zařízení
	27 – Výroba elektrických zařízení
	28 – Výroba strojů a zařízení j. n.
	29 – Výroba motorových vozidel (kromě motocyklů), přívěsů a návěsů
	30 – Výroba ostatních dopravních prostředků a zařízení
	31 – Výroba nábytku
	32 – Ostatní zpracovatelský průmysl
	33 – Opravy a instalace strojů a zařízení

Obr. 2.26: Rozdělení ekonomické činnosti v Sekci C – zpracovatelský průmysl dle CZ-NACE [17]

V rámci Sekce C – Zpracovatelský průmysl se bude disertační práce orientovat primárně na skupiny, které jsou spojeny s průmyslovou výrobní a montážní sférou. Jedná se tedy o skupiny jako je skupina 23 – Výroba ostatních nekovových minerálních výrobků, skupina 25 – Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků, kromě strojů a zařízení, skupina 26 – Výroba počítačů, elektronických a optických přístrojů a zařízení, skupina 27 – Výroba elektrických zařízení, skupina 28 – Výroba strojů a zařízení j. n., skupina 29 – Výroba motorových vozidel

(kromě motocyklů), přívěsů a návěsů a skupina 30 – Výroba ostatních dopravních prostředků a zařízení. Nutné je ovšem zmínit, že model se je možno aplikovat i na další skupiny z výčtu ekonomických činností dle CZ-NACE.

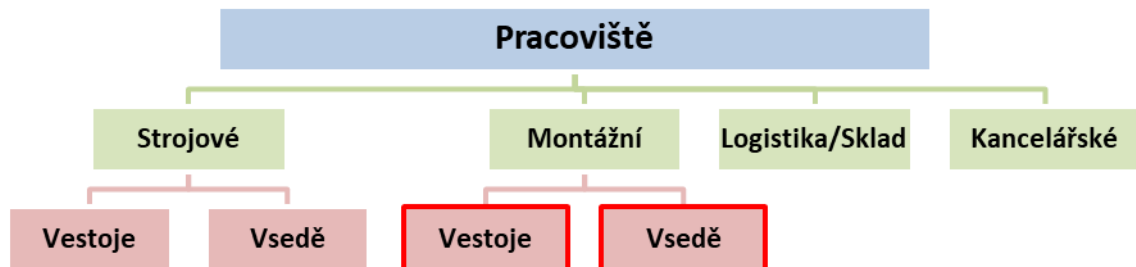
Dalším důležitým kritériem, které je nutné zohlednit, je velikost podniku. Rozhodné parametry pro hodnocení velikosti podniku jsou primárně dva. Jedná se o roční počet zaměstnanců a velikost ročního obrátu. Rozhodné hraniční hodnoty pro definici velikosti podniku jsou uvedeny v následující Tab. 2.7.

Tab. 2.7: Rozhodné hraniční hodnoty pro definici velikosti podniku [18]

Kategorie podniku	Počet zaměstnanců – roční	Roční obrat
Mikro podnik	<10	≤ 2 miliony EUR
Malý podnik	<25	≤ 10 milionů EUR
Střední podnik	<250	≤ 50 milionů EUR
Velký podnik	>250	> 50 milionů EUR

Toto kritérium je zohledněno z důvodu vymezení použitelnosti modelu vůči autorům z České republiky, kdy například doktor Bureš se ve své disertační práci [19] omezuje navrženou metodikou pouze na malé a střední podniky. Dalším faktorem je časté tvrzení, že ve větším podniku je ergonomie práce významnější, protože zde existují oddělení zabývající se ergonomií a BOZP, používají se moderní technologie a pokročilejší metody, kdy příkladem mohou být společnosti z automobilového průmyslu. V kapitole 2.6 jsou definovány a charakterizovány nemoci z povolání. V této kapitole, konkrétně na Obr. 2.24 je zobrazena struktura hlášených případů nemocí z povolání podle velikostí podniků (počtu zaměstnanců) v roce 2018 a v roce 2019. Z dostupných dat vyplývá, že i podniky nad 500 zaměstnanců mají poměrně hodně výskytů nemocí z povolání, konkrétně v roce 2018 a 2019 byly podniky v rozmezí 500 až 999 zaměstnanců s nejvyšším absolutním počtem výskytů nemocí z povolání. Pokud přepočteme výskyty na 1 zaměstnance, tak v roce 2019 je i v tomto ukazateli nejvyšší kategorie podniků mezi 500 a 999 zaměstnanců, v roce 2018 naopak kategorie mezi 100 až 199 a za ní následuje kategorie podniků s 250 až 499 zaměstnanci. V souvislosti s velikostí podniků, bude použitelnost modelu pro hodnocení ergonomie pracoviště univerzální a další směřování práce se nebude omezovat na konkrétní velikost podniku.

Posledním parametrem, kterým je nutné vymezit aplikovatelnost modelu, je typ pracoviště ve výrobním procesu. Výrobní procesy je možné z pohledu typu pracovní činnosti rozdělit dle následujícího Obr. 2.7.



Obr. 2.27: Vymezení pracoviště pro model

Model se bude z pohledu typu pracoviště primárně orientovat na procesy montážního charakteru. Montáž je v průmyslové výrobě jednou z nejnáročnějších činností, kde je zaměstnáno největší množství pracovníků. Právě při montážních činnostech vznikají nejčastější typy nemocí z povolání jako například syndrom karpálního tunelu z přetěžování, což je detailněji popsáno v kapitole 2.6. V oblasti montážních pracovišť budou do aplikovatelnosti modelu zahrnuta pracoviště jak na práci vestoje, tak na práci vsedě. Syndrom karpálního tunelu z přetěžování vzniká nejčastěji díky nadměrnému jednostrannému přetěžování končetiny a nadlimitními vibracemi, které jsou přenášeny na horní končetiny, kdy právě tyto aspekty jsou charakteristické pro sériovou, monotónní výrobu. Další směřování práce se v oblasti sériovosti bude věnovat pouze výrobě sériové, nikoliv kusové výrobě.

## 2.8 Závěr kapitoly

Ergonomie je interdisciplinární vědní obor, který se zabývá interakcí mezi člověkem a pracovním prostředím. Hlavním cílem je optimalizace pracovních podmínek s ohledem na potřeby a schopnosti pracovníků, na minimalizaci negativních účinků práce na jejich zdraví a pohodu. Ergonomie je široko záběrová disciplína, která klade vysoký důraz na kvalitu interakce mezi člověkem a okolními podmínkami při realizaci výrobního či montážního procesu, kdy právě myoskeletální ergonomie se zabývá prevencí profesionálně podmíněných onemocnění pohybového aparátu, především onemocnění páteře a horních končetin z přetížení. Zmíněná onemocnění jsou charakteristická postupným začátkem a jejich riziko se zvětšuje například nadměrným vynakládáním sil, nepřírozenou pracovní polohou a třeba také opakovatelností pohybů.

Ergonomie je nástrojem pro zvyšování kvality systému, kde dochází k interakci člověka, techniky a prostředí. V prvním kroku je nutné vymezit směřování disertační práce vůči prostředí. Jelikož ergonomie práce, pracovní podmínky a bezpečnost a ochrana zdraví při práci jsou definovány a řízeny platnou legislativou jednotlivých států, tak tato disertační práce bude zohledňovat ve svém řešení platnou legislativu České republiky a její výsledky budou právě v české průmyslové sféře uplatnitelné. Jako základní předpis, který bude ohraničovat tuto práci je zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, který definuje základní podmínky výkonu práce a jsou do nich zahrnuty i požadavky na bezpečnost a ochrany zdraví při práci. Dalším klíčovým legislativním předpisem je pro tuto práci vyhláška č. 432/2003 Sb., která se zabývá kategorizací prací a vyjadřuje souhrnné hodnocení úrovně zátěže zaměstnanců.

Vyhláška stanovuje podmínky pro zařazování prací do kategorií, kde posuzuje výskyt a míru působení 13 faktorů pracovních podmínek a zároveň stanovuje jejich limitní hodnoty a parametry, což je jeden ze základních parametrů pro vývoj modelu pro komplexní hodnocení ergonomie pracoviště. Druhým důležitým právním předpisem, který stanoví základní parametry modelu, je nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Nařízení vlády se zabývá rizikovými faktory, jejich členěním a hodnocením, stanovuje přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy, rozměry pracovní roviny, pracovního místa a jeho požadavky, vymezuje celkové a lokální svalové zátěže, biologické činitele, psychickou zátěž, mapuje bližší hygienické požadavky na mikroklimatické podmínky na pracovišti, jako větrání pracoviště a nucené větrání, vytápění, osvětlení pracoviště, rozměry pracovní roviny, pracovního místa a požadavky na ovladače, sanitární zařízení, práce s chemikáliemi, prach a jejich hygienické limity a postup při jejich stanovení.



Zásadní je také hodnocení pracovních poloh trupu, krku, hlavy, horních a dolních končetin v pracovních a neutrálních polohách, ale také dosahy horních končetin v různých rovinách.

Výše zmíněné právní předpisy a směrnice stanovují minimální požadavky na ergonomický design pracovišť a zabezpečení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci. Limitní hodnoty, které legislativa stanovuje budou použity jako limitní parametry při vývoji komplexního modelu a metodiky pro hodnocení ergonomie pracovišť. Klíčovou motivací pro řešení práce je prevence nemocí z povolání, které i přes stanovený legislativní rámec vnikají v souvislosti s vykonáváním pracovní činnosti. V legislativě České republiky, konkrétně v nařízení vlády č. 290/1995 Sb. jsou nemoci z povolání definovány jako 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 dělí celkem do šesti kapitol, kdy právě kapitola II, která definuje nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory, hraje nejvýznamnější roli v kontextu řešení této disertační práce. Dle struktury hlášených případů nemocí z povolání podle velikostí podniků v roce 2018 a v roce 2019 je patrné, že i podniky nad 500 zaměstnanců mají poměrně velké množství výskytů nemocí z povolání, konkrétně v roce 2018 a 2019 byly podniky v rozmezí 500 až 999 zaměstnanců s absolutně nejvyšším počtem výskytů nemocí z povolání. V souvislosti s velikostí podniků, bude použitelnost modelu pro hodnocení ergonomie pracoviště univerzální a další směřování práce se nebude omezovat na konkrétní velikost podniku. Dále se model bude z pohledu typu pracoviště primárně orientovat na procesy výrobního a montážního charakteru. Montáž je v průmyslové výrobě jednou z nejnáročnějších činností, kde je zaměstnáno největší množství pracovníků. Právě při montážních činnostech vznikají nejčastější typy nemocí z povolání jako například syndrom karpálního tunelu z přetěžování, což je detailněji popsáno v kapitole 2.6. V oblasti montážních pracovišť budou do aplikovatelnosti modelu zahrnuta pracoviště jak na práci vestoje, tak na práci vsedě.

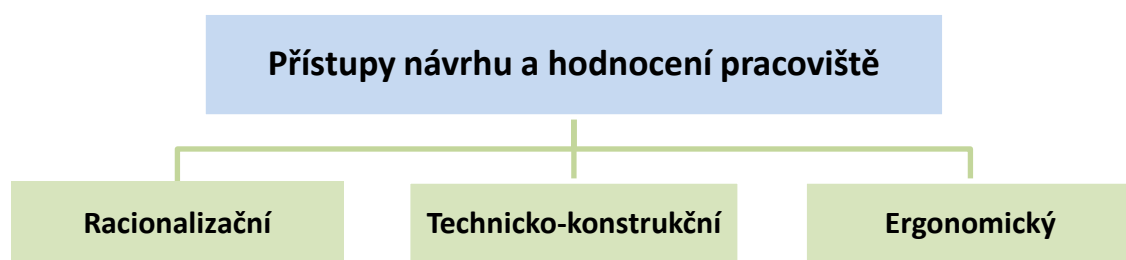
Syndrom karpálního tunelu z přetěžování vzniká nejčastěji díky nadměrnému jednostrannému přetěžování končetiny a nadlimitními vibracemi, které jsou přenášeny na horní končetiny, kdy právě tyto aspekty jsou charakteristické pro sériovou, monotónní výrobu. Směřování práce se v oblasti sériovosti bude věnovat pouze výrobě sériové, nikoliv kusové výrobě. Dalším krokem při řešení disertační práce bude provedení rešerše stávajících metod a přístupů pro hodnocení ergonomie pracovišť s ohledem na legislativu České republiky.

### 3. Hodnocení ergonomičnosti pracoviště

Třetí kapitola disertační práce se věnuje současnému stavu poznání v oblasti hodnocení ergonomičnosti pracovišť. V dostupné literatuře jsou definovány takzvané přístupy a metody. Přístupy jsou obecné postupy, které slouží k celkovému hodnocení a následné optimalizaci pracovišť. Vzhledem k tomu, že jsou přístupy spíše obecné, tak jejich výsledky jsou často ovlivněny subjektivitou osoby, která je provádí. Na druhé straně existuje řada metod, které se zaměřují na hodnocení konkrétních ergonomických rizik jako je například manipulace s břemeny, polohy nebo opakující se pohyby. Právě metody jsou často používány v analytických etapách, které definují jednotlivé přístupy k návrhu a hodnocení pracovišť. V následujícím textu budou popsány nejznámější přístupy k hodnocení ergonomičnosti pracovišť a dále pak budou popsány metody hodnocení ergonomických rizik. Tyto informace jsou nezbytné k dokreslení problematiky hodnocení ergonomické zátěže a zároveň k definování cílů této disertační práce a následného zpracování metodiky pro komplexní hodnocení pracovišť.

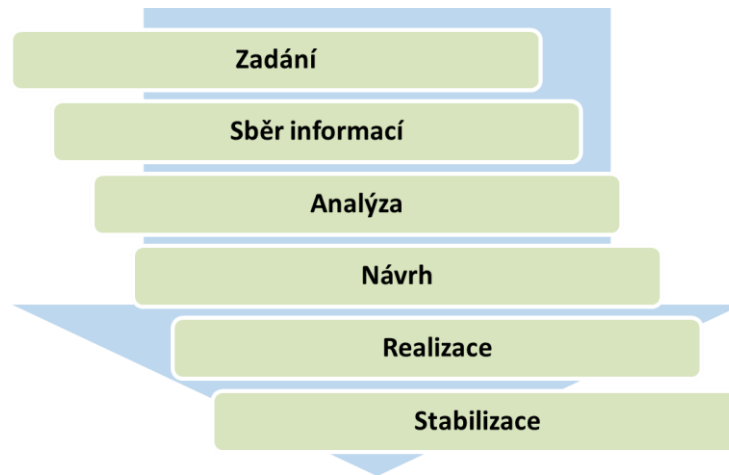
#### 3.1 Přístupy

Existuje několik možných přístupů k problematice návrhu a hodnocení pracoviště z pohledu ergonomie práce. Tyto přístupy výstižně zhodnotili v rámci svých disertačních prací Bureš [19] a následně Görner [20]. Dle provedené rešerše se tyto přístupy dají v podstatě dělit na racionalizační, technicko-konstrukční a čistě ergonomický pohled viz Obr. 3.1.



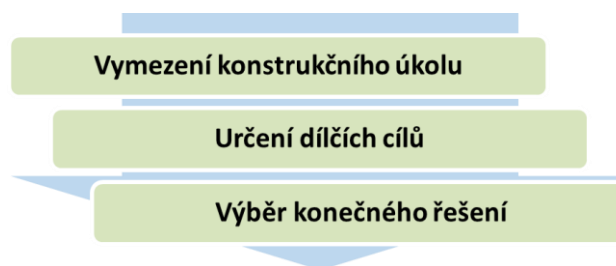
Obr. 3.1: Přístupy návrhu a hodnocení pracoviště

Profesor Chundela [21] představuje racionalizační přístup. Postup řešení je uveden na následujícím Obr. 3.2. V rámci zadání se jedná o vymezení řešené oblasti, formulaci konkrétního cíle, složení týmu, stanovení hloubky ergonomické racionalizace a harmonogramu. Následný postup už je projektový.



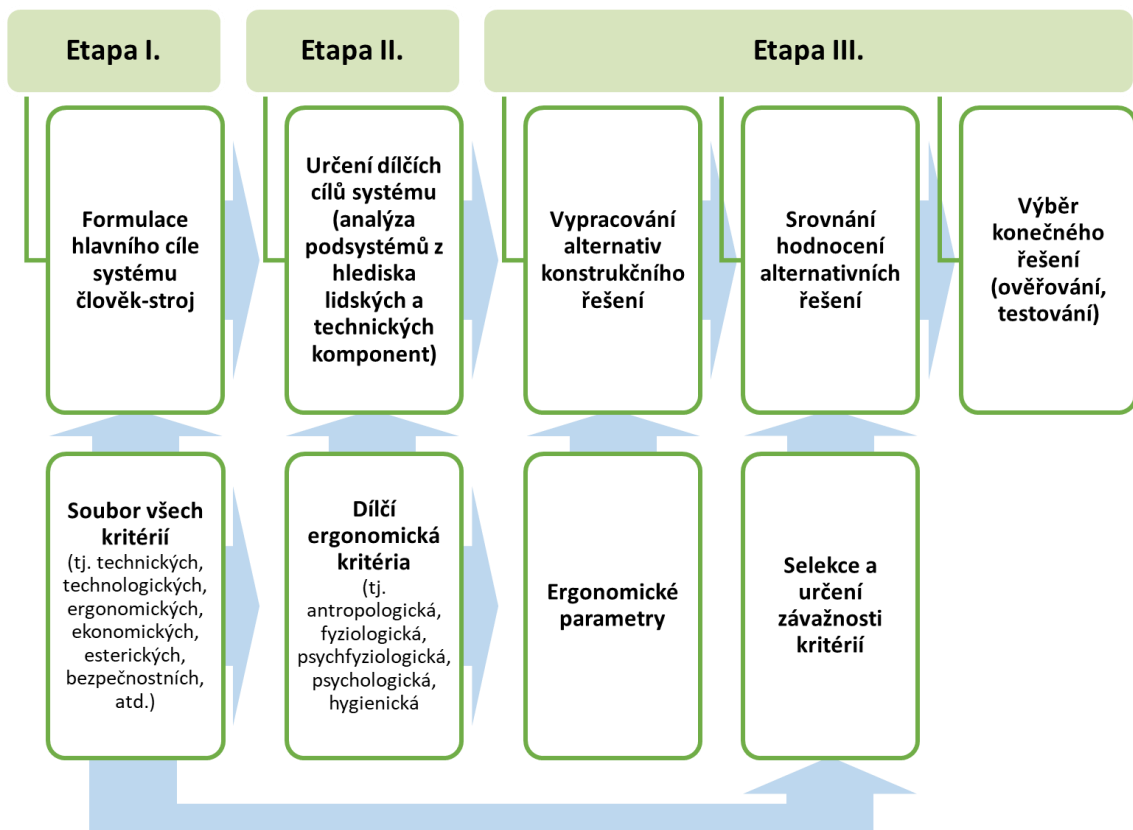
Obr. 3.2: Přístup řešení ergonomického hodnocení pracoviště dle Chundely [21]

Matoušek a Zástava [22] představují konstrukční přístup řešení návrhu pracoviště, který je zobrazen na Obr. 3.3. Z celkového (obecného) vymezení konstrukčního dochází k určení dílčích cílů a uvažování příslušných dílčích ergonomických kritérií. Výběr konečného řešení se skládá z vypracování alternativ konstrukčního řešení, jejich porovnání, zhodnocení a výběr konečné varianty.



Obr. 3.3: Etapy konstrukčního postupu dle Matouška a Zástavy [22]

Postup činnosti konstruktéra a návaznost k ergonomickým kritériím je poté zobrazeno na následujícím Obr. 3.4.



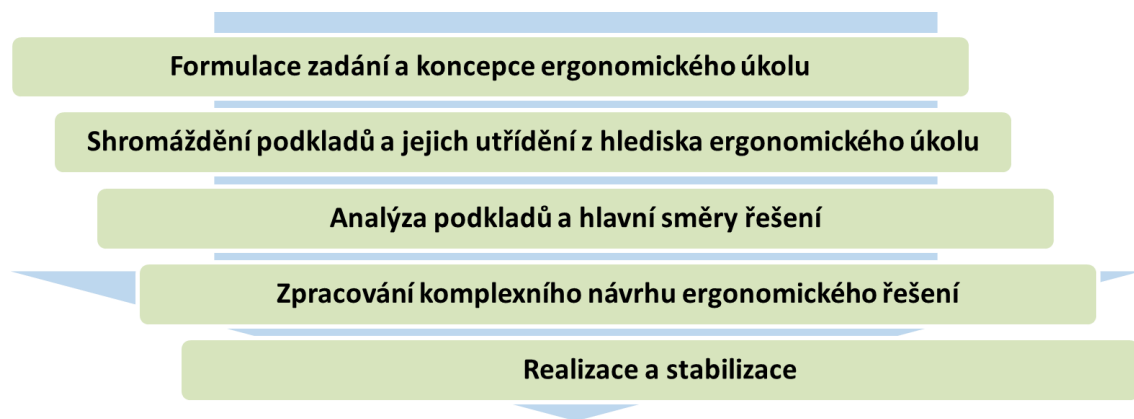
Obr. 3.4: Základní etapy v konstrukčním postupu a jejich vztah k ergonomii [22]

Hlavenka [23] je dalším představitelem racionalizačního přístupu návrhu a hodnocení pracovišť. Jeho postup se skládá z bodů, které jsou zobrazeny v následujícím Obr. 3.5. V rámci podrobného rozboru autor dělí oblast racionalizace ve strojírenském podniku do úseků výrobek, výrobní program, technologie výrobního procesu, organizace výrobního procesu, organizace výroby a řízení výroby.



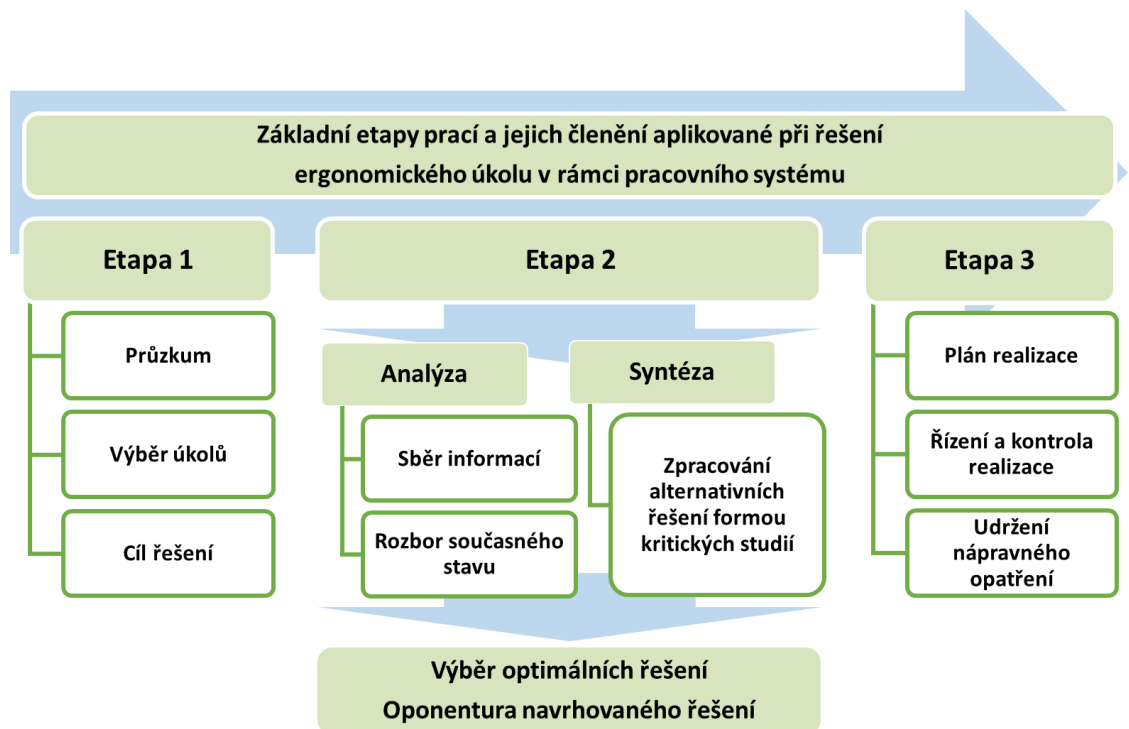
Obr. 3.5: Racionalizační postup dle Hlavenky [23]

Přístup Krále [24] lze poté označit jako ergonomický, kdy jednotlivé kroky postupu jsou zobrazeny na Obr. 3.6. Součástí řešení ergonomického úkolu je také posouzení předložených návrhů, zhodnocení aspektů, umožňujících sestavení dokumentace v rozsahu potřebném pro realizaci řešení, vypracování realizačního projektu s patřičnými náležitostmi. Realizace je popsána jako zahájení zajišťování realizačního projektu po stránce technické, organizační, personální atd. Nakonec následuje zhodnocení dosažení požadovaného cíle řešení a tím i splnění zadaného ergonomického úkolu, zajištění sledování a udržování přijatých opatření.



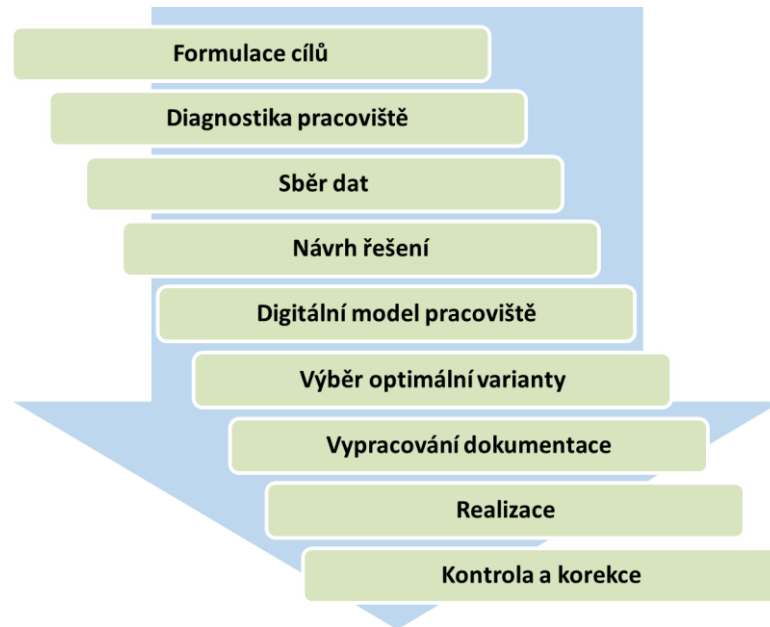
Obr. 3.6: Přístup řešení ergonomických problémů dle Krále [24]

Tento přístup je také znázorněn blokově pomocí etap na následujícím Obr. 3.7



Obr. 3.7: Blokové schéma ideového přístupu k řešení ergonomického úkolu [24]

Metodika Bureše je poté konkrétnější v jednotlivých úkonech. Na rozdíl od výše zmíněných metodik nově obsahuje digitální model pracoviště. Postup metodiky je znázorněn na následujícím Obr. 3.8.



Obr. 3.8: Postup ergonomického návrhu podle Bureše [19]

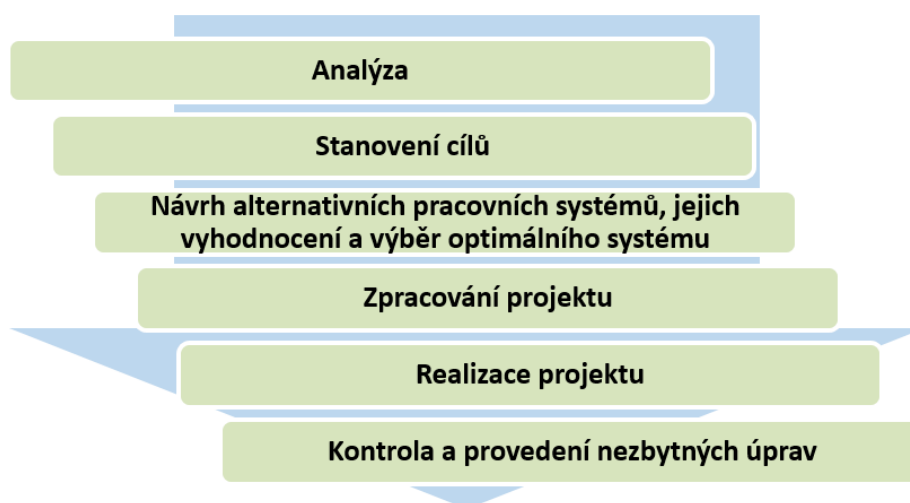
Görner [20] v rámci své disertační práce vytvořil metodiku ergonomického návrhu pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a funkce systému. Doplnuje práci svých kolegů Bureše a Uhrovčíkové a vytváří tak koncept BGU (dle prvních písmen příjmení autorů). Uhrovčíková zpracovala problematiku cost-benefit analýzy, která hodnotí finanční i nefinanční přínosy ergonomických zásahů na pracovištích i v celých výrobních celcích. Vychází ze stavu, kdy podniky nejsou schopny sledovat místo vzniku a výši ztráty vyplívající z nerespektování ergonomie.

Slovenská společnost Asseco CEIT, a.s., která se mj. dlouhodobě zabývá řešením ergonomických projektů v průmyslové praxi vytvořila svůj vlastní přístup ErgoDesign [25]. Ten je propojen s platnou legislativou Slovenské republiky a evropskými normami. Jednotlivé kroky tohoto přístupu zobrazuje následující Obr. 3.9. Tento model z roku 2012 byl doplněn v roce 2015 o propojení s platnou legislativou Slovenské republiky a evropskými normami. V roce 2017 měl být dále rozšířen o oblast fyziologie práce a snímání pohybů lidského těla pro účely realizace ergonomických studií s přímým propojením do SW Siemens Technomatix. V posledních letech také vyvinuli mobilní aplikaci na hodnocení pracoviště CERAA a CERAA Glove.



Obr. 3.9: Postup metodiky CEIT ErgoDesign [25]

REFA je metodika pro postup projektování pracovního systému podle německé organizace REFA [26]. Tento postup je zobrazen na Obr. 3.10. V rámci analýzy se jedná o stanovení informací, způsob jejich získání a vyhodnocení. Na výsledky analýzy navazuje stanovení cílů v podobě definice změny, očekávání a měřitelnosti cílů. Návrh alternativních pracovních systémů je vyhodnocen na základě kritérií jako jsou náklady, produktivita, pružnost systému, bezpečnost nebo působení na rozvoj pracovníků. Zpracování projektu má podobu radikální změny nebo postupného, průběžného zlepšování. Po realizaci projektu je provedeno její hodnocení z pohledu přínosů, které mohou být ekonomické, technicko-organizační nebo sociální. Tento postup je projektový.



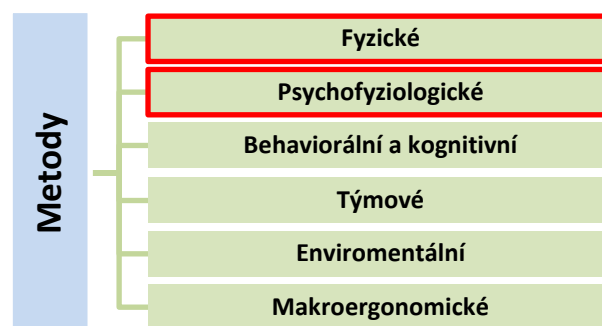
Obr. 3.10: Postup projektování pracovních systémů dle německé organizace REFA [26]

REFA má v současné době i samostatnou metodiku ergonomie z pohledu interakce lidí, techniky a organizace [27]. Zde je nutné doplnit, že z metodiky REFA jako metody předem stanovených časů vychází některé vybrané metody hodnocení fyzické zátěže – např. metoda REBA.

Závěrem této části práce je nutné zmínit, že výše popsané přístupy jsou obecným postupem a návodem, jak vhodně navrhnout nebo optimalizovat pracoviště v kontextu konkrétního výrobního programu. Ergonomie je zde jako jeden z mnoha faktorů, které musí být zohledněny při navrhování či optimalizaci pracovišť.

## 3.2 Metody

V této kapitole disertační práce je provedena rešerše používaných metod v ergonomii. Jak již bylo zmíněno, metody jsou konkrétní nástroje pro hodnocení konkrétních ergonomických rizik. V literatuře existuje široká škála dělení metod, kdy například Stanton a kol. ve své příručce [28] dělí hodnocené metody následovně viz Obr. 3.11. Toto rozdělení je relativně rozšířené, ve své příručce ho používá i Salvendy [29].



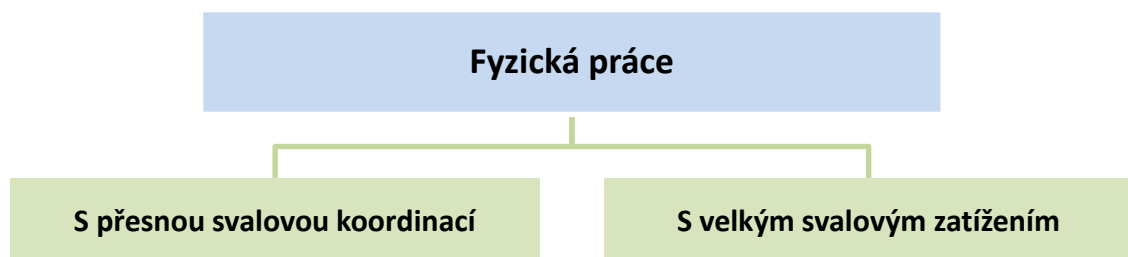
Obr. 3.11: Dělení ergonomických metod dle Stanton a kol. [28]

Z pohledu tématu disertační práce mě budou zajímat zejména fyzické metody a okrajově psychofyzilogické. Z pohledu vztahu zátěže na pracovníka lze dělit námahu na fyzickou a psychickou [30]. Fyzická nebo také tělesná zátěž je ovlivňována především rozsahem aktivace svalových skupin, protože při každé tělesné práci jde o činnost svalů a s ní spojenou spotřebou energie. Tu organismus získává přeměnou živin (metabolismus), tj. uhlovodíků, tuků a v případě jejich nedostatku přeměnou bílkovin. Na nutnost rozvodu živin a kyslíku k pracujícímu svaly a odvodu oxidu uhličitého a dalších látek a tepla reaguje organismus především zvýšenými požadavky na prokrvení kosterního svalstva. Právě fyzickou zátěž můžeme z pohledu pohybů svalů při činnosti rozdělit na dynamickou a statickou.



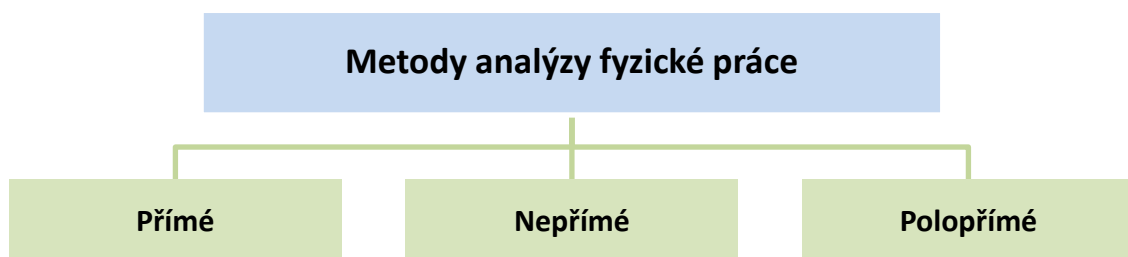
Dynamická zátěž převládá, když je zřejmý pohyb svalových skupin při zatížení. Při dynamické zátěži se mění délka svalu při zachovaném napětí (tzv. izotonická kontrakce svalu). Příkladem dynamické práce je mačkání nebo natahování ocelové spirálové pružiny oběma rukama.

Statická zátěž je tam, kde tělo, nebo část těla je držena na místě. Při statické zátěži zůstává zachována délka svalu, ale zvyšuje se jeho napětí. Příkladem statické práce je držení stlačené spirálové pružiny. V praxi se statická zátěž vyskytuje například při držení nástrojů, předmětů apod. Z časového hlediska se za statickou zátěž považují případy, kdy trvání svalového stahu, zvýšení svalové síly a udržování polohy trvá déle než 3 sekundy. Převažující statická zátěž je považována za únavnější, protože svaly nemají možnost se uzdravit. Z pohledu zapojení a využití jednotlivých svalových skupin při práci je fyzická práce rozdělena viz následující Obr. 3.12.



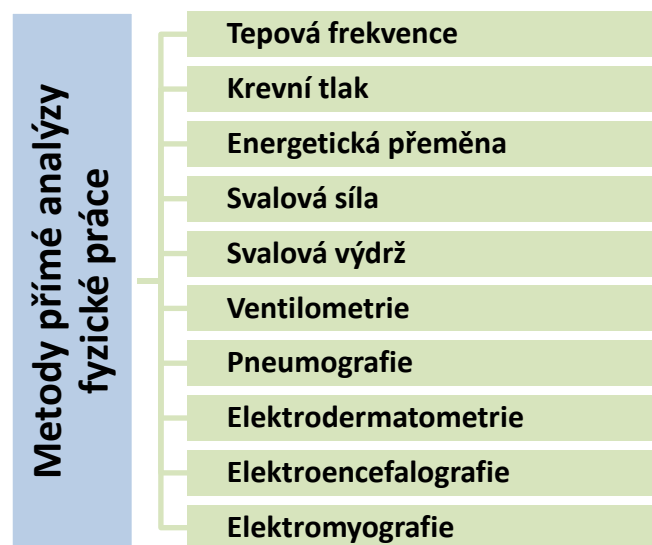
Obr. 3.12: Dělení fyzické práce

Fyzická práce je příčinou velkého množství nemocí z povolání. Existuje tedy široká škála metod analýzy fyzické práce a posouzení onemocnění pohybového aparátu. Onemocnění pohybového aparátu, z anglického spojení Muskuloskeletal Disorder (MSD), a metody pro posuzování lze rozdělit do tří kategorií, které jsou uvedeny na následujícím Obr. 3.13.



Obr. 3.13: Dělení metod analýzy fyzické práce [31] [32]

Mezi přímé metody patří měření nebo snímání polohy pomocí různých technologií, jako jsou například snímače pohybu (Motion Capture oblek), kamerové systémy pro analýza obrazu nebo různé aplikace. Fyzická nebo tělesná zátěž je ovlivňována především rozsahem aktivace svalových skupin, protože při každé fyzické práci se jedná o činnost svalů a s tím spojenou spotřebou energie. Problematikou analýzy fyzické zátěže se zabývá fyziologie práce. Hlavním nástrojem fyziologie práce jsou fyziologické studie zaměřené na zkoumání a hodnocení změn fyziologických funkcí lidského organismu během provádění pracovní činnosti a po jejím ukončení. Nejpropracovanější a v praxi nejčastěji používané metody přímé analýzy fyziologických zkoumání jsou uvedeny na následujícím Obr. 3.14.



Obr. 3.14: Dělení metod přímé analýzy fyzické práce [4]

Pomocí testů tepové frekvence je zkoumáno zatížení kardiovaskulárního aparátu lidského organismu v důsledku zatížení pracovní činností. Vycházejí z poznání, že se zvyšující se fyzickou námahou se zvyšuje i tepová frekvence člověka. Často používaný je Milllerův test tepové frekvence a Indexová metoda.

Testování krevního tlaku je zkoumání velikosti zatížení lidského organismu fyzickou prací založené na poznatku, že se zvyšováním vnějšího zatížení organismu se zvyšuje i krevní tlak (používá se jako doplňková metoda testů tepové frekvence),

Měření velikosti energetické přeměny se provádí laboratorní metodou měření velikosti zatížení organismu, kdy se vlastní velikost energetické přeměny určuje různými způsoby, například i výpočtem z naměřeného úbytku kyslíku ve vydýchaném vzduchu.

Testování svalové síly je velice subjektivní, jelikož závisí na vůli testovaného člověka, kdy se velikost svalové síly zjišťuje soustavou siloměrů a dynamometrů.

Dále se analýza fyzické zátěže provádí například pomocí testů svalové výdrže. Tyto testy poskytují informace o lokální svalové kapacitě operátora. Test se provádí tak, že testovaná osoba drží břemeno, přičemž měříme čas, za který tuto zátěž udrží. Tyto testy mají uplatnění při hodnocení statického zatížení.

Dalším možným testem je ventilometrie. Ta nám umožňuje posoudit namáhavost pracovní činnosti měřením plicní ventilace (dechová frekvence, složení vydechaného vzduchu).

Pro orientační posouzení tělesné námahy při výkonu pracovní činnosti může sloužit i pneumografie. Ta založena je založena na registraci změny tlaku vzduchu způsobené dýchacími pohyby (pohyb hrudníku a břišní stěny) v uzavřeném prostoru.

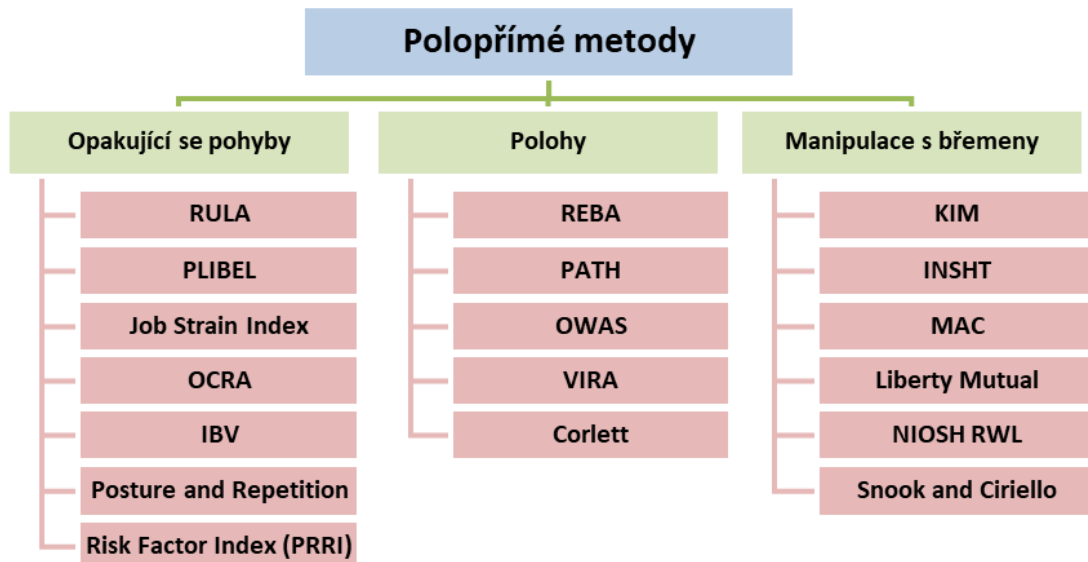
Další metodou přímé analýzy fyzické práce může být také elektrodermatometria (EDM), která umožňuje posoudit stupeň psychofyziologických zatížení člověka při pracovní úkonu pomocí měření a vyhodnocování kožní vodivosti (kožní - galvanický reflex).

Elektroencefalografie (EEG) je studie zaměřená na zkoumání změn mozkové činnosti při práci prostřednictvím měření změn bioelektrických potenciálů mozku. [4]

Ovšem jednou z nejdůležitějších metod přímé analýzy fyzické práce je metoda zvaná **elektromyografie** označována zkratkou **EMG**. Jedná se o vyšetřovací metodou, která hodnotí stav nervového i pohybového systému zkoumané osoby. EMG zaznamenává elektrickou aktivitu z nervů nebo svalů, která je vyvolána změnou elektrického potenciálu, který vznikne díky svalové aktivaci. Aktivita je zaznamenávána na povrchu těla pomocí povrchových elektrod, nebo rovnou ze svalových vláken pomocí jehlových elektrod. [33]

Jako metody nepřímé lze chápat tu nejrozšířenější, což je typicky dotazník nebo checklist. Mezi nejpoužívanější dotazníky patří Nordic Questionnaire, Dutch musculoskeletal questionnaire (DMQ) nebo Quick Exposure Checklist (QEC). V prostředí ČR se používají checklisty MUDr. Jany Hlávkové ze Státního zdravotního ústavu (SZÚ).

Metody polopřímé kombinují metody přímé a nepřímé. Jedná se o nejrozšířenější metody, kdy právě těchto metod existuje široká škála, proto je nutné uvést jejich základní dělení. Jako klíčové zde vidím dělení polopřímých metod, které je uvedeno na následujícím Obr. 3.15.



Obr. 3.15: Dělení polopřímých metod

Na předcházejícím obrázku je uveden základní přehled nejznámějších polopřímých metod. Nejčastěji používané jsou metody RULA, OCRA, REBA, OWAS, NIOSH. Pro komplexní posuzování také existují metody, které jsou kombinací výše zmíněných, jedná se například o metodu EAWS. Existuje také možnost provádět hodnocení dle konkrétní legislativy, tedy zejména dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Nařízení vlády také vychází z ergonomických zásad, stejně jako metody.

Dle provedeného dotazníkového průzkumu patří v průmyslovém sektoru České republiky k nejčastěji používaným metodám pro hodnocení ergonomie pracovišť právě Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. (79,5 %), ČSN normy (56,2 %) a interní materiály dané firmy (15,1 %) v podobě vlastních softwarů, metodik, hodnotících formulářů, checklistů apod., dále jsou pak využívány metody RULA (4,1 %), REBA (1,4 %), NIOSH RWL (1,4 %), OWAS (1,4 %), případně softwary jako Technomatix Jack či Delmia (2,7 %). V dotazníkovém šetření pak mohli respondenti volit více odpovědí. [34]

Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (EU-OSHA), která zajišťuje poskytování informací a rad o ergonomii doporučuje využívání následujících metod OWAS, KIM, HSE, RULA, OCRA, HAL. [35] Z čehož například metoda HSE je vyvinutá a určená pro Velkou

Británii a metoda HAL je vyvinuta ve Spojených státech Amerických, a tedy i její použití je orientované na lokální legislativu. Těmto metodám se dále nebudu věnovat.

Z dostupných informací vyplývá, že doporučené a nejčastěji používané jsou metody RULA, OCRA, REBA, OWAS, NIOSH RWL, EAWS, KIM, a právě těmto metodám se budu věnovat v následujícím textu.

### 3.2.1 RULA

Metoda analýzy RULA (Rapid Upper Limb Assessment) [36] rychle zhodnotí vystavení pracovníků riziku poruch horních končetin. Pro dané ruční operace vyhodnocuje riziko poruch horních končetin založené na postoji, využití svalů, hmotnosti nákladu, době trvání a frekvenci opakování. V rámci posouzení se hodnotí polohy horních končetin (paže, předloktí, zápěstí), krku, trupu a nohou. Hodnotí se zvlášť pravá strana a levá strana. Pro rychlé posouzení je v rámci metody RULA zpracován formulář, jehož ukázka je uvedena na následujícím Obr. 3.16.

**RULA Employee Assessment Worksheet**

Task Name: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

**A. Arm and Wrist Analysis**

**Step 1: Locate Upper Arm Position:**

Step 1a: Adjust...  
If shoulder is raised: +1  
If upper arm is abducted: -1  
If arm is supported or person is leaning: -1

Upper Arm Score:

**Step 2: Locate Lower Arm Position:**

Step 2a: Adjust...  
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Lower Arm Score:

**Step 3: Locate Wrist Position:**

Step 3a: Adjust...  
If wrist is bent from midline: Add -1  
If wrist is twisted in mid-range: +1  
If wrist is at or near end of range: +2

Wrist Twist Score:

**Step 4: Wrist Twist:**

Wrist / Arm Score:

**Step 5: Look-up Posture Score in Table A:**  
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A.

Posture Score A:

**Step 6: Add Muscle Use Score**  
If posture mainly static (i.e. held >1 minute), or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Muscle Use Score:

**Step 7: Add Force/Load Score**  
If load < 4.4 lbs. (intermittent): 0  
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1  
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2  
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Force / Load Score:

**Step 8: Find Row in Table C**  
Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Wrist & Arm Score:

**Scores**

		Wrist Score			
		1	2	3	4
Upper Arm	Lower Arm	1	2	2	2
	Wrist	1	2	1	2
1	Wrist	1	2	2	2
	Wrist	2	2	2	2
2	Wrist	2	3	3	3
	Wrist	3	3	3	3
3	Wrist	3	4	4	4
	Wrist	4	4	4	4
4	Wrist	4	4	4	4
	Wrist	5	5	5	5
5	Wrist	5	6	6	6
	Wrist	6	6	6	6
6	Wrist	6	7	7	7
	Wrist	7	7	7	7

**B. Neck, Trunk and Leg Analysis**

**Step 9: Locate Neck Position:**

Step 9a: Adjust...  
If neck is twisted: -1  
If neck is side bending: -1

Neck Score:

**Step 10: Locate Trunk Position:**

Step 10a: Adjust...  
If trunk is twisted: +1  
If trunk is side bending: -1

Trunk Score:

**Step 11: Legs:**  
If legs and feet are supported: +1  
If not: +2

Leg Score:

**Table B: Trunk Posture Score**

Neck	Table B: Trunk Posture Score					
	1	2	3	4	5	6
Posture score	1	2	1	2	1	2
1	1	2	3	3	4	5
2	2	3	2	3	4	5
3	3	3	3	4	4	5
4	4	5	5	6	6	7
5	5	7	7	7	8	8
6	6	8	8	8	9	9

**Step 12: Look-up Posture Score in Table B:**  
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B.

Posture B Score:

**Step 13: Add Muscle Use Score**  
If posture mainly static (i.e. held >1 minute), or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Muscle Use Score:

**Step 14: Add Force/Load Score**  
If load < 4.4 lbs. (intermittent): 0  
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1  
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2  
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Force / Load Score:

**Step 15: Find Column in Table C**  
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck, Trunk, Leg Score:

**RULA Score**

based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

Obr. 3.16: Ukázka formuláře metody RULA [37]

Hodnocenímu úkonu se poté přiřadí číselné skóre, které signalizuje míru zakročení požadovaného k tomu, aby redukovalo riziko poranění horní končetiny. Výstupem metody RULA

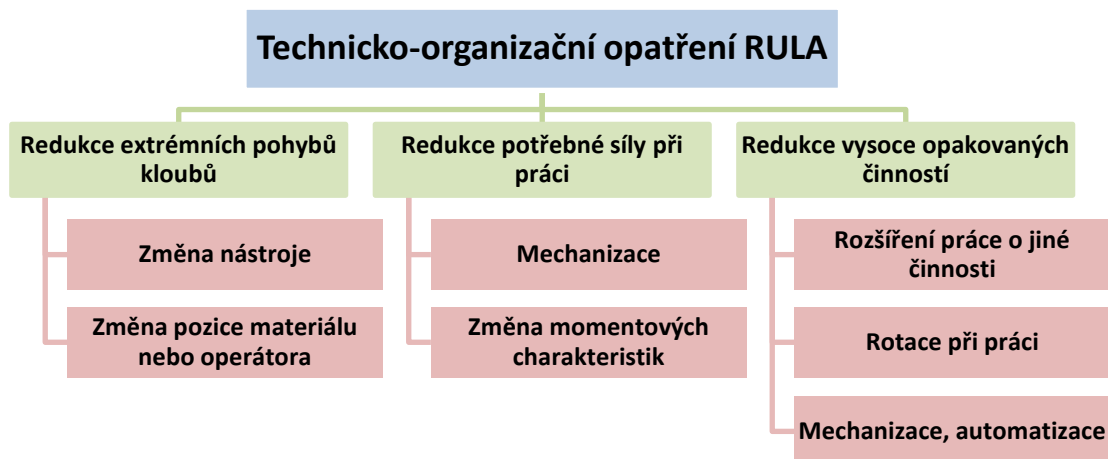
jsou číselné hodnoty, které se nazývají výsledný RULA index, který nám zhodnotí rizikovost práce na vznik onemocnění pohybového aparátu u člověka jako celku, viz následující Obr. 3.17.

Score	Level of MSD Risk
1-2	negligible risk, no action required
3-4	low risk, change may be needed
5-6	medium risk, further investigation, change soon
6+	very high risk, implement change now

Obr. 3.17: Hodnoty výsledného RULA indexu [37]

RULA přiřazuje zároveň rizikovost i k jednotlivým částem lidského těla. Výsledná hodnota při hodnocení RULA nabývá hodnoty od 1 po 7, přičemž 1 je minimální riziko a 7 vysoké riziko vzniku onemocnění pohybového aparátu.

Pro spolehlivou identifikaci rizikových pracovních činností na vznik onemocnění pohybového aparátu je třeba provést kroky k tomu, aby se způsob provádění činnosti změnil natolik, aby už nepředstavoval riziko vzniku onemocnění pohybového aparátu. Přehled opatření rozdělen do třech kategorií je uveden na následujícím Obr. 3.18.

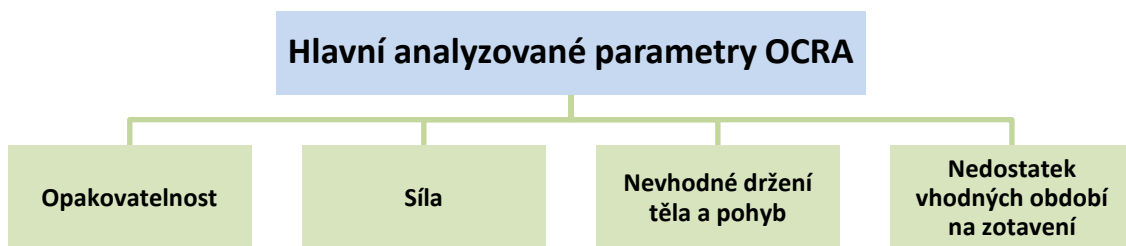


Obr. 3.18: Technicko-organizační opatření RULA [37]

Základní opatření jsou zpravidla velmi jednoduchá a nevyžadují velké finanční investice. Většinou jsou to tedy nízkonákladové technicko-organizační opatření.

### 3.2.2 OCRA

Metoda analýzy OCRA (Occupational Repetitive Action) je metoda hodnocení pro analýzu vystavení pracovníků úkolům s různými rizikovými faktory pro muskuloskeletální poruchy horních končetin (opakovanost, síla, neobratné držení těla a pohyby, nedostatek období na zotavení, přitěžující faktory definované jako „další faktory“). Metody OCRA jsou z velké části založeny na mezinárodním konsenzuálním dokumentu „*Ergonomics Association*“ (IEA) pro muskuloskeletální poruchy [38]. Metody OCRA generují souhrnné ukazatele, které zohledňují i fluktuaci pracovníků. OCRA se skládá ze 3 hodnotících nástrojů: OCRA Index, checklist OCRA a mini-checklist OCRA. Současná metoda OCRA tvoří základ dvou technických norem (EN 1005-5) a ISO (ISO 11128-3). V EN 1005 a ISO 11128-3 je metoda OCRA zvolena jako preferovaná metoda pro podrobné posouzení rizik, protože bere v úvahu všechna relevantní rizika. Metoda OCRA je založena na epidemiologických datech pro analýzu a predikci výskytu MSD (pro exponované populace). OCRA je založeno na pozorování a je primárně navrženo pro použití technickými specialisty společnosti (operátoři bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, ergonomové, analytici času a metod, výrobní inženýři). Metoda OCRA se používá v celé řadě průmyslových odvětví a na pracovištích. Zahrnuje všechny pracovní pozice v průmyslu a sektoru služeb, které zahrnují opakované pohyby a/nebo úsilí horních končetin (výroba mechanických součástí, elektrických spotřebičů, automobilů). V rámci metody jsou posuzované části těla ruce, zápěstí, předloktí a ramena. Tato metoda může být použita k hodnocení jakékoli práce, která zahrnuje pohyb nebo opakované úsilí horních končetin. Hlavní analyzované parametry této metody jsou uvedeny na následujícím Obr. 3.19.



Obr. 3.19: Hlavní analyzované parametry OCRA [38]

Zohledňují se také další „doplňkové faktory“, jako jsou mechanické, environmentální a organizační faktory. Výstupem metody OCRA jsou číselné hodnoty, které se nazývají výsledný index OCRA, který nám zhodnotí rizikovost práce na vznik onemocnění pohybového aparátu u

člověka jako celku, viz následující Obr. 3.20. Index OCRA také znamená Počet provedených technických akcí / Počet doporučených technických akcí.

Risk	OCRA	Conclusions
Green	< 2.2	No risk
Yellow	2.3 - 3.5	Low risk, less than double the green box
Red	> 3.6	Significant risk, more than twice larger than the green box

Obr. 3.20: Hodnoty výsledného ORCA indexu [39]

### 3.2.3 REBA

Metoda REBA (Rapid Entire Body Assessment) souvisí s metodou REFA (zkratka pro metodu stanovení normového času práce a výpočet nákladů výroby). Metoda REBA je nástroj pro hodnocení fyzické zátěže a rizik spojených s pracovními úkony a její vývoj byl inspirován metodou REFA. Zaměřuje na rychlé a efektivní hodnocení celkového rizika spojeného s pracovními úkony a pracovními polohami. Touto metodou lze hodnotit celé tělo pracovníka a určit rizika spojená s opakujícími se pohyby, statickými postoji, přetížením a dalšími faktory. REBA využívá pět kritérií pro hodnocení pracovních postojů a pohybů, včetně polohy těla, polohy paží, polohy trupu, polohy nohou a úrovně síly používané při práci. Na základě těchto kritérií je vypočteno celková skóre, která udává riziko spojené s pracovním úkonem. Pro rychlé posouzení je v rámci metody REBA zpracován formulář, jehož ukázka je uvedena na následujícím Obr. 3.21.




**REBA Employee Assessment Worksheet**

Task Name: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

**A. Neck, Trunk and Leg Analysis**

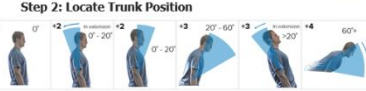
**Step 1: Locate Neck Position**



Neck Score:

Step 1a: Adjust...  
If neck is twisted: +1  
If neck is side bending: +1


**Step 2: Locate Trunk Position**



Trunk Score:

Step 2a: Adjust...  
If trunk is twisted: +1  
If trunk is side bending: +1

**Step 3: Legs**



Leg Score:

Adjust:

**Step 4: Look-up Posture Score in Table A**

Using values from steps 1-3 above, Locate score in Table A

Posture Score A:

**Step 5: Add Force/Load Score**

If load < 11 lbs.: +0  
If load = 11 to 22 lbs.: +1  
If load > 22 lbs.: +2  
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Force / Load Score:

**Step 6: Score A, Find Row in Table C**

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.


Score A:

**Scoring**

1 = Negligible Risk  
2-3 = Low Risk. Change may be needed.  
4-7 = Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.  
8-10 = High Risk. Investigate and Implement Change  
11+ = Very High Risk. Implement Change

**B. Arm and Wrist Analysis**


**Step 7: Locate Upper Arm Position:**



Upper Arm Score:


Step 7a: Adjust...  
If shoulder is raised: +1  
If upper arm is abducted: +1  
If arm is supported or person is leaning: -1

**Step 8: Locate Lower Arm Position:**



Lower Arm Score:

**Step 9: Locate Wrist Position:**



Wrist Score:

Step 9a: Adjust...  
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

**Step 10: Look-up Posture Score in Table B**

Using values from steps 7-9 above, Locate score in Table B

Posture Score B:

**Step 11: Add Coupling Score**

Well fitting Handle and mid range power grip, **good: +0**  
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, **fair: +1**  
Hand hold not acceptable but possible, **poor: +2**  
No handles, awkward, unsafe with any body part, **Unacceptable: +3**

Coupling Score:

**Step 12: Score B, Find Column in Table C**

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B:

**Step 13: Activity Score**

+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)  
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)  
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Activity Score:

Table C Score + Activity Score = REBA Score

**Table A: Neck**

	Neck		
	1	2	3
Legs	1	2	3
Trunk Posture	1	2	3
Score	1	2	3

**Table B: Lower Arm**

	Lower Arm	
	1	2
Wrist	1	2
Upper Arm	1	2
Score	1	2

**Table C: Score A vs Score B**

Score A	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	10	10	11	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

Obr. 3.21: Ukázka formuláře metody REBA [37]

V praxi se metody REFA a REBA často používají společně pro analýzu a optimalizaci pracovních procesů. REFA se zaměřuje na stanovení standardů práce a výpočet normového času, zatímco REBA slouží k rychlému a účinnému hodnocení rizik spojených s pracovními úkony a pracovními polohami. [40]

### 3.2.4 OWAS

Metodika OWAS (Ovako Work Analysis System) je v Evropě nejčastěji používaná metoda na hodnocení pracovní polohy člověka i při manipulaci s předměty. Je velmi jednoduchá na pochopení a také velmi jednoduchá na aplikaci v praxi. Proto na základě několikaletých zkušeností s jejím používáním je doporučována na využití průmyslovými inženýry a ergonomy v průmyslové praxi. Principem metody je pozorování pracovníka v pravidelných časových intervalech, případně jeho natáčení na videozáznam a potom následné vyhodnocení pomocí indexů a hodnotících tabulek. Výsledkem hodnocení je doporučení, zda je či není nutné provést změnu v pracovní poloze zaměstnance. Samotná metoda nedává doporučení na to jako změnu provést, je z ní však zřejmé, které části lidského těla (ruce, krk, trup, nohy apod.) jsou nadměrně

zatíženy. Metoda také zohledňuje vliv síly, kterou člověk vynakládá v dané poloze. Hodnotit lze ze statického pohledu, tedy zda daná sledovaná poloha je z fyziologického hlediska v pořádku, nebo z dynamického pohledu, tedy v jakém dlouho časovém intervalu je dána poloha v rámci pracovní směny pro zaměstnance přípustné. [41] Pro rychlé posouzení je v rámci metody OWAS zpracován formulář, jehož ukázka je uvedena na následujícím Obr. 3.22.








Back position	Code	Arm position	Code
<b>Upright back</b>  <p>The worker's trunk axis is aligned with the hips-legs axis.</p>	1	<b>Both arms below shoulder level</b>  <p>Both arms of the worker are positioned below shoulder level.</p>	1
<b>Bent back</b>  <p>Can be considered as occurring if the back is flexed more than 20° (Mattila et al., 1999).</p>	2	<b>One arm at or above shoulder level</b>  <p>One arm of the worker is below shoulder level and the other, or part of the other, is above shoulder level.</p>	2
<b>Twisted back</b>  <p>There is torsion of the trunk or lateral inclination greater than 20°.</p>	3	<b>Both arms at or above shoulder level</b>  <p>Both arms (or part of the arms) of the worker are above shoulder level.</p>	3
<b>Bent and twisted back</b>  <p>There is simultaneous trunk flexion and twisting (or bending).</p>	4		

Table 1: Coding of back positions.

Table 2: Coding of arm positions.

Obr. 3.22: Ukázka hodnocení pomocí metody OWAS [42]

Při použití metody OWAS je nutné začít pozorovat pracovníka při plnění úkolu, kdy pracovník vykonává různé činnosti, které je nutné rozdělit do samostatných celků v okamžiku, kdy se činnosti pracovníka v různých časech výrazně liší. Obecně je nutná doba pozorování 20 až 40 minut, kdy se zachycují polohy v pravidelných intervalech pomocí vzorkovací frekvence, obvykle mezi 30 a 60 sekundami. Sledují se vybraní pracovníci a zaznamenávají se jejich poloha a vynakládaná síla. Záznamu pozic na vzorkovací frekvenci lze dosáhnout pozorováním na místě, analýzou fotografií nebo prohlížením dříve zaznamenaných videí z dané aktivity. Jednotlivým polohám se přiřadí indexy z OWAS tabulek a zjistí se akční indexy pro nutnost provedení nápravného opatření. Jakmile jsou polohy zahrnuté do hodnocení zakódovány, musí být pro každou z nich vypočtena kategorie rizika. OWAS přiřazuje každé pozici rizikovou kategorii na základě jejího kódu držení těla, viz následující Obr. 3.23.

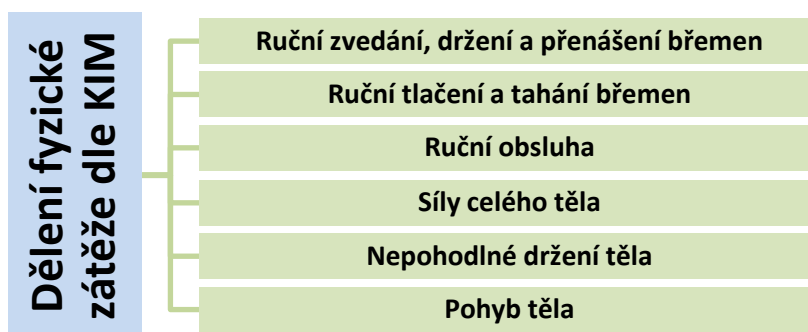
Risk Category	Effect of the Posture	Required Action
1	Normal and natural posture without harmful effects on the musculoskeletal system.	No action required.
2	Posture with the possibility of causing harm to the musculoskeletal system.	Corrective actions required in the near future.
3	Posture with harmful effects on the musculoskeletal system.	Corrective actions required as soon as possible.
4	The load caused by this posture has extremely harmful effects on the musculoskeletal system.	Immediate corrective actions required.

Obr. 3.23: Hodnocení metodou OWAS [42]

Metoda OWAS definuje čtyři kategorie rizika s ohledem na jejich účinek na muskuloskeletální systém. Každá kategorie stanoví prioritu možných nápravných opatření. Po určení rizikových kategorií pro každou polohu je nutné určit, které polohy mají pro pracovníka nejvýznamnější posturální zátěž. Riziko všech pozic lze spočítat jako procento celkových zaznamenaných pozic, ve kterých každá část těla zaujme určitou polohu. Celkové hodnocení určí, které části těla pociťují největší nepohodlí a tím umožní návrh vhodných nápravných opatření, která je třeba realizovat pro optimalizaci konkrétního pracovního procesu.

### 3.2.5 KIM


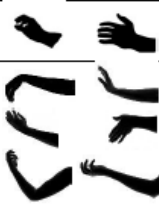
Metoda je založena na posouzení rizik pomocí metod tzv. klíčových indikátorů, anglicky Key Indicator Method (KIM). Klíčovými indikačními metodami jsou screeningové nástroje. Metoda rozděluje fyzickou zátěž do celkem šesti kategorií, které jsou uvedeny na následujícím Obr. 3.25.



Obr. 3.24: Dělení fyzické zátěže dle KIM [43]

Pro těchto šest typů fyzické zátěže jsou v metodě KIM obsaženy formuláře s pokyny pro hodnocení. Formuláře jsou k dispozici v němčině, angličtině, francouzštině, italštině, španělštině, švédštině, holandštině a turečtině. Metody klíčových indikátorů prošly komplexním zkoumáním kritérií kvality a byly testovány v mnoha společnostech. Nyní jsou schváleny pro použití v praxi. Tato metoda obsahuje algoritmy pro interpolaci ratingových bodů a agregaci výsledků

hodnocení rizik ("Extended KIM's" nebo KIM-E). Interaktivní formuláře s integrovanou podporou výpočtů jsou k dispozici v němčině a angličtině. [43] Ukázka formuláře KIM pro manuální manipulaci je uvedena na následujícím Obr. 3.25.

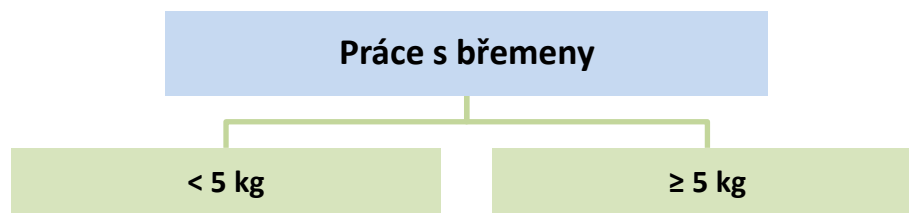
KIM for assessing and designing physical workloads during Manual Handling Operations (KIM-MHO)												
Workplace/sub-activity:												
Duration of the working day:		Evaluator:										
Duration of the sub-activity:		Date:										
<b>1st step: Determination of time rating points</b>												
Total duration of this sub-activity per working day [up to ... hours]		up to 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Time rating points:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>2nd step: Determination of the rating points for other indicators</b>												
Type of force exertion in the finger/hand area within a "standard minute"		Holding <sup>1)</sup>			Moving							
		average holding time [sec. per minute]			average movement frequencies [number per minute]							
Level		Description, typical examples			31-60	16-30	≤ 15	< 5	5-15	16-30	31-60	61-90 <sup>3)</sup>
low		Very low / low forces (up to 15% F <sub>maxM</sub> ) e.g. button actuation / shifting / ordering / material guidance / insertion of small parts			Rating points			Rating points				
		Moderate forces (up to 30% F <sub>maxM</sub> ) e.g. gripping / joining small work pieces by hand or with small tools			5.5	3	1.5	0.5	1	2.5	5	7
		High forces (up to 50% F <sub>maxM</sub> ) e.g. turning / winding / packaging / grasping / holding or joining parts / pressing in / cutting / working with small powered hand tools			9	4.5	2.5	0.5	2	4	7.5	11
		Very high forces (up to 80% F <sub>maxM</sub> ) e.g. cutting involving major element of force / working with small staple guns / moving or holding parts or tools			14	7	3.5	1	3	6	12	18
		Peak forces <sup>2)</sup> (more than 80% F <sub>maxM</sub> ) e.g. tightening, loosening bolts / separating / pressing in			22	11	5.5	1.5	5	10	19	
		Powerful hitting <sup>3)</sup> with ball of the thumb, palm of the hand or fist			100		35	8	30	100		
								8	30			
		The work cycle must be observed and the rating points for the force categories marked. Added (left and right hands separately), these produce the force rating point. To calculate the total score (step 3), the higher value must be used.			Rating points of force exertion:			Left hand		Right hand		
<sup>1)</sup> The amount of time of holding work is only considered as such in the assessment if one arm is held continuously statically for at least 4 seconds!												
<sup>2)</sup> Please note: If one of these categories was chosen, it is recommended to evaluate this sub-activity also using the KIM-BF! These forces might not be exerted at all or might no longer be exerted reliably. This applies to women in particular.												
<sup>3)</sup> In case of even higher frequencies, the resulting risk score must be extrapolated linearly or the E version (KIM-MHO-E) must be applied.												
<b>Force transfer / gripping conditions</b>												
Optimum force transfer/application / working objects are easy to grip (e.g. bar-shaped, gripping grooves) / good ergonomic gripping design (grips, buttons, tools)										0		
Restricted force transfer/application / greater holding forces required / no shaped grips										2		
Force transfer/application considerably hindered / working objects hardly possible to grip (slippery, soft, sharp edges) / no or only unsuitable grips										4		
<b>Hand/arm position and movement<sup>4)</sup></b>												
										Rating points		
Good: position or movements of joints in the middle (relaxed) range, only rare deviations / no continuous static arm posture / hand-arm rest possible as required										0		
Restricted: occasional positions or movements of the joints at the limit of the movement ranges / occasional long continuous static arm posture										1		
Unfavourable: frequent positions or movements of the joints at the limit of the movement ranges / frequent long continuous static arm posture										2		
Poor: constant positions or movements of the joints at the limit of the movement ranges / constant long continuous static arm posture										3		
<sup>4)</sup> Typical positions are to be considered. Rare deviations can be ignored.												

Obr. 3.25: Ukázka formuláře metody KIM [43]

Před aplikací metod klíčových indikátorů je smysluplné získat představu o tom, zda vůbec dochází k fyzické zátěži na pracovišti. Pro tento účel je k dispozici základní kontrolní seznam kombinovaný se screeningovým nástrojem.

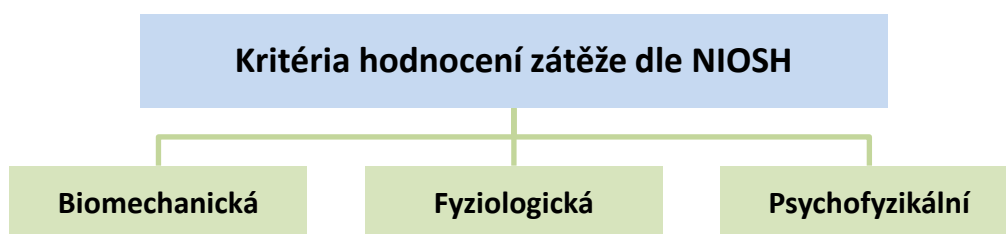
### 3.2.6 NIOSH RWL a LI

V Evropě se již několik let úspěšně používá index NIOSH (National Occupation Safety and Health), který je považován za standard hodnocení při manipulaci s břemeny. Při hodnocení práce s břemeny podle metodiky NIOSH je potřebné tuto rozdělit do dvou samostatných skupin viz následující Obr. 3.26.



Obr. 3.26: Dělení práce s břemeny dle NIOSH

Podle metodiky NIOSH se považují za břemeno pouze předměty, jejichž hmotnost je na úrovni 5 kg nebo vyšší. Pokud operátor manipuluje s předmětem do hmotnosti 5 kg jedná se o jednorázový zdvih při dodržení všech zásad správného zvedání se nepovažuje za nadměrnou námahu. Při opakované manipulaci s takovými předměty je doporučováno použít metodiku RULA případně REBA pro cyklickou námahu s vynaložením určité síly. Pokud je hmotnost předmětu větší než 5 kg je potřebné použít ověření možnosti zvedání takového předmětu pomocí váhového indexu NIOSH. Index NIOSH zohledňuje 3 skupiny kritérií pro hodnocení zátěže, které jsou uvedeny na následujícím Obr. 3.27.



Obr. 3.27: Dělení kritérií hodnocení zátěže dle metody NIOSH [44]

Výsledkem metody je doporučený hmotnostní limit (RWL) vypočtený násobením hmotnostní konstanty (23 kg) danými koeficienty. RWL představuje maximální hmotnost břemene, které může být zvedáno nebo pokládáno minimálně 75% ženských pracovníků a až 99% mužských pracovníků.

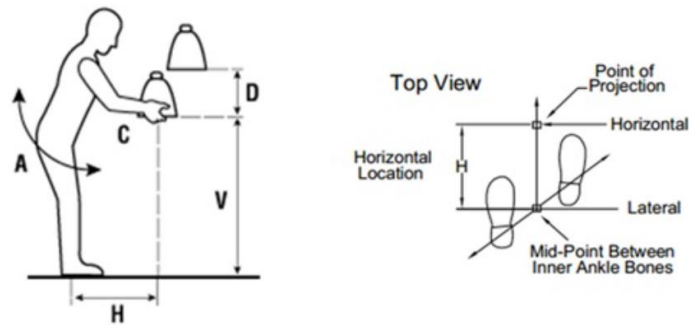
$$RWL [kg] = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DM \cdot AM \cdot FM \cdot CM \quad [44]$$

Kde LC je hmotnostní konstanta 23 kg; HM je horizontální multiplikátor, který zohledňuje vzdálenost břemene od těla; VM je vertikální multiplikátor, který zohledňuje výšku od země, ve které dochází k úchopu a položení břemene; DM je vzdálenostní multiplikátor, který zohledňuje výšku probíhající manipulace; AM je asymetrický multiplikátor, který zohledňuje úhel natočení od sagitální roviny, což je rovina rovnoběžná s rovinou mediální, při zvedání břemene; FM je frekvenční multiplikátor, který zohledňuje četnost zdvihacích úkonů v rámci jedné minuty; a CM je multiplikátor spojení, který popisuje úchopové podmínky břemene. Detailní postup stanovení zdvihacího indexu RWL je uveden na následujícím Obr. 3.28.

<p>“The load that nearly all healthy workers could perform over a substantial period of time (e.g. up to 8 hours) without an increased risk of musculoskeletal injury” (NIOSH)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>RWL = LC x HM x VM x DM x AM x FM x CM</b></li> <li>• <b>Lifting Index (LI):</b> An estimate of relative physical stress associated with lifting a given load.</li> <li>• <b>LI = L / RWL</b> Where, L = load mass (kg).</li> <li>• LC = Load constant</li> </ul> <p>If an ideal condition exists then,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>RWL = 23 x 1 x 1 x 1 x 1 x 1 x 1 = 23kg</b></li> <li>• For lift: 15kg      LI = 15 / 23 = 0.65,</li> <li>                          30kg      LI = 30 / 23 = 1.30</li> <li>• LI &lt; 1.0 protective of most workers</li> <li>• LI &gt; 1.0 significant risk to many workers</li> </ul>	<p><b>Horizontal Multiplier (HM)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>HM = 25 / H</b>, Where: H = horizontal distance from the mid-point of the line joining the inner ankle bone to a point on the floor directly below the mid-point of the hand grasps,</li> <li>• If H &gt; 63 cm, HM = 0, If H &lt; 25 cm, HM = 1 [10]</li> </ul>
<p><b>RWL and LI can be used:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• As a design aid to compare job designs</li> <li>• To priorities tasks for re-design</li> <li>• To set max loads if task variables are fixed</li> </ul>	<p><b>Vertical Multiplier (VM)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>VM = 1 - (0.003 x  V-75 )</b></li> <li>Where: V = vertical height of the hands above the floor</li> <li>• If V &gt; 175 cm, VM = 0, If V = 0 cm, VM = 0.78 [10]</li> </ul>
<p>H = horizontal location from the midpoint between ankles to the center of the load at origin of lift (in inches)</p> <p>V = vertical location of the hands at the beginning of lift measured from floor to hands (inches)</p> <p>D = vertical travel distance from origin to destination of load (in inches)</p> <p>F = average frequency of lift (lifts / minute)</p> <p>Fmax = the maximum number of lifts (lifts / minute)</p>	<p><b>Distance Multiplier (DM)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DM = 0.82 + (1.8 / D)</b>, Where: D = distance component as the vertical travel distance of the hands between the lift origin and destination = high - low</li> <li>• If D &gt; 175 cm, DM = 0 If D &lt; 25 cm, DM=1.00 [10]</li> </ul>
	<p><b>Asymmetry Multiplier (AM)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>AM = 1 - (0.0032 x A)</b>, Where: A = asymmetry component and refers to angular displacement or twisting of the body: where the lift begins and ends</li> <li>• If A &gt; 135°, AM=0, If A = 0°, AM = 1.00 [10]</li> </ul>
	<p><b>Frequency Multiplier (FM)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequency: (repetitiveness) lifts / minute, Duration: short, medium, long: Lift height V, Notes: Minimum recovery times are specified for each duration, otherwise durations are added continuously for a 15 min sampling period. [10]</li> </ul>
	<p><b>Coupling Multiplier (CM)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• C = coupling component: The nature of hand- to- object coupling or gripping that affect for maximum force can worker exert for V height location of the hands during lifting.</li> <li>• Where: Good coupling reduce the maximum grasp forces required and increased the acceptable weight for lifting, while, poor coupling required higher maximum grasp forces and reduced the acceptable weight for lifting.</li> <li>• Good: If V &lt; 75cm CM = 1.00, if V ≥ 75cm CM = 1.00</li> <li>• Fair: If V &lt; 75cm CM = 0.95, if V ≥ 75cm CM = 1.00</li> <li>• Poor: If V &lt; 75cm CM = 0.90, if V ≥ 75cm CM = 0.10 [10]</li> </ul>

Obr. 3.28: Postup stanovení zdvihacího indexu RWL dle NIOSH [45]

Před každým výpočtem je nutné shromáždit potřebné informace a měření pro proměnné úlohy zvedání. Jedná se proměnné úlohy, které jsou vyhodnoceny pro výpočet multiplikátorů, které se používají v rovnici NIOSH k určení RWL. Na následujícím obrázku jsou uvedena jednotlivá vysvětlení a pokyny pro stanovení potřebných parametrů.



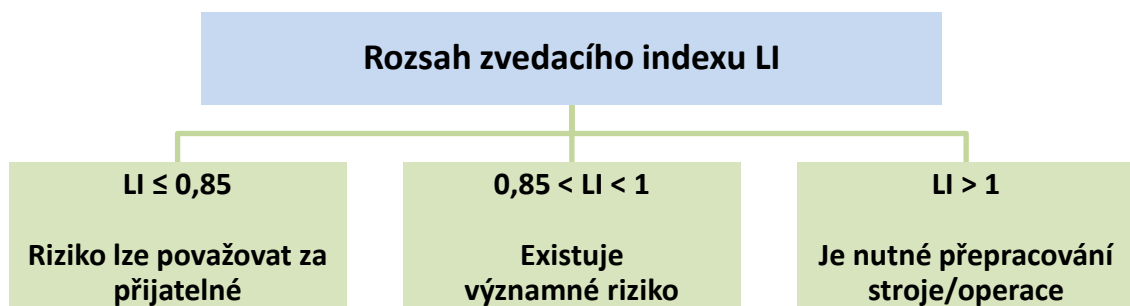
Obr. 3.29: Vysvětlení a pokyny pro stanovení multiplikátorů k určení RWL [45]

Na předchozím obrázku je uvedeno vysvětlení a pokyny, které se používají k získání potřebných doplňujících informací pro výpočet RWL. Kde H je horizontální umístění rukou, V je vertikální umístění rukou, D je vertikální pojezdová vzdálenost, A je asymetrický úhel a symbol C značí tzv. spojku, která klasifikuje kvalitu spoje mezi rukama pracovníka a předmětem manipulace.

Výpočet dle NIOSH rovněž určuje míru relativního fyzického stresu nazývaného zvedací index (LI), který je poměrem mezi zdvihanou hmotností (L) a maximální hmotností břemene (RWL).

$$LI = \frac{L [kg]}{RWL [kg]} \quad [44]$$

Rozsahy míry relativního fyzického stresu vyjádřeného pomocí zvedacího indexu LI jsou uvedeny na následujícím Obr. 3.30.



Obr. 3.30: Rozsahy zvedacího indexu LI dle metody NIOSH [44]

V rámci metody NIOSH existuje také kumulativní zdvihací index CLI (cumulative Lifting index), který se používá při hodnocení práce, která obsahuje více rozdílných zdvihů. Metoda NIOSH může být použita pouze za předpokladu, že nedochází k žádnému trhavému zdvihání, musí

pracovat obě ruce najednou, postoj nesmí být nijak omezen a také musí být splněny dobré podmínky pro přenos síly (úchopové vlastnosti, kvalitní podlaha). Závěrem lze říci, že metoda NIOSH se zaměřuje na hodnocení rizika spojeného s manuálním zvedáním a manipulací s břemeny, kdy je riziko hodnoceno na základě hmotnosti břemene, vzdálenosti, rychlosti a frekvence zvedání a dalších faktorů.

### 3.2.7 Snook a Ciriello

Stejně jako metoda NIOSH je metoda Snook a Ciriello určená pro hodnocení rizik, která jsou spojená s manipulací s břemeny. Snook a Ciriello je tabulková metoda, kdy tabulky jsou nástroj pro analýzu rizik spojených s manipulací s břemeny. Jsou založeny na řízených experimentech využívajících psychofyzické hodnocení a lze je použít k nalezení procenta průmyslové populace schopné vydržet námahu uvedenou v tabulce při zvedání, spouštění, tlačení, tažení a nošení břemen. [46]

Tato metoda má obecnější povahu použití než NIOSH zvedací index, protože se vztahuje na širší škálu úloh a je tedy méně přesná, kdy tabulky jsou založeny spíše na psychofyzických než biomechanických měřeních. Zatímco NIOSH RWL stanoví doporučený hmotnostní limit pro zvedání, tabulky Snook a Ciriello poskytují vodítko, pokud jde o podíl populace, která by měla být schopna plnit maximální přípustné hmotnosti závaží (MAWL) nebo maximální frekvenci jako běžnou součást každodenní práce. Obě metody jsou určené k pomoci při kontrole onemocnění bederní páteře.

Tato metoda poukazuje na fakt, že neexistuje žádná maximální hmotnost, která platí pro všechny jednotlivce, protože síla a vytrvalost se mění mezi jednotlivci. Nejlepší způsob, jak zhodnotit bezpečné zdvihání nebo spouštění je v podmínkách dle toho, jaké procento pracující populace lze očekávat. Čím vyšší je procento populace pro danou hmotnost, tím nižší je riziko zranění, naopak čím nižší je procento, tím vyšší je riziko zranění. Výsledky ukazují, že čím vyšší percentil populace, tím nižší je výskyt, nákladů a závažnosti zranění. Hodnoty v tabulkách jsou tedy závislé na pohlaví a pracovních schopnostech obyvatelstva a jejich omezení. Na následujícím Obr. 3.31 je uvedena tabulka maximálního přípustného zatížení mužů při zvedání břemene.



			Maximum Acceptable Weight of Lift for Males (kg)																											
Width	Distance	Percent	Floor level to knuckle height One lift every								Knuckle height to shoulder height One lift every								Shoulder height to arm reach One lift every								Note: 1. Width is dimension away from body in cm 2. Distance is vertical lift in cm 3. Percent pertains to industrial population 4. Italicized values exceed 8 hr physiological criteria			
			s				min				s				min				s				min							
			5	9	14	1	2	5	30	8	5	9	14	1	2	5	30	8	5	9	14	1	2	5	30	8				
76	50	90	<b>6</b>	7	9	11	13	14	14	17	8	10	12	13	14	14	16	17	6	8	9	10	10	11	12	13				
		75	<b>9</b>	11	13	16	19	20	21	24	10	14	16	18	18	19	21	23	8	10	12	14	14	14	16	17				
		25	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	28	31	34	35	41	16	<b>21</b>	<b>24</b>	27	27	28	32	35	11	16	18	21	21	22	24	27				
		10	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	33	37	40	41	48	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	31	32	33	37	40	<b>14</b>	18	21	24	24	25	28	31				
75	51	90	6	8	9	12	13	15	15	17	8	11	13	15	15	16	18	19	6	8	9	12	12	12	14	15				
		75	<b>9</b>	11	13	17	19	21	22	25	11	15	17	20	20	21	23	25	8	11	12	15	15	16	18	20				
		25	<b>13</b>	15	18	23	26	28	29	34	14	19	21	25	25	26	29	32	10	14	16	19	20	20	23	25				
		10	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	29	33	35	36	42	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	30	31	32	36	39	13	17	19	23	24	25	27	30				
25	10	90	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	34	38	42	43	50	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	35	36	37	41	45	<b>15</b>	19	22	27	27	29	32	35				
		75	8	9	11	13	15	16	17	20	10	13	15	18	18	19	21	23	7	10	11	14	14	14	16	18				
		25	<b>11</b>	13	15	19	22	24	24	28	13	17	20	23	24	25	27	30	10	13	15	18	18	19	21	23				
		10	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	26	29	32	33	38	17	22	25	30	30	31	35	38	12	16	19	23	23	24	27	29				
76	50	90	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	33	37	40	41	48	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	36	36	38	42	46	15	20	22	28	28	29	32	35				
		75	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>31</b>	38	44	47	49	57	<b>23</b>	<b>31</b>	<b>35</b>	42	42	44	49	53	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	32	32	34	38	41				
		25	7	8	10	13	15	16	17	20	8	10	12	13	14	14	16	17	7	9	10	12	12	13	14	16				
		10	<b>10</b>	12	14	19	22	24	24	28	10	14	16	18	18	19	21	23	9	11	13	16	16	17	19	21				
49	51	90	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	26	29	32	33	38	13	17	20	22	23	24	26	29	11	15	17	20	21	21	24	26				
		75	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	33	37	40	41	48	16	21	24	27	27	28	32	35	13	18	20	25	25	26	29	31				
		25	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	38	43	47	48	57	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	31	32	33	37	40	<b>15</b>	<b>21</b>	23	28	29	30	33	36				
		10	7	9	10	14	16	17	18	20	8	11	13	15	15	16	18	19	7	9	11	14	14	14	16	18				
25	10	90	10	13	15	20	23	25	25	30	11	15	17	20	20	21	23	25	9	12	14	18	18	19	21	23				
		75	<b>14</b>	17	20	27	30	33	34	40	14	19	21	25	25	26	29	32	12	15	18	23	23	24	27	29				
		25	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	34	38	42	43	50	17	23	26	30	31	32	36	39	14	19	21	28	28	29	32	35				
		10	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>29</b>	40	45	49	50	59	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	35	36	37	41	45	<b>16</b>	<b>22</b>	25	32	32	34	37	41				
76	50	90	8	10	12	16	18	19	20	23	10	13	15	18	18	19	21	23	9	11	12	16	16	17	19	21				
		75	12	15	17	23	26	28	29	33	13	17	20	23	24	25	27	30	11	14	16	21	21	22	25	27				
		25	<b>16</b>	20	23	30	34	37	38	45	17	22	25	30	30	31	35	38	14	18	21	27	27	28	32	35				
		10	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>29</b>	38	43	47	48	56	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	36	36	38	42	46	16	22	25	33	33	34	38	42				
34	51	90	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>34</b>	45	51	56	57	67	<b>23</b>	<b>31</b>	<b>35</b>	42	42	44	49	53	<b>19</b>	<b>25</b>	<b>29</b>	38	38	40	44	48				
		75	8	10	11	15	17	19	19	23	8	11	13	15	15	16	18	19	8	10	12	14	14	15	16	18				
		25	<b>12</b>	14	17	22	25	28	28	33	11	15	17	20	20	21	23	25	10	14	16	18	19	19	24	24				
		10	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	30	34	37	38	44	14	19	21	25	25	26	29	32	13	17	20	23	24	25	27	30				
25	10	90	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	37	42	47	47	55	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	30	31	32	36	39	<b>16</b>	<b>21</b>	24	28	29	30	33	36				
		75	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>33</b>	44	50	54	56	65	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	35	36	37	41	45	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	33	33	34	38	42				
		25	9	10	12	16	18	20	20	24	9	12	14	17	17	18	20	22	8	11	13	16	16	17	18	20				
		10	<b>12</b>	15	18	23	26	28	29	34	12	16	18	22	23	23	26	29	11	14	17	21	21	22	24	26				
25	10	90	<b>17</b>	20	24	31	35	38	39	46	15	20	23	28	29	30	33	36	14	18	21	26	27	28	31	34				
		75	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	39	44	48	49	57	18	24	27	34	35	36	40	44	<b>17</b>	22	25	32	32	33	37	41				
		25	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	46	52	57	58	68	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	40	40	42	46	51	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	37	37	39	43	47				
		10	10	12	14	18	20	22	23	27	11	14	16	20	20	21	23	26	10	13	15	19	19	19	22	24				
25	10	90	<b>15</b>	18	21	26	30	32	33	38	14	18	21	26	27	28	31	34	13	17	20	24	25	26	29	31				
		75	<b>20</b>	24	28	35	40	43	44	52	18	23	27	33	34	35	39	43	16	22	25	31	31	33	36	40				
		25	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	44	50	54	55	65	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	40	41	42	47	52	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	37	38	39	44	46				
		10	<b>29</b>	<b>35</b>	<b>41</b>	52	59	64	66	76	<b>25</b>	<b>33</b>	<b>37</b>	47	47	49	55	60	<b>23</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	43	44	45	51	55				

Obr. 3.31: Ukázka tabulek Snook a Ciriello [46]

Tabulky jsou rozděleny podle pohlaví a skládají se z různých populačních percentilů tj. 90., 75., 50., 25. a 10. percentil. Hodnoty v tabulkách udávají maximální přijatelné hmotnostní limity s časovými intervaly opakování. Snook a Ciriello se při tvorbě těchto limitů řídí základními pravidly, která odvodili ze svých dřívějších experimentů. Například hmotnost břemene musí být snížena při narůstající přemisťované vzdálenosti, rychlosti, frekvenci či teplotě okolí. Hmotnostní limity jsou založeny na psychofyzických hodnoceních, která jsou dále omezena maximálními silami, jež jsou lidé ochotni přijmout při pracovních činnostech typu tah-tlak po osmihodinovou pracovní dobu.

### 3.2.8 EAWS

Poslední významnou metodou pro hodnocení fyzické zátěže operátorů při práci je metoda používaná primárně v automobilovém průmyslu. Jedná se o metodu EAWS, což je zkratka anglického názvu „European Assembly Worksheet“. Hlavními vývojovými organizacemi metody EAWS byla Technická univerzita v Darmstadt. Metoda EAWS je typově checklist, který má 4 strany, na kterých jsou hodnotící tabulky pro polohu těla, působení síly, manipulaci s břemeny a zatížení horních končetin při opakujících se úkolech. EAWS je založena na principu hodnocení 2 sledovaných veličin, kterými jsou intenzita činnosti (I) a doba trvání takové činnosti (D). Tyto veličiny jsou vzájemně násobeny a vzniká tzv. rizikový index (R). Metoda je vyvinuta tak, aby byla použitelná v jakémkoliv typu podniku a pro kterýkoliv druh výroby, od malosériové po velkosériovou. Princip spočívá v bodovém hodnocení pracovních poloh, kterým přiřazuje trestné body za ergonomicky nežádoucí a příznivé situace. Na výsledný součet bodů má rostoucí vliv intenzita a trvání pracovního zatížení. [47]

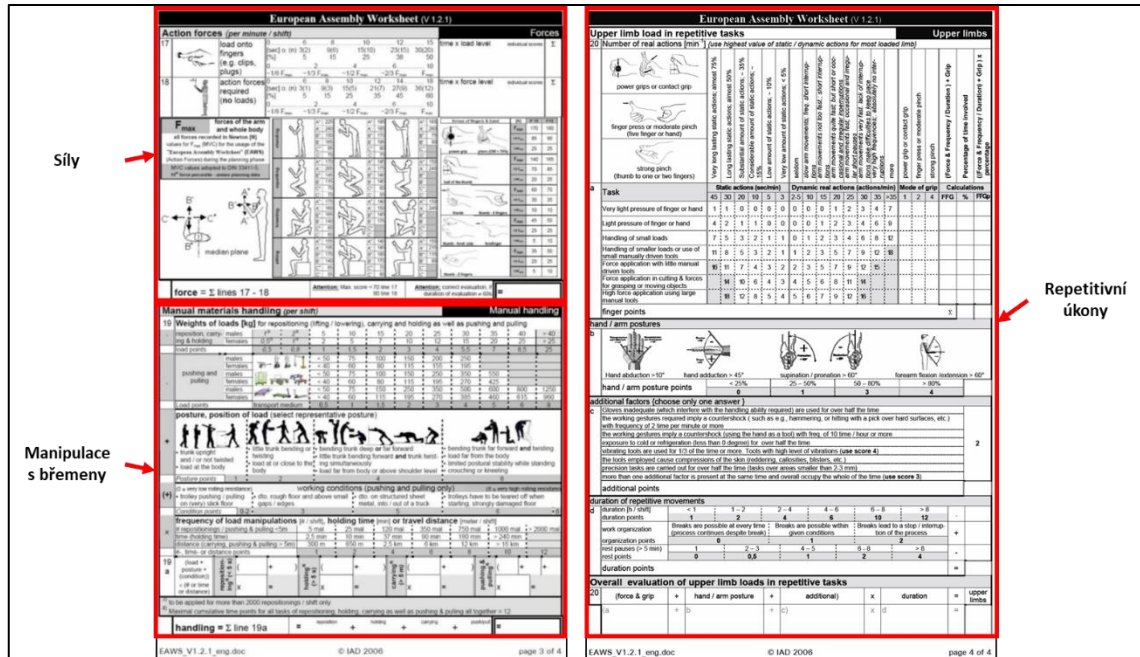
Struktura prvních dvou stran checklistu pro analýzu je uvedena na následujícím Obr. 3.32.

The image shows two pages of the EAWS checklist. The left page (page 1 of 4) includes the header with fields for plant, line, operator, analyst, date, and task duration. It features a table for scoring repetitive tasks with columns for description, calculation, and result. Below this is a 'Result of overall evaluation' section with a grid for 'WHOLE BODY', 'Postures', 'Forces', 'Manual handling', and 'UPPER LIMBS'. It also includes 'Extra points' for various conditions like working on moving objects, accessibility, and special load situations. The right page (page 2 of 4) contains a large table for posture evaluation. The table has columns for 'Basic position as well as postures of trunk / arms', 'duration of evaluation period', and 'Postures'. It lists 16 different postures (e.g., upright standing, bent forward, kneeling) and evaluates them based on 'Symmetry 3D' and 'Symmetry 2D'.

Obr. 3.32: Struktura prvních dvou stran EAWS checklistu [47]

První strana checklistu obsahuje základní informace a verzi checklistu, dále pak možnost přidělení extra bodů a případné poznámky. Druhá strana obsahuje sekci pro nesymetrické 3D polohy a sekci pro symetrické 2D polohy.

Struktura druhých dvou stran checklistu pro analýzu je uvedena na následujícím Obr. 3.33.



Obr. 3.33: Struktura druhých dvou stran EAWS checklistu [47]

Třetí strana checklistu obsahuje sekci pro charakteristiku sil a sekci pro manipulaci s břemeny. Čtvrtá strana checklistu je určena pro repetitivní úkony. Výstupem metody EAWS je bodové hodnocení, které zhodnotí rizikovost a nutnost nápravného opatření, viz následující Obr. 3.34.

<b>0 - 25 bodů</b>	<b>Zelená</b>	Žádné nebo nízké riziko – <b>doporučuje se!</b> (Není třeba žádná akce)
<b>26 - 50 bodů</b>	<b>Žlutá</b>	Možné riziko – <b>nedoporučuje se!</b> (Je třeba zjistit a řešit problém a tím snížit riziko)
<b>&gt;50 bodů</b>	<b>Červená</b>	Vysoké riziko – <b>je nutné se vyvarovat!</b> (Opatření na snížení rizika je nutné)

Obr. 3.34: Bodové hodnoty výsledků EAWS analýzy [47]

Metoda EAWS hodnotí skóre pro každou hlavní sekci bodovým rozsahem podle strojní směrnice „Machinery Directive“ 2006/42/EC a zároveň je bodovému rozsahu přiřazen třibarevný kód, „semafor“, odpovídající požadavkům evropské směrnice EU 98/37/EC.

Metoda EAWS není založená na počítání počtu pohybů, ale vybírá z atlasu poloh a k tomu jsou přiřazeny síly, které jsou empiricky vyzkoumány. EAWS pokrývá hodnocení poloh, sil a manipulaci s břemeny. Přehled struktury hodnocení metodou EAWS je uveden na Obr. 3.35.

	Norms		Analyzing systems		
	area of risk	CEN	ISO	2° level	1° level
<b>Sekce 1</b>	<b>Pracovní polohy</b>	1005-4	11226	OWAS	AAWS EAWS
<b>Sekce 2</b>	<b>Působící síly</b>	1005-3	11228-2	RULA Schultetus	
<b>Sekce 3</b>	<b>Manuální manipulace</b>	1005-2	11228-1	- NIOSH - SNOOK-CIRIELLO	
<b>Sekce 4</b>	<b>Zatížení rukou při opakovaných úkonech</b>	1005-5	11228-3	OCRA STRAIN INDEX HAL-TV	

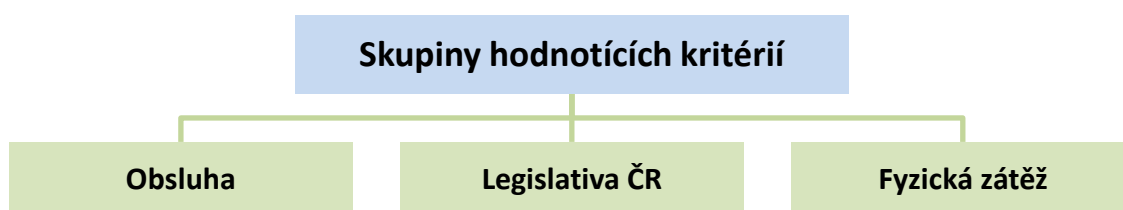
Obr. 3.35: Struktura hodnocení metodou EAWS [48]

Z předchozího obrázku je patrné, že metoda EAWS postihuje širokou škálu hodnotících metod. Jedná se o komplexní metodu, která je velice náročná na zpracování a vyhodnocení.

### 3.3 Porovnání současných metod

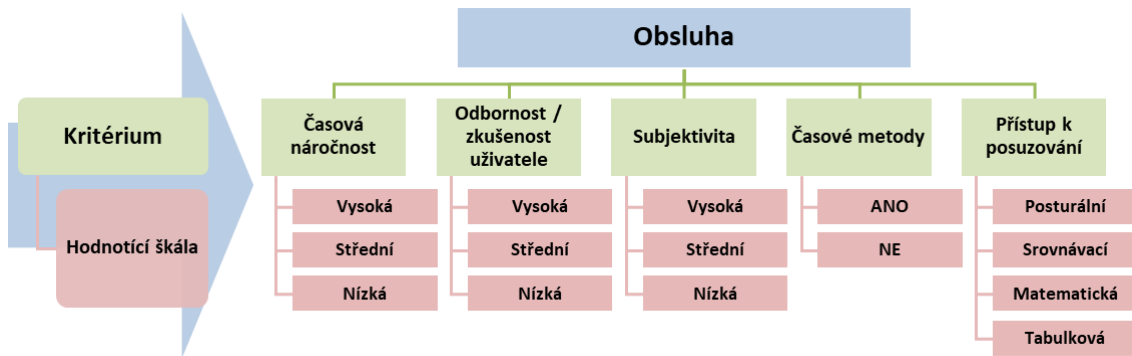
V předchozí kapitole je popsána široká škála metod, jako nástrojů pro hodnocení ergonomických rizik z fyzické zátěže pracovníka. Z titulu četnosti nemocí z povolání je právě hodnocení fyzické zátěže velmi důležité. V této kapitole bude provedeno porovnání výše popsaných metod pro hodnocení fyzické zátěže.

Prvním důležitým krokem je stanovení hodnotících kritérií. Vzhledem k tomu, že porovnání současných metod je částečně subjektivní, je nutné volit kritéria tak, aby celkové hodnocení bylo co nejvíce objektivní. Z tohoto důvodu jsou kritéria rozdělena do tří skupin. První skupinou je skupina hodnotících kritérií s názvem „Obsluha“, druhou skupinou je „Legislativa ČR“ a třetí skupinou je skupina kritérií „Fyzická zátěž“. Rozdělení skupin je uvedeno na následujícím Obr. 3.36.



Obr. 3.36: Skupiny kritérií pro porovnání metod pro hodnocení ergonomie

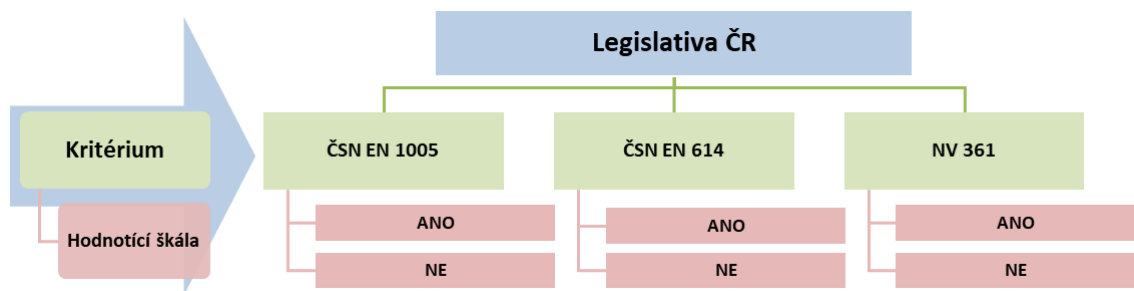
Každá z metod hodnocení fyzické zátěže vyžaduje určitý stupeň kvalifikace a zkušenosti obsluhy. Proto první skupinou kritérií je právě obsluha. Jednotlivá kritéria a jejich hodnotící škála jsou uvedena na následujícím Obr. 3.37.



Obr. 3.37: Skupina kritérií "Obsluha"

V této kategorii je prvním kritériem posouzení časová náročnost provedení analýzy, kde hodnotící škálou toho kritéria je hodnocení Vysoká – Střední – Nízká. Druhým kritériem je náročnost na odbornost a zkušenosti uživatele, kde hodnotící škálou toho kritéria je hodnocení Vysoká – Střední – Nízká. Třetím kritériem je velikost možné míry subjektivity hodnocení, která je dána především uživatelem. U tohoto kritéria je hodnotící škála Vysoká – Střední – Nízká. Čtvrtým kritériem je kritérium, které hodnotí, zda má daná metoda pro hodnocení fyzické zátěže návaznost na časové metody. Zde je hodnotící škála pouze Ano-Ne. Posledním kritériem ze skupiny obsluha je kritérium přístup k posuzování. Zde je hodnotící škála rozdělena na Posturální – Srovnávací – Matematická – Tabulková.

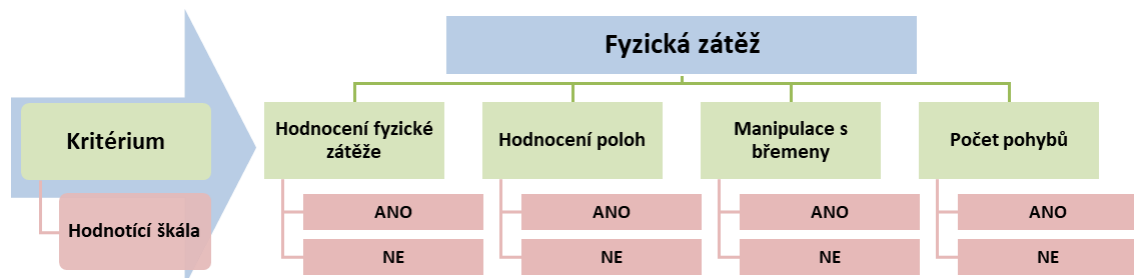
Druhou skupinou kritérií je legislativa ČR, která je detailně popsána v kapitole 2.5 této práce. Legislativa ČR je zcela zásadní pro posuzování rizik spojených s fyzickou zátěží. Díky těmto stanoveným kritériím je možné provést porovnání jednotlivých metod se současnou českou legislativou a platnými normami. Jednotlivá kritéria a jejich hodnotící škála jsou uvedena na následujícím Obr. 3.38.



Obr. 3.38: Skupina kritérií "Legislativa ČR"

V této kategorii je prvním kritériem posouzení, zda daná metoda vychází normy ČSN 1005, zejména pak z části 2, 4 a 5. Zde je hodnotící škála pouze Ano-Ne. Druhým kritériem je posouzení, zda daná metoda vychází normy ČSN 614-1. Zde je hodnotící škála pouze Ano-Ne. Posledním kritériem je posouzení, zda daná metoda vychází z Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., i zde je škála hodnocení pouze jednoduše Ano – Ne.

Poslední skupinou kritérií je hodnocení fyzické zátěže. Tato skupina kritérií je zaměřena na vlastní metodu hodnocení fyzické zátěže a zohlednění jednotlivých parametrů fyzické zátěže v rámci dané metody. Jednotlivá kritéria ze skupiny fyzická zátěž a jejich hodnotící škála jsou uvedena na následujícím Obr. 3.39.



Obr. 3.39: Skupina kritérií "Fyzická zátěž"

Prvním kritériem je hodnocení fyzické zátěže pomocí sil, tedy zda daná metoda hodnotí fyzickou zátěž prostřednictvím sil. Zde je hodnotící škála pouze Ano-Ne. Druhým kritériem této kategorie je hodnocení přijatelných, nepřijatelných a podmíněčně přijatelných poloh operátora. Zde je hodnotící škála pouze Ano-Ne. Třetím kritériem je hodnocení, zda daná metoda zohledňuje manipulaci s břemeny. Zde je hodnotící škála pouze Ano-Ne. A posledním kritériem v této skupině je, zda metoda zohledňuje počítání pohybů. Škála hodnocení je u tohoto kritéria opět Ano – Ne.

Všechna kritéria jsou stanovena tak, aby bylo při porovnání zřejmé, jak je efektivní práce s danou metodou hodnocení fyzické zátěže, zda daná metoda koresponduje s platnou legislativou České republiky a jaké parametry fyzické zátěže hodnotí. Kritéria jsou zároveň stanovena tak, aby bylo možné při porovnání jednotlivých metod určit nedostatky pro stanovení okrajových podmínek nové metody pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Vlastní porovnání jednotlivých metod je uvedeno v následující Tab. 3.1.

Tab. 3.1: Porovnání metod pro hodnocení fyzické zátěže

Hodnotící kritérium		Metoda							
		RULA	REBA	OWAS	OCRA index	NIOSH RWL a LI	Snook a Ciriello	EAWS	KIM
Obsluha	Časová náročnost	Nízká	Střední	Střední	Vysoká	Nízká	Střední	Vysoká	Střední
	Odbornost/zkušenost uživatele	Nízká	Nízká	Střední	Střední	Nízká	Střední	Vysoká	Střední
	Subjektivita	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Nízká	Nízká	Vysoká	Vysoká
	Časové metody	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	NE
	Přístup k posuzování	Posturální	Posturální	Srovnávací	Srovnávací	Matematická	Tabulková	Srovnávací	Srovnávací
Legislativa ČR	ČSN EN 1005	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO
	ČSN EN 614	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO
	NV 361	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Fyzická zátěž	Hodnocení fyzické zátěže	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
	Hodnocení poloh	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO
	Manipulace s břemeny	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
	Počet pohybů	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	ANO

Z porovnání vybraných nejvýznamnějších metod pro hodnocení fyzické zátěže je zřejmé, že mezi jednotlivými metodami jsou značné rozdíly. Z první skupiny hodnotících kritérií je patrné, že na jednotlivé metody jsou kladeny různé nároky na kvalifikaci její obsluhy a také na rychlost, subjektivitu a přístup pro zpracování a vyhodnocení analýzy. Pro tuto skupinu kritérií je tady nutné stanovit okrajové podmínky pro stanovení modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Propojenost na časové metody určuje míru náročnosti pro zpracování analýzy, kdy tyto metody jsou využívány primárně v automobilovém průmyslu. Nová metoda musí být jednoduchá s požadavkem nižší kvalifikace obsluhy, ovšem s rychle dosaženým výsledkem. Jistá míra subjektivitu je přípustná. Propojenost na časové metody nebude součástí nového modelu, jelikož by došlo k omezení jeho použitelnosti napříč průmyslem (časové metody jsou využívány primárně v automobilovém průmyslu a jsou náročné na čas a kvalifikaci obsluhy).

Druhá skupina hodnotících kritérií porovnává jednotlivé metody z titulu propojenosti s platnou českou legislativou. Zde byly vybrány pouze normy ČSN EN 1005 a ČSN EN 614 jako základ pro českou legislativu a Nařízení vlády 361/2007 Sbírky, viz kapitola 2.8. Zde je patrné, že žádná z metod plně nevychází z NV 361 a pouze několik metod odpovídá ve svém hodnocení platným normám ČSN EN 1005 a ČSN EN 614. Nová metoda musí při provádění analýzy a jejím hodnocení plně vycházet z platné legislativy ČR (NV 361) a z platných norem (ČSN EN 1005 a ČSN EN 614).

Poslední skupinou hodnotících kritérií jsou kritéria pro hodnocení fyzické zátěže. Z provedeného porovnání je patrné, že každá ze zvolených metod je určena pro hodnocení jiného typu zátěže. Všechny metody jsou schopné hodnotit fyzickou zátěž, ale už ne všechny hodnotí polohy, počty pohybů a manipulaci s břemeny. Aby byla nová metoda určena pro komplexní hodnocení fyzické zátěže, pak musí být schopná provádět analýzy a hodnocení nejen fyzické zátěže, ale i hodnocení poloh, manipulaci s břemeny, počty pohybů, ale i další parametry jako na příklad hluk, vibrace, nebo i ergonomický design.

Žádná z hodnocených metod nedává konkrétní návrhy na řešení nevyhovujícího stavu fyzické zátěže nebo pracoviště a nenabízí komplexní hodnocení ergonmičnosti pracoviště, které by bylo rychle realizovatelné s nižšími požadavky na obsluhu.



### 3.4 Závěr kapitoly

Třetí kapitola disertační práce se věnuje současnému stavu poznání v oblasti hodnocení ergonomičnosti pracovišť. V rámci kapitoly byly popsány obecné přístupy, které slouží k celkovému hodnocení a následné optimalizaci pracovišť. Dále pak byly popsány metody, které se zaměřují na hodnocení konkrétních ergonomických rizik jako je například manipulace s břemeny, polohy nebo opakující se pohyby. Právě metody jsou často používány v analytických etapách, které definují jednotlivé přístupy k návrhu a hodnocení pracovišť. Dále je v této kapitole provedeno porovnání vybraných nejvýznamnějších metod pro hodnocení fyzické zátěže. Na základě hodnocení jsou pak stanoveny kritéria pro zpracování vlastního modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Z provedené literární rešerše vyplývá, že existující přístupy nejsou schopny poskytnout komplexní zhodnocení ergonomičnosti pracoviště a existující metody nejsou schopny poskytnout celistvý ergonomický pohled na ergonomičnost daného pracoviště, což je zapříčiněno tím, že jednotlivé metody mohou dávat různé výsledky, které se mohou překrývat, ale mohou si i odporovat. Další zásadním problémem dostupných metod je rozdíl mezi generovanými výstupy a legislativou České republiky. Všechny porovnávané metody jsou schopny hodnotit fyzickou zátěž, ale ne všechny hodnotí pracovní polohy, počty pohybů a manipulaci s břemeny. Aby byla nová metoda určena pro komplexní hodnocení fyzické zátěže, pak musí být schopná provádět analýzy a hodnocení nejen fyzické zátěže, ale i hodnocení pracovních poloh, manipulaci s břemeny, počty pohybů, ale i další parametry jako například hluk, vibrace, nebo i ergonomický design. Je nutné podotknout, že právě fyzická zátěž je klíčový parametr pro identifikaci možných problémů v podobě nejčastěji uznaných nemocí z povolání.

Žádná z hodnocených metod nedává konkrétní návrhy na řešení nevyhovujícího stavu fyzické zátěže nebo pracoviště a nenabízí komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, které by bylo rychle realizovatelné s nižšími požadavky na obsluhu. Mým hlavním cílem je vytvořit model pro všechny typy pracovišť v průmyslu, a ne pouze pro průmysl automobilový, jak je tomu u mnoho stávajících metod.

## 4. Cíle

Hlavním cílem disertační práce je na základě teoretického základu znalosti legislativního rámce navrhnout model a metodiku pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště aplikovatelnou v průmyslové praxi. Dílčím cílem je tuto metodu co nejvíce zjednodušit pro univerzální a rychlou aplikaci v průmyslu.

K dosažení tohoto cíle jsem samotné řešení disertační práce rozdělil do následujících dílčích cílů:

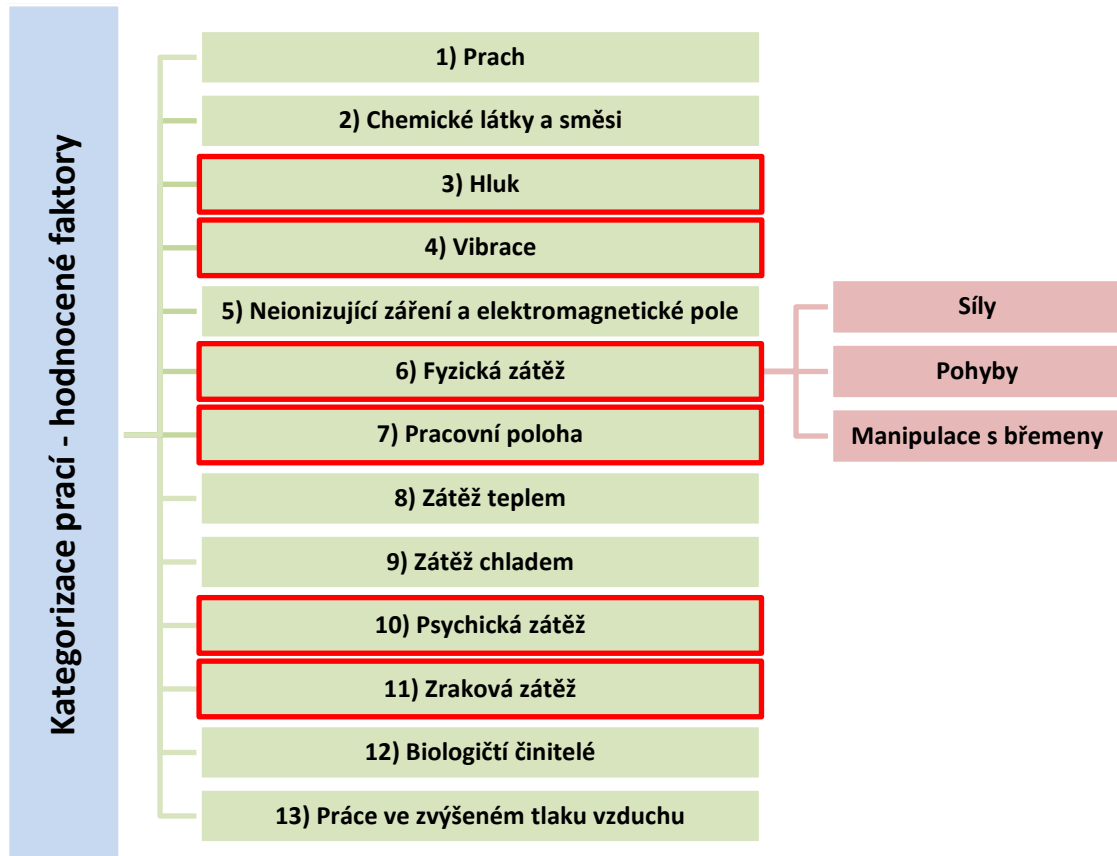
1. Stanovení hodnotících faktorů a charakteristiky jejich limitů s ohledem na legislativní rámec
2. Návrh zjednodušeného modelu pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště
3. Vlastní návrh modelu a metodiky pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště
4. Ověření vyvinutého modelu a metodiky pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště

## 5. Návrh modelu a metodiky hodnocení ergonomičnosti pracoviště

Jak již bylo popsáno výše, ergonomie je široko záběrová disciplína, která klade vysoký důraz na kvalitu interakce mezi člověkem a okolními podmínkami při realizaci výrobního či montážního procesu. Myoskeletální ergonomie se zabývá prevencí profesionálně podmíněných onemocnění pohybového aparátu, především onemocněním páteře a horních končetin z přetížení, kdy právě tato onemocnění jsou charakteristická postupným začátkem a jejich riziko se zvětšuje například nadměrným vynakládáním sil, nepřírozenou pracovní polohou a třeba také opakovatelností pohybů. Ergonomie práce, pracovní podmínky a bezpečnost a ochrana zdraví při práci jsou definovány a řízeny platnou legislativou. Disertační práce bude v následujícím textu, který se týká návrhu modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, zohledňovat legislativu České republiky.

Jako důležitý faktor, který hraje klíčovou roli pro zpracování nového modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, jsou nemoci z povolání. Dle struktury hlášených případů nemocí z povolání je patrné, že podniky nad 500 zaměstnanců mají nejvyšší absolutní počtem výskytů nemocí z povolání. V souvislosti s velikostí podniků, bude použitelnost modelu pro hodnocení ergonomie pracoviště univerzální.

Posledním důležitým vstupem pro zpracování nového modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště bude hodnocení faktorů pracovních podmínek, které odpovídá vyhlášce č.432/2003 Sb. Zde je uvedeno celkem 13 faktorů pracovních podmínek s limitními hodnotami pro kategorizaci prací. V kontextu předmětu disertační práce jsou vybrány klíčové faktory, které mají nejvyšší přímý vliv na nemoci z povolání. Vybrané faktory jsou uvedeny na následujícím Obr. 5.1.



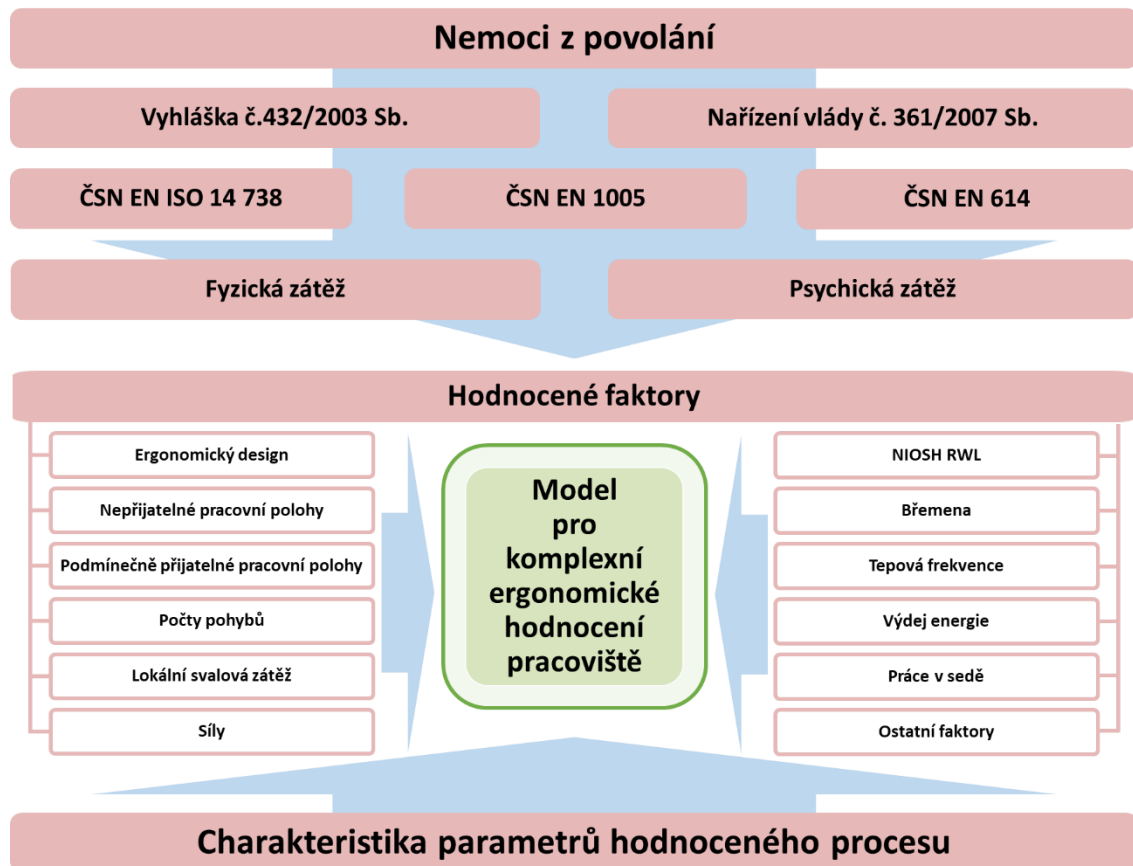
Obr. 5.1: Výběr faktorů pracovních podmínek pro návrh metodiky a modelu hodnocení ergonomičnosti pracoviště

Konkrétní faktory pracovních podmínek, které bude zohledňovat nový model jsou faktor hluku, který se hodnotí na základě měření hladin akustického hluku stanoveného s kmitočtovým vážením A, nebo při impulsním hluku se určují hladiny akustického hluku kmitočtovým vážením C. Druhým faktorem je faktor vibrace, jehož hodnocení vychází z vyhlášky č. 432/2003 Sb. a z Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Dále pak mezi hodnocené faktory patří faktor fyzická zátěž, který zohledňuje fyzické parametry při práci. Zde bude klíčové hodnocení velikosti sil, počtu pohybů a manipulace s břemeny. Faktor pracovní poloha bude v modelu sloužit pro stanovení limitů pro podmíněně přijatelné a nepřijatelné polohy. Dalším faktorem bude psychická zátěž, která určuje zátěž na výkon psychicky náročné činnosti po dobu delší než 4 hodiny ze směny. Posledním faktorem, který bude vstupovat do nového modelu je faktor zraková zátěž, který určuje zátěž pracovníka, který nadměrně zatěžuje zrak po dobu delší než 4 hodiny během pracovní směny.

Všechny výše zmíněné faktory a parametry jsou použity jako okrajové podmínky pro zpracování zjednodušeného modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště.

## 5.1 Zjednodušený model

Hlavním úkolem stanovení zjednodušeného modelu pro komplexní hodnocení ergonmičnosti pracoviště je stanovení okrajových podmínek pro realizaci vlastního modelu pro hodnocení ergonmičnosti pracoviště. Zjednodušený model pro komplexní hodnocení ergonmičnosti pracoviště je uveden na následujícím Obr. 5.2.



Obr. 5.2: Zjednodušený model pro komplexní ergonomické hodnocení pracoviště

Hlavním rámcem a zároveň první okrajovou podmínkou modelu jsou nemoci z povolání. V této souvislosti bude model hrát důležitou roli v prevenci vzniku a v odhalování možných příčin nemocí z povolání z titulu nevhodných podmínek pracovního procesu. Z pohledu diagnostikovaných nemocí z povolání jsou nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory nejvýznamnější a nejčtetnější, proto hlavní zaměření modelu bude právě na fyzikální faktory.

Druhou okrajovou podmínkou modelu je stanovení souladu s platnou legislativou České republiky. Zde je nutné zahrnout vyhlášku č. 432/2003 Sb., která se zabývá kategorizací prací a vyjadřuje souhrnné hodnocení úrovně zátěže zaměstnanců faktory rozhodujícími ze zdravotního

hlediska o kvalitě pracovních podmínek. Ovšem z pohledu zpracování této disertační práce je nejdůležitějším legislativním předpisem nařízení vlády č. 361/2007 Sb., které je svým obsahem provázané s výše zmiňovanou vyhláškou č. 432/2003 Sb. Nařízení vlády stanovuje minimální opatření k ochraně zdraví při práci. Zabývá se rizikovými faktory, jejich členěním a hodnocením. Přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy, rozměry pracovní roviny, pracovního místa a jeho požadavky. Vymezuje celkové a lokální svalové zátěže, biologické činitele, psychickou zátěž. Mapuje bližší hygienické požadavky na osvětlení pracoviště, rozměry pracovní roviny, pracovního místa a požadavky na ovladače, sanitární zařízení, práce s chemikáliemi, prach a jejich hygienické limity a postup při jejich stanovení. Hodnocení pracovních poloh trupu, krku, hlavy, horních a dolních končetin v pracovních a neutrálních polohách. Dosahy horních končetin v různých rovinách. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. stanovuje podmínky ochrany zdraví pro fyzickou zátěž při práci. V souvislosti se zpracováním modelu je nařízení vlády využito jako zdroj limitů pro hodnocení jednotlivých kategorií zátěže.

Nařízení vlády vychází svým zněním z technických norem, která jsou chápána jako nezávazné kvalifikované doporučení. Pro řešení disertační práce je důležitá norma, které zohledňuje antropometrii jakožto systém měření a pozorování lidského těla a jeho částí. V tomto případě se jedná o normu ČSN EN ISO 14 738 Bezpečnost strojních zařízení, která je zásadní pro stanovení antropometrických požadavků na uspořádání pracovního místa u strojního zařízení. Druhou významnou normou pro disertační práci, je norma, která stanovuje parametry fyzické zátěže. Zde se jedná o normu normy řady ČSN EN 1005 Bezpečnost strojních zařízení, která zohledňuje fyzickou výkonnost člověka. Poslední normou je norma zohledňující požadavky na výrobky, a to norma ČSN EN 614. Konkrétně se jedná o normu, která má dvě části. První částí je norma ČSN EN 614-1+A1 Bezpečnost strojních zařízení, která stanovuje ergonomické zásady navrhování, a to zejména základní terminologii a všeobecné zásady. Druhou částí je norma ČSN EN 614-2+A1 Bezpečnost strojních zařízení, která se také věnuje ergonomickým zásadám navrhování, ale klade důraz na interakci mezi konstrukcí strojního zařízení a pracovními úkoly.

Třetí okrajovou podmínku pro zpracování modelu je vymezení typu zátěže, kterou bude hodnotit. Z titulu nemocí z povolání je nejvýznamnější fyzická zátěž. Nicméně i hodnocení psychické zátěže je velice důležité, zejména pro pracovní pohodu a předcházení pracovních úrazů. Proto bude model schopen částečně hodnotit i psychickou zátěž. [K1]

Všechny výše zmíněné okrajové podmínky vedou ke stanovení hodnocených faktorů ergonomičnosti pracoviště.

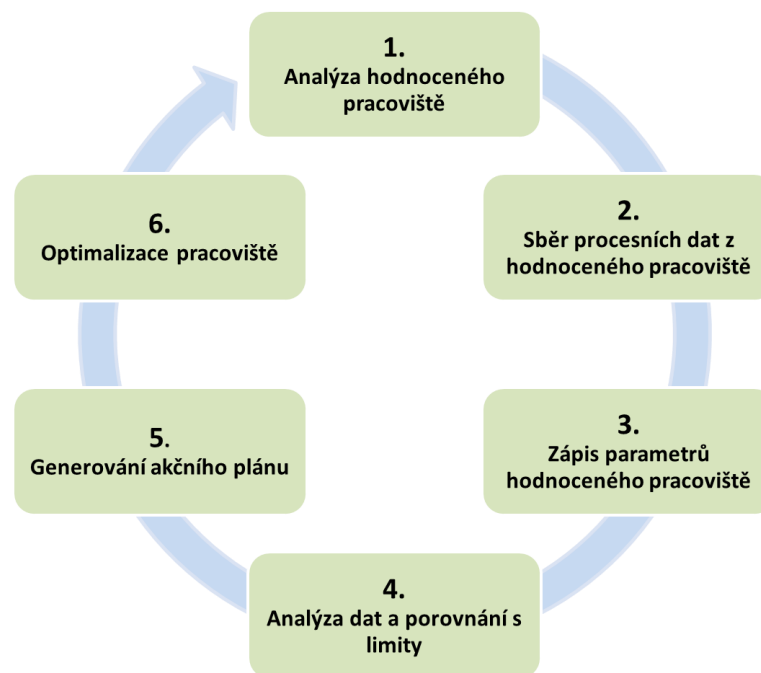
---

Mezi hodnocené faktory patří ergonomický design, hodnocení nepříjemné pracovní polohy, hodnocení podmínečně přijatelné pracovní polohy, hodnocení počtu pohybů, hodnocení lokální svalové zátěže, hodnocení sil, využití metody NIOSH RWL, hodnocení manipulace s břemeny, hodnocení tepové frekvence, výdeje energie, dále pak hodnocení práce v sedě a dalších ostatních faktorů, kam spadá například psychická zátěž a zraková zátěž. Jednotlivé faktory budou dále popsány v následující kapitole. Proto aby byl model funkční bude zpracován v softwaru Microsoft excel, tak aby byla jeho obsluha co nejvíce uživatelsky přívětivá.

Posledním vstupem do modelu budou poté konkrétní charakteristiky parametrů hodnoceného procesu. Vlastní model bude součástí metodického postupu, pro zpracování komplexního hodnocení ergonmičnosti pracoviště.

## 5.2 Model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště

V této kapitole jsou uvedeny výsledky práce spojené s realizací modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Je zde popsána realizace modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Na následujícím Obr. 5.3 je uvedeno základní schéma metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště.



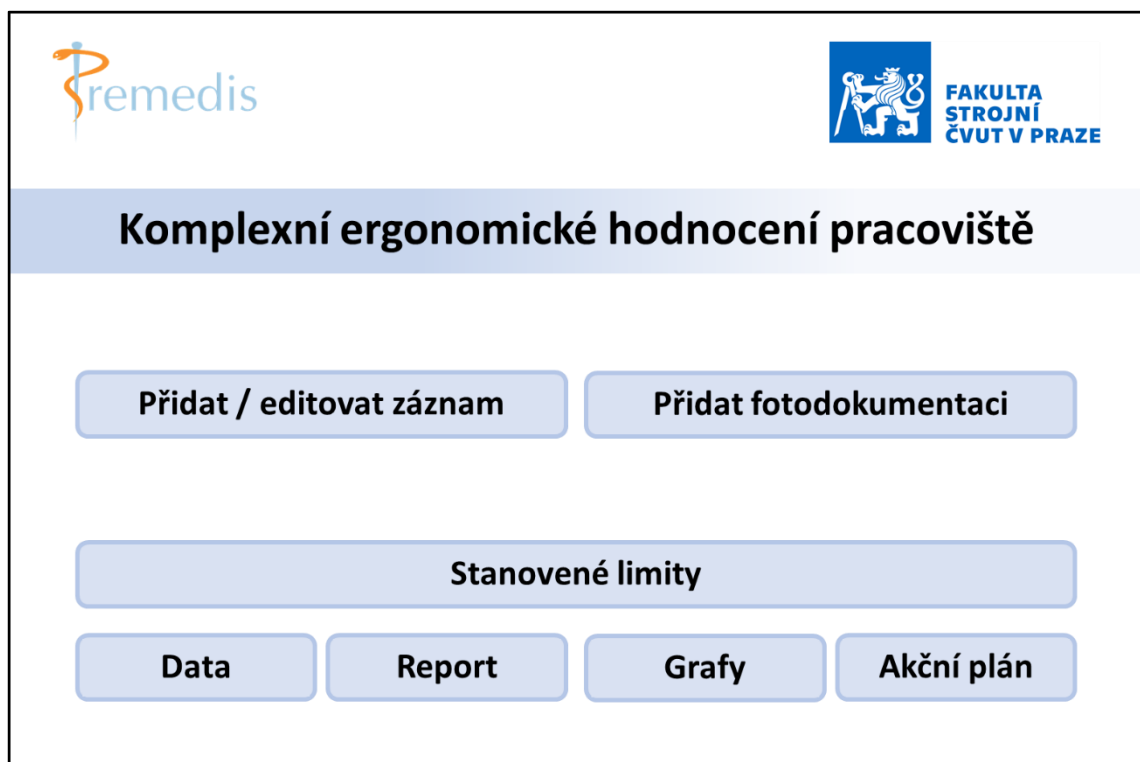
Obr. 5.3: Metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště

Schéma zobrazuje metodický návod, jak postupovat při hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Prvním krokem je provedení fyzické analýzy hodnoceného pracoviště. V tomto kroku je nutné provést analýzu pracoviště, jeho vybavení a následně také celého procesu. Zde doporučuji pořídit fotografie pracoviště a jeho vybavení, a dále také video záznam celého procesu, tak aby bylo možné zpětně ověřit všechna data. Druhým krokem je sběr dat z hodnoceného pracoviště. V tomto kroku se jedná primárně o data o pracovišti a jeho vybavení, jako jsou například rozměry pracoviště, vzdálenosti dosahu operátora, intenzita osvětlení, intenzita hluku a teplota. Součástí tohoto kroku je také sběr dat k samotnému procesu, tedy dat, která se týkají interakce člověka s pracovištěm a předmětem práce. Zde je nutné zaznamenat veškerá procesní data, která týkají nepřijatelných poloh, podmínečně přijatelných poloh, počtu pohybů, lokální svalové zátěže, data o využitých silách operátora, manipulace s břemeny, tepová frekvence a výdej energie. Třetím



krokem je zápis dat do formuláře modelu. Čtvrtým krokem je provedení vlastní analýzy zapsaných dat a porovnání dat s legislativními a normativními limity. Na základě takto provedené analýzy je možné vygenerovat akční plán, jako soubor kroků pro optimalizaci stávajícího stavu pracoviště. Posledním krokem je pak vlastní optimalizace pracoviště na základě námětů z akčního plánu. V okamžiku, kdy je provedena optimalizace pracoviště a operátor je zapracovaný do optimalizovaného procesu je možné celý koloběh zopakovat v rámci systému kontinuálního zlepšování.

Pro vlastní realizaci metodiky a modelu jsem vybral software Microsoft Excel. Tento program je pro uživatele snadno dostupný, lehce obsluhovatelný a umožňuje rychlý zásah pro případnou úpravu či rozšíření databází. Tento model je vytvořen spolu s panem MUDr. Lukášem Šoltysem ze společnosti Premedis, s.r.o., který je spoluautorem odborné části. První obrazovka, se kterou se potenciální uživatel metodiky a modelu setká je úvodní strana. Ta je zobrazena na následujícím Obr. 5.4.



Obr. 5.4: Úvodní strana metodiky a modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště

Model a metodika jsou pojmenovány jako „Komplexní ergonomické hodnocení pracoviště“. Na úvodní straně jsou zobrazeny základní tlačítka pro navigaci v modelu. Prvním funkčním tlačítkem, je tlačítko „Přidat/ editovat záznam“ to slouží k vyplnění charakteristických parametrů

hodnoceného procesu. Jednotlivé charakteristiky procesu budou popsány v následujícím textu. Dalším tlačítkem je tlačítko „Přidat fotodokumentaci“, které slouží k přiložení potřebných fotografií hodnoceného procesu. Dále je zde tlačítko „Stanovené limity“. Toto tlačítko otevře databázi nastavených limitů pouze k prohlížení. Limity primárně vychází z české legislativy a platných norem. Ve spodní části úvodní strany se nachází sada tlačítek pro zobrazení vyplněných dat, reportu, grafů a akčního plánu pro řešení následné optimalizace na základě provedeného hodnocení ergonmičnosti pracoviště. V následujícím textu budou popsány jednotlivé formuláře, které slouží k zápisu parametrů hodnoceného pracoviště.

Úvodním formulář „0. Obecné údaje“ slouží pro vyplnění obecných údajů. Ukázka formuláře je uvedena v následující Tab. 5.1.

Tab. 5.1: Formulář pro obecné údaje o hodnoceném pracovišti a parametry procesu

0. Obecné údaje					
Firma					
Pracovní pozice					
Výrobní linka					
Datum hodnocení					
Hodnotitel					
Parametry procesu	Počet směn		(1 / 2 / 3)		
	Pohlaví		(muž / žena)		
		A	B	C	
	Doba v zátěži				[min]
	Počet cyklů za směnu				[ks]
	Délka cyklu				[sec]

V tomto kroku se vyplňují základní údaje sloužící k identifikaci pracoviště jako je název firmy, pracovní pozice, výrobní linka, datum hodnocení a jméno hodnotitele. Součástí tohoto formuláře jsou také základní parametry hodnoceného procesu. Zde je nutné vyplnit údaje o počtu směn a pohlaví operátora. Je zde také nutné vyplnit informace jako je doba v zátěži v minutách, počet cyklů za směnu a délka cyklu ve vteřinách. Tyto údaje je nutné vyplnit z celkem tří pozorování označených jako A, B, C, tak aby bylo dosaženo dostatečné objektivity hodnocení.

První hlavní částí modelu je formulář „1. Ergonomický design“, který slouží k vyplnění a hodnocení parametrů ergonomického designu daného pracoviště. Ukázka formuláře je uvedena

v následující Tab. 5.2. Formulář je rozdělen na tři části: na dosahy časté, občasné a na rozměry pracoviště. V tabulce jsou vypsány jednotlivé hodnocené parametry, hodnota vyplňovaných parametrů a limity těchto parametrů. Dosahy časté jsou dosahy vykonávané častěji než 30 min za osmihodinovou pracovní směnu. Dosahy občasné potom do 30 min celkem za osmihodinovou pracovní směnu. V obou případech se jedná o vertikální dosah, dosah dopředu a dosah do strany. Příslušné limity jsou potom v pravé části tabulky. Mezi rozměry pracoviště patří výška pracovní roviny, šířka pracovní roviny, hloubka pro nohy, šířka pro nohy, výška pro nohy, hloubka pro kolena, světlá výška a podlahová plocha. Jedná se o limity pro práci na stání. Práce vsedě bude zohledněna dále.

Tab. 5.2: Formulář pro hodnocení ergonomického designu

1. Ergonomický design					
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry		Limity	
Dosahy časté		Od [cm]	Do [cm]	Od [cm]	Do [cm]
	Vertikální dosah			70	130
	Dosah dopředu			5	40
	Dosah dostrany			5	51
Dosahy občasné		Od [cm]	Do [cm]	Od [cm]	Do [cm]
	Vertikální dosah			70	150
	Dosah dopředu			5	50
	Dosah dostrany			5	78
Rozměry pracoviště		Od [cm]	Do [cm]	Od [cm]	Do [cm]
	Výška roviny			75	120
	Šířka roviny			70	
	Hloubka pro nohy			15	
	Šířka pro nohy			60	
	Výška pro nohy			15	
	Hloubka pro kolena			8	
	Světlá výška			210	
Podlahová plocha		m <sup>2</sup>	2	m <sup>2</sup>	

Druhá část modelu se zabývá nepříjemnými pracovními polohami. Formulář pro hodnocení nepříjemných pracovních poloh je uveden v následující Tab. 5.3. Formulář je rozdělen do pěti částí podle posuzovaných částí těla na záda, krk, ramena, loket a zápěstí. V levé části tabulky jsou vypsané jednotlivé hodnocené parametry. V prostřední části je vyplněna doba strávená v dané poloze podle parametrů v sekundách v rámci jednoho cyklu. Pro objektivní zhodnocení jsou zde vyplněny hodnoty za tři cykly. Dále je zde suma časů v minutách, která vychází z průměru doby v sekundách násobenou počtem cyklů za směnu a převedena na minuty. V poslední pravé části tabulky jsou pak jednotlivé limity dob strávených v nepříjemných polohách. Pro osmihodinovou směnu je to 30 min, pro dvanáctihodinovou směnu je to pak 36 min. Dále je zde uveden limit, který nevychází z legislativy a je stanoven na úrovni dvou třetin daného limitu jako indikace přiblížení se k limitu stanoveného legislativou.

V rámci hodnocení doby strávené v nepříjemných pracovních polohách se jedná pro záda i krk o polohy předklon, záklon a rotaci. Pro hodnocení ramen, loktů a zápěstí jsou polohy rozděleny na pravou a levou ruku, kdy u ramen se hodnotí předpažení a upažení, u loktů rotace a u zápěstí flexe a extenze. U zad se poté konkrétně hodnotí doba strávená v předklonu nad 60°, záklonu nad 15° a rotace nad 20°. U krku se hodnotí doba strávená v předklonu nad 25°, záklonu nad 15° a rotace nad 15°. U ramen se poté hodnotí u obou rukou předpažení nad 60° a upažení nad 60°. U lokte se hodnotí rotace pravého a levého loktu nad 60°. Nakonec u zápěstí se hodnotí flexe a extenze nad 60° u obou zápěstí. Jednotlivé úhly vycházejí zejména z platné české legislativy, zejména NV 361/2007 Sb.

Tab. 5.3: Formulář pro hodnocení nepříjemných pracovních poloh

2. Nepříjemné pracovní polohy							
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry				Limity	
Záda		Cyklus A [sec/cyklus]	Cyklus B [sec/cyklus]	Cyklus C [sec/cyklus]	Celkem [min/směna]	8 hodin [min/směna]	12 hodin [min/směna]
		Předklon > 60°					30 (20)*
	Záklon > 15°					30 (20)*	36 (24)*
	Rotace > 20°					30 (20)*	36 (24)*
Krk							
		Předklon > 25°				30 (20)*	36 (24)*
		Záklon > 15°				30 (20)*	36 (24)*
	Rotace > 15°					30 (20)*	36 (24)*
Ramena	Pravá ruka						
		Předpažení > 60°				30 (20)*	36 (24)*
		Upažení > 60°				30 (20)*	36 (24)*
	Levá ruka						
		Předpažení > 60°				30 (20)*	36 (24)*
	Upažení > 60°				30 (20)*	36 (24)*	
Loket		Rotace levá ruka > 60°				30 (20)*	36 (24)*
		Rotace pravá ruka > 60°				30 (20)*	36 (24)*
Zápěstí	Pravá ruka						
		Flexe > 60°				30 (20)*	36 (24)*
		Extenze > 60°				30 (20)*	36 (24)*
	Levá ruka						
		Flexe > 60°				30 (20)*	36 (24)*
	Extenze > 60°				30 (20)*	36 (24)*	

\* Varování - oranžová barva

Třetí částí modelu je hodnocení podmíněně přijatelných pracovních poloh. Formulář je uveden v následující Tab. 5.4. Struktura je obdobná předchozímu hodnocení. V levé části jsou posuzované polohy, které jsou opět rozděleny na záda, krk, ramena, lokty a zápěstí. V prostřední části se vyplňují sekundy strávené v jednotlivých polohách v rámci cyklu a suma této doby v minutách za směnu. Limity jsou poté 160 min pro osmihodinovou pracovní směnu a 192 min pro dvanáctihodinovou pracovní směnu. Limity v závorce jsou stanoveny opět zhruba na dvou třetinách legislativních limitů. Pro hodnocení polohy zad se jedná o předklon nad 60°, záklon nad 15°, úklon nad 20° a rotaci nad 20°. Pro krk se jedná o polohy předklon nad 60°, úklon nad 15° a otočení nad 15°. U obou ramen se posuzuje doba strávená v polohách předpažení nad 40°, zapažení a upažení nad 40°. U obou loktů se posuzují polohy ohnutí pod 60°, ohnutí nad 100° a rotace. Obě zápěstí se poté hodnotí z pohledu flexe nad 45°, extenze 45°, ulnární dukce nad 15° a radiální dukce nad 20°.

Tab. 5.4: Formulář pro hodnocení podmíněčně přijatelných pracovních poloh

3. Podmíněně přijatelné pracovní polohy								
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry				Limity		
Záda		Cyklus A	Cyklus B	Cyklus C	Celkem	8 hodin	12 hodin	
		[sec/cyklus]	[sec/cyklus]	[sec/cyklus]	[min/směna]	[min/směna]	[min/směna]	
Záda	Předklon > 60°					160 (100)*	192 (120)*	
	Záklon > 15°					160 (100)*	192 (120)*	
	Úklon > 20°					160 (100)*	192 (120)*	
	Rotace > 20°					160 (100)*	192 (120)*	
Krk	Předklon > 60°					160 (100)*	192 (120)*	
	Úklon > 15°					160 (100)*	192 (120)*	
	Otočení > 15°					160 (100)*	192 (120)*	
Ramena	Pravá ruka							
	Předpažení > 40°					160 (100)*	192 (120)*	
	Zapažení					160 (100)*	192 (120)*	
	Upažení > 40°					160 (100)*	192 (120)*	
	Levá ruka							
	Předpažení > 40°					160 (100)*	192 (120)*	
Loket	Pravá ruka							
	Ohnutí < 60°					160 (100)*	192 (120)*	
	Ohnutí > 100°					160 (100)*	192 (120)*	
	Rotace					160 (100)*	192 (120)*	
	Levá ruka							
	Ohnutí < 60°					160 (100)*	192 (120)*	
Zápěstí	Pravá ruka							
	Flexe > 45°					160 (100)*	192 (120)*	
	Extenze > 45°					160 (100)*	192 (120)*	
	Ulnární dukce > 15°					160 (100)*	192 (120)*	
	Radiální dukce > 20°					160 (100)*	192 (120)*	
	Levá ruka							
	Flexe > 45°					160 (100)*	192 (120)*	
	Extenze > 45°					160 (100)*	192 (120)*	

\* Varování - oranžová barva

Další částí hodnocení je hodnocení počtu pohybů. Formulář je uveden v následující Tab. 5.5. Formulář je rozdělen na pravou a levou ruku, kdy vyplňované počty jsou pro objektivní posouzení za tři cykly a poté celkový počet. V pravé části jsou uvedeny limity vycházející z české legislativy. Pro zjednodušení modelu zde byly limity pro hodnocení fyzické zátěže z pohledu počtu pohybů rozděleny na práci lehkou, středně těžkou a těžkou, kdy lehká odpovídá síle 10 % Fmax, středně těžká pro zjednodušení zhruba 15 % Fmax a těžká 20 % Fmax. Limity pro tyto práce jsou potom tedy 20 tisíc pohybů za směnu pro lehkou práci, pro zjednodušení 15 tisíc pohybů pro středně těžkou práci a 10 tisíc pohybů pro těžkou práci. Limity pro práci v 12 hodinové směně jsou vyšší

o 20 %. Pro stanovení obtížnosti práce je nutný kvalifikovaný odhad nebo orientační měření. Dále se dají použít protokoly z akreditované laboratoře v rámci kategorizace prací či jiných historických měření, kdy se dá odhadnout náročnost obdobné práce, operace u stejných nebo podobných výrobků. Dále se dá vycházet odvozením z hmotnosti výrobku, sestavy atp. Zde je nutné dodat, že odhad obtížnosti práce musí být opravdu kvalifikovaný nebo musí být hodnota  $F_{max}$  skutečně změřena, na druhou stranu jsou tyto informace často známy nebo už jsou změřena pracoviště či pozice obdobné. Dále je zde nutné dodat, že měření v akreditované laboratoři stojí desetitisíce korun, proto je nutné ve spoustě případů použít kvalifikovaného odhadu tak, aby tyto peníze byly využity spíše na řešení příčin nevyhovujícího stavu práce nebo pracoviště.

Tab. 5.5: Formulář pro hodnocení počtu pohybů

4. Počty pohybů							
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry				Limity	
Pravá ruka		Cyklus A [počet]	Cyklus B [počet]	Cyklus C [počet]	Celkem [počet]	8 hodin [počet/směna]	12 hodin [počet/směna]
	Za minutu					20000* / 15000** / 10000***	24000* / 18000** / 12000***
	Za cyklus					20000* / 15000** / 10000***	24000* / 18000** / 12000***
	Za směnu					20000* / 15000** / 10000***	24000* / 18000** / 12000***
	Kvalifikovaný odhad	(lehká - 10% $F_{max}$ / středně těžká - 15% $F_{max}$ / těžká - 20% $F_{max}$ )					
	Změřená svalová síla	[% $F_{max}$ ]					
Levá ruka		Cyklus A [počet]	Cyklus B [počet]	Cyklus C [počet]	Celkem [počet]	8 hodin [počet/směna]	12 hodin [počet/směna]
	Za minutu					20000* / 15000** / 10000***	24000* / 18000** / 12000***
	Za cyklus					20000* / 15000** / 10000***	24000* / 18000** / 12000***
	Za směnu					20000* / 15000** / 10000***	24000* / 18000** / 12000***
	Kvalifikovaný odhad	(lehká - 10% $F_{max}$ / středně těžká - 15% $F_{max}$ / těžká - 20% $F_{max}$ )					
	Změřená svalová síla	[% $F_{max}$ ]					

\* Lehká práce / \*\* Středně těžká práce / \*\*\* Těžká práce

V rámci posouzení lokální svalové zátěže hraje významnou několik faktorů. Jejich výčet a možnosti výskytu jsou uvedeny ve formuláři pro hodnocení lokální svalové zátěže, který je uveden v Tab. 5.6. Mezi faktory patří úchop prsty, tlak/stisk dlaně, statická námaha, rizikové polohy dolních končetin a nárazový tlak ruky. Výběr z možností je ano nebo ne, u rizikových poloh dolních končetin poté flexe kolena, dorzální flexe kolena, plantární flexe kolena, rotace kloubů, klek a dřep.

Tab. 5.6: Formulář pro hodnocení lokální svalové zátěže

5. Lokální svalová zátěž		
Další faktory		Výběr z možností
	Úchop prsty	(Ano / Ne)
	Tlak / stisk dlaně	(Ano / Ne)
	Statická námaha	(Ano / Ne)
	Rizikové polohy dolních končetin	(Flexe kolena / Dorzální flexe kolena / Plantární flexe kolena / Rotace kloubů / Klek / Dřep)
	Nárazový tlak ruky	(Ano / Ne)

Formulář pro hodnocení sil je zobrazen v následující Tab. 5.7, kdy v levé části jsou rozděleny síly na tlačné a tažné a v druhé části níže na prsty, dlaně a ruce. Poté je prostor pro vyplnění naměřených hodnot sil a v pravé části jsou limity pro jednotlivé síly.

Tab. 5.7: Formulář pro hodnocení sil

6. Síly					
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry		Limity	
Síly		Síla [N]	Výběr	Muž [N]	Žena [N]
	Tlačné síly		muž/žena	310	250
	Tažné síly		muž/žena	280	220
Končetiny		Síla [N]		Síla [N]	
	Prsty			8	
	Dlaně			10	
	Ruce			18	

Níže uvedená Tab. 5.8 zobrazuje formulář pro hodnocení manipulace s břemeny pomocí metodiky NIOSH RWL. V levé části jsou parametry hmotnosti a dalších faktorů které jsou horizontální uchopení, vertikální uchopení, délka přesunu, úhel asymetrie, kvalita úchopu, trvání a frekvence. Horizontální uchopení má rozsah v centimetrech menší nebo rovno 25 cm a poté hodnoty po centimetrech až větší než 63 cm, vertikální uchopení od 0 až větší než 175 cm, délka přesunu menší nebo rovno 25 cm až větší než 175 cm, úhel asymetrie ve stupních od 0 až po větší než 135°. Kvalita úchopu se rozlišuje na dobrou, uspokojivou a špatnou. Trvání se dělí na do 1 hodiny, 1 až 2 hodiny a 2 až 8 hodin. Frekvence je poté v počtech za úkon od nuly až po větší než 15. Jako hmotnost se vyplňuje průměrná váha a maximální váha v kilogramech.

Tab. 5.8: Formulář pro hodnocení manipulace dle NIOSH/RWL

7. NIOSH/RWL		
Další faktory		Výběr z možností
	Horizontální uchopení	≤25; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 44; 46; 48; 50; 52; 54; 56; 58; 60; 63; >63 [cm]
	Vertikální uchopení	0; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 110; 120; 130; 140; 150; 160; 170; 175; >175 [cm]
	Délka přesunu	≤25; 40; 55; 70; 85; 100; 115; 130; 145; 160; 175; >175 [cm]
	Úhel asymetrie	0; 15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; 120; 135; >135 [°]
	Kvalita úchopu	Dobré/Uspokojivé/Špatné
	Trvání	≤ 1 Hodina; > 1 ≤ 2 Hodiny; > 2 ≤ 8 Hodin
Frekvence	≤0,02; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; >15 [počet/úkon]	
Hmotnost		Vyplňovaný parametr hmotnost [kg]
	Průměrná váha	
	Maximální váha	



Metodika NIOSH RWL nevychází z české legislativy. Je zde použita pro detailnější posouzení manipulace s břemeny, než je zakotveno v české legislativě. Zároveň je to jednoduchá metoda, která je mezinárodně využívána a doporučována viz kapitola 3.2. Dalším důvodem je to, že od 1.1.2023 se podle NV 506/2021 Sb., kterým se stanoví seznam nemocí z povolání zařadila nová položka – chronická onemocnění bederní páteře.

V rámci hodnocení manipulace s břemeny jsou dále hodnoceny hmotnosti jednotlivých břemen, síla za jeden cyklus a počet cyklů. V pravé části jsou vedeny limity pro manipulaci s břemeny pro muže a ženy vycházející z české legislativy. Formulář pro hodnocení manipulace s břemeny je uveden v následující Tab. 5.9.

Tab. 5.9: Formulář pro hodnocení manipulace s břemeny

8. Břemena							
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry			Limity		
Síly		Váha [kg]	Síla [F/cyklus]	Počet cyklů		Muž [kg]	Žena [kg]
	Břemeno 1				Váha jednotlivého břemena - časté	30	15
	Břemeno 2				Váha jednotlivého břemena - občasné	50	20
	Břemeno 3				Váha jednotlivého břemena pro práci vsedě	5	3
					Kumulace břemen za 8 hodinovou směnu	10 000	6 500
				Kumulace břemen za 12 hodinovou směnu	12 000	7 800	

Dalším hodnoceným parametrem je hodnocení tepové frekvence. Formulář pro hodnocení je uveden v následující Tab. 5.10. Hodnocení tepové frekvence se skládá z průměrné tepové frekvence, zvýšení nad výchozí tepovou frekvenci a maximální tepovou frekvenci. Limity těchto parametrů jsou v pravé části formuláře.

Tab. 5.10: Formulář pro hodnocení tepové frekvence

9. Tepová frekvence			
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry	Limity
Srdce tep		[tepů/min]	[tepů/min]
	Průměrná tepová frekvence		102
	Zvýšení nad výchozí tepovou frekvenci		28
	Maximální tepová frekvence		150

Další posuzované parametry se týkají výdeje energie. Formulář pro hodnocení výdeje energie je uveden v následující Tab. 5.11. V rámci této oblasti se hodnotí energetické výdeje směnový průměrný, směnový přípustný, roční průměrný a minutový přípustný. Dále se vyhodnocuje třída práce dle energetického výdeje. V pravé části formuláře jsou jednotlivé limity pro muže a ženy.

Tab. 5.11: Formulář pro hodnocení energetického výdeje při práci

10. Výdej energie					
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry		Limity	
Energetický výdej				Muž	Žena
	Směnový průměrný		[MJ]	6,8 MJ	4,5 MJ
	Směnový přípustný		[MJ]	8 MJ	5,4 MJ
	Roční průměrný		[MJ]	1 600 MJ	1 060 MJ
	Minutový přípustný		[kJ/min]	34,5 kJ/min	23,7 kJ/min
Třída práce dle energetického výdeje		Výběr ze tříd ( I; II A; II B; III A; III B; IV A; IV B; V )			

Předposlední hodnocené parametry se týkají práce v sedě. Jsou rozděleny na parametry týkající se pracoviště a na další parametry. Formulář pro hodnocení práce v sedě je uveden v následující Tab. 5.12. Parametry pracoviště jsou udávány v centimetrech a jsou to pracovní výška práce rukou, hloubka pro kolena, šířka pro kolena, prostor pro stehna, hloubka pro nohy, výška pro nohy a vzdálenost případného displeje. Mezi další faktory patří seřízení opěry/sedáku, nožní ovladač a monitor ve výšce očí. V tomto případě se u dalších faktorů vybírá z možností ano/ne.

Tab. 5.12: Formulář pro hodnocení práce v sedě

11. Práce v sedě					
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry		Limity	
Pracoviště			[cm]	[cm]	
	Pracovní výška rukou			56	
	Hloubka pro kolena			53	
	Šířka pro kolena			53	
	Prostor pro stehna			20	
	Hloubka pro nohy			61	
	Výška pro nohy			60	
	Vzdálenost displeje			40	
Další parametr		Výběr z možností			
	Seřízení opěry/sedáku		(Ano / Ne)		
	Nožní ovladač		(Ano / Ne)		
	Monitor ve výšce očí		(Ano / Ne)		

Posledními hodnocenými parametry jsou ostatní faktory související s ergonomií při práci. Formulář pro hodnocení ostatních parametrů je uveden v následující Tab. 5.13. Zde jsou ostatní parametry rozděleny do 5 kategorií na zrakovou zátěž, psychickou zátěž, fyzikální faktory, nástroje a rotaci.

Tab. 5.13: Formulář pro hodnocení ostatních faktorů souvisejících s ergonomií při práci

12. Ostatní faktory			
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry	Limity
<b>Zraková zátěž</b>		Výběr z možností	
	Práce v detailu	(Ano / Ne)	
	Oslňování	(Ano / Ne)	
	Trvale monitor	(Ano / Ne)	
	Práce s lupou	(Ano / Ne)	
<b>Psychická zátěž</b>		Výběr z možností	
	Monotonie	(Ano / Ne)	
	Vnucené tempo	(Ano / Ne)	
	3 směny	(Ano / Ne)	
	Pouze noční provoz	(Ano / Ne)	
<b>Fyzikální faktory</b>		Výběr z možností	
	Osvětlení	(Ano / Ne)	500 lx
	Zátěž teplem	(Ano / Ne)	26 °C
	Zátěž chladem	(Ano / Ne)	4 °C
	Vlhkost / větrání	(Ano / Ne)	60 %
	Vibrace	(Ano / Ne)	100 dB
	Hluk	(Ano / Ne)	85 dB
	Prach	(Ano / Ne)	mg/m <sup>3</sup>
<b>Nástroje</b>		Váha [kg]	Výběr z možností
	Nástroj 1		(Tvar OK / Tvar NOK)
	Nástroj 2		(Tvar OK / Tvar NOK)
	Nástroj 3		(Tvar OK / Tvar NOK)
	Nástroj 4		(Tvar OK / Tvar NOK)
<b>Rotace</b>		Výběr z možností	
	Systém rotace	(Ano / Ne)	

U zrakové zátěže se vybírá z možností ano nebo ne u parametrů práce v detailu, oslňování, trvale monitor a práce s lupou. V rámci psychické zátěže se jedná o parametry monotonie práce, vnucené tempo, práce v třisměnném provozu a poslední je práce pouze v nočním provozu. Zde se opět obdobně jako u zrakové zátěže vybírá z možností ano nebo ne.

Do fyzikálních faktorů patří osvětlení v luxech, zátěž teplem a chladem v °C, vlhkost/větrání v %, vibrace a hluk v decibelech a poté prach v mg/m<sup>3</sup>. U osvětlení a zátěže chladem je uveden minimální limit; u zátěže teplem, vlhkosti, vibrací, hluku a prachu je uveden maximální limit. Pro faktor chemické látky je důležitá koncentrace látek v ovzduší v dýchací zóně člověka, která se porovnává s kritickými hodnotami. Důležitá je zde také prostupnost látek do organismu cestami

mimo dýchacího ústrojí. V případě karcinogenních, mutagenních nebo toxických látek se postupuje při zařazování do kategorií individuálně dle konkrétní použité látky. Mezi fyzikální faktory obecně patří ještě elektromagnetické záření a ionizace vzduchu.

Dalším hodnoceným parametrem jsou nástroje. Zde se hodnotí váha v kilogramech a tvar, zdali je z pohledu ergonomie v pořádku nebo ne. Posledním hodnoceným faktorem je poté provozování systému rotace. Do ostatních faktorů ještě patří další faktory jako jsou například chemické látky, biologičtí činitelé nebo práce ve zvýšeném tlaku vzduchu a další. Vzhledem k zaměření této práce na hodnocení ergonomičnosti průmyslových pracovišť se těmito specifickými faktory dále nezabývám.

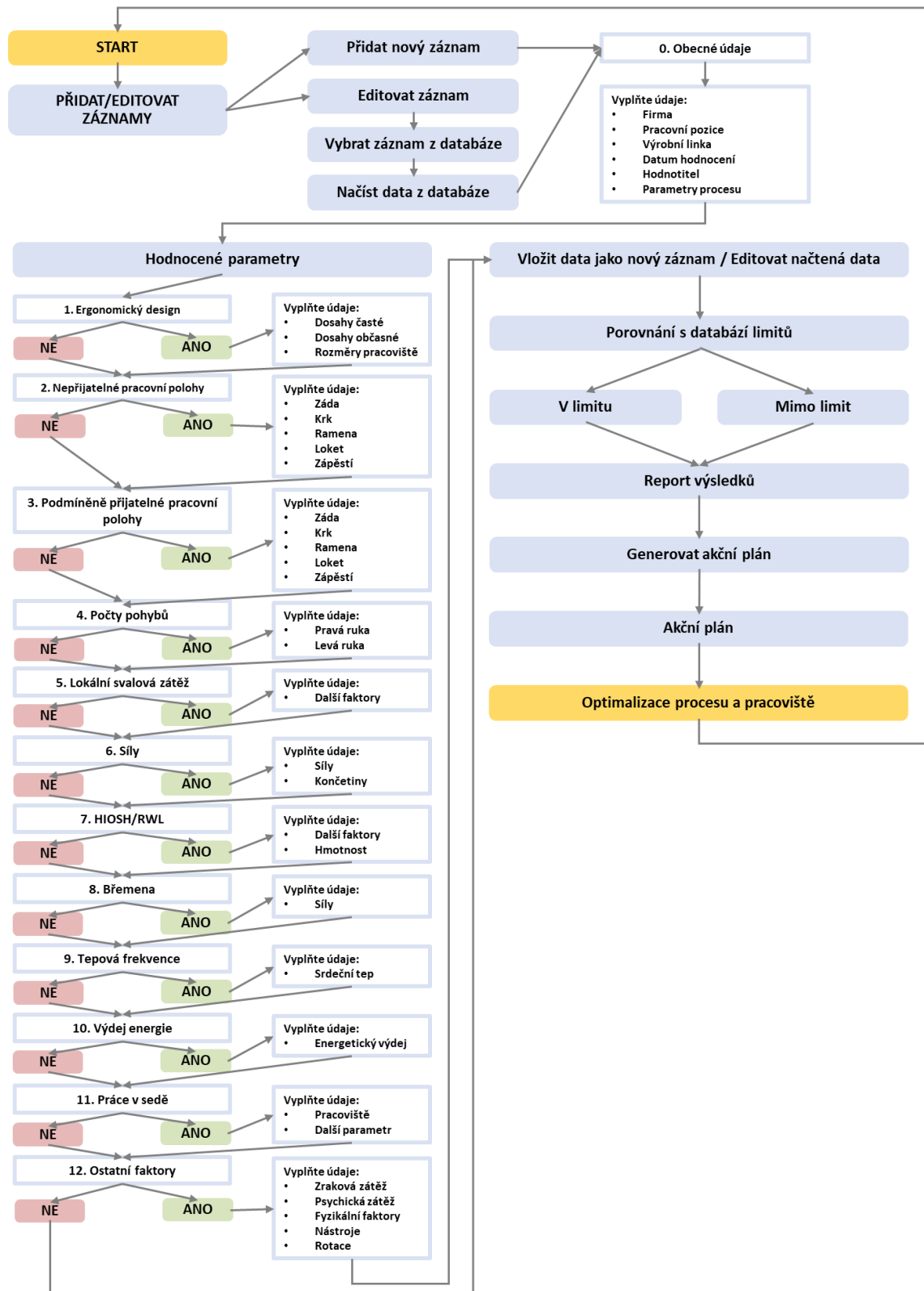
V této kapitole je popsán postup tvorby metodiky a modelu pro komplexní hodnocení pracoviště. Samotná metodika se skládá z šesti částí, kterými jsou analýza hodnoceného pracoviště, sběr procesních dat z hodnoceného pracoviště, zápis parametrů hodnoceného pracoviště, analýza dat a porovnání s limity, generování akčního plánu a optimalizace pracoviště. V rámci modelu jsou poté představeny jednotlivé formuláře, jejich obsah, návod k vyplnění, možnosti vyplnění a limity. Postupně jsou takto popsány formuláře „1. Ergonomický design“, „2. Nepříjemné pracovní polohy“, „3. Podmíněně přijatelné pracovní polohy“, „4. Počty pohybů“, „5. Lokální svalová zátěž“, „6. Síly“, „7. NIOSH/RWL“, „8. Břemena“, „9. Tepová frekvence“, „10. Výdej energie“, „11. Práce v sedě“ a „12. Ostatní faktory“ včetně zdůvodnění jejich výběru a výběru parametrů obsažených v těchto formulářích.

### 5.3 Procesní schéma modelu

Procesní schéma modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště představuje jednoznačně určený postup činností, které vedou k aplikaci modelu pro řešení konkrétního ergonomického problému. Procesní schéma zobrazuje běh a rozhodovací pravidla pro dosažení stanoveného cíle. Vlastní algoritmus celého modelu je sestaven z konečného počtu jednoduchých a velice snadno realizovatelných činností, které vedou k porovnání hodnocených parametrů se stanovenými limity. Každý krok práce v modelu je přesně a jednoznačně určen současným stavem řešení, kdy po každém kroku lze tedy určit, zda popisovaný proces skončil či neskončil, případně jak má dále pokračovat. Algoritmus je formulován konečným počtem kroků, které vedou k jednoznačnému řešení konkrétní úlohy. Jako nejvhodnější formu pro znázornění algoritmu fungování modelu je stanovení procesního schéma. Procesní schéma zpracované v software Microsoft Powerpoint je uvedeno na následujícím Obr. 5.5. Je zde zpracován pouze vlastní běh pro hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Vlastní model navíc obsahuje možnost vložení konkrétních fotografií k jednotlivým záznamům procesů. Dále je pak v modelu možné zobrazení grafických výstupů v jednotlivých hodnocených parametrů procesů. V neposlední řadě model také obsahuje databázi již vložených dat procesů nebo operací, které byly v rámci hodnocení ergonomičnosti analyzovány.

Prvním krokem pro zahájení práce s modelem je přidání nebo editace záznamu. V případě editace záznamu se edituje již vytvořený záznam konkrétního procesu nebo operace, kdy je nejdříve nutné vybrat z databáze konkrétní proces či operaci a následně k vybranému procesu či operaci načíst data. A následně, stejně jako v případě přidání nového záznamu, je dalším postupem vyplnění obecných údajů, které jsou zcela klíčové pro identifikaci konkrétních procesů nebo operací. Tyto údaje zároveň slouží jako databáze údajů pro reporting, grafické zpracování výstupů a akční plán.

Dalším přímo návazným krokem je vyplnění parametrů jednotlivých hodnocených kategorií, a to postupně ve formulářích: „1. Ergonomický design“, „2. Nepříjemné pracovní polohy“, „3. Podmíněně přijatelné pracovní polohy“, „4. Počty pohybů“, „5. Lokální svalová zátěž“, „6. Síly“, „7. NIOSH/RWL“, „8. Břemena“, „9. Tepová frekvence“, „10. Výdej energie“, „11. Práce v sedě“, „12. Ostatní faktory“, jejichž popis je uveden v kapitole 0. V případě, že obsah jednoho z formulářů, ať kompletně nebo částečně, není předmětem hodnocení, pak ho lze vynechat a přistoupit na formulář nebo parametr následující. Nevyplněné formuláře, nebo parametry ve formulářích nejsou následně hodnoceny.



Obr. 5.5: Procesní schéma modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště

V okamžiku, kdy jsou data v jednotlivých formulářích vyplněna, pak je nutné „Vložit data jako nový záznam“ v případě přidání nové záznamu nebo „Editovat načtená data“ v případě editace

již vytvořených dat. V tomto okamžiku jsou data uložena do databáze. Následuje automaticky krok, kdy jsou data porovnávána s limitními hodnotami pro jednotlivé kategorie, kdy limitní parametry vycházejí primárně z NV361/2007 a metodiky NIOSH RWL pro hodnocení zátěže při manipulaci s břemeny. Výstupem je pak automaticky generovaný přehled výsledků do přehledové tabulky a generování grafického zpracování výsledků, který bude dále popsán v kapitole 0.

Posledním krokem, který slouží jako základní stavební kámen pro následná nápravná opatření je „Generování akčního plánu“, které prostřednictvím algoritmu zpracuje akční plán jakožto nástroj pro následnou optimalizaci procesu či operace s cílem zlepšení ergonomičnosti pracoviště. Akční plán bude popsán v kapitole 0. Po provedené optimalizaci procesu či operace je nutné provést celou analýzu opakovaně prostřednictvím editace dat a vyhodnotit tak dopady provedených úprav pracoviště či procesu.

## 5.4 Přehled výsledků

Reporting přehledu výsledků plně vychází z dat z provedené analýzy. Výstupní přehled výsledků modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště je uveden na následujícím Obr. 5.6. Přehled výsledků je rozdělen do celkem třech hlavních částí, které slouží ke komplexnímu hodnocení ergonomičnosti pracoviště.

Přehled výsledků					
Charakter práce:					
Celkové hodnocení					
Číslo	Název pozice	Počet hodnocených faktorů	Legislativní překročení	Celkový počet překročení	Procento překročení
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Souhrnné hodnocení:					

Obr. 5.6: Přehled výsledků modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště

První částí je charakter práce. Zde v této části je nutné, aby hodnotitel specifikoval místo výkonu práce (název a adresu konkrétní společnosti), počet zaměstnanců společnosti, směnnost a charakter práce (jednosměnný, dvousměnný, třisměnný, nepřetržitý, 8 hodin, 12 hodin, atd.), informace o manipulovaném materiálu (faktor hmotnosti) a v neposlední řadě také charakteristika systému rotace (je stanoven a jakým způsobem, nebo není stanoven).

Druhou částí je celkové hodnocení. Tato část přímo vychází z porovnání naměřených a zjištěných hodnot s limitními hodnotami pro jednotlivé kategorie, kdy limitní parametry vycházejí primárně z NV361/2007 a metodiky NIOSH RWL pro hodnocení zátěže při manipulaci s břemeny. Tato část je dále rozdělena do dalších podkategorií výsledků, kdy první podkategorií je pořadové číslo



analyzované pracovní pozice (záznamu nebo operace), dále je zde uveden název pracovní pozice (záznam nebo operace), která byla hodnocena. Následuje podkategorie, která sumarizuje celkový počet hodnocených faktorů. Další podkategorií výsledků je pak počet faktorů, které byly z hlediska legislativy překročeny, následuje podkategorie, která hodnotí celkový počet překročení limitů (včetně NIOSH RWL). Poslední kategorie uvádí procentuální překročení limitů. Celkově se jedná o obecnou sumarizaci výsledků, která dále slouží jako podklad pro poslední část přehledu výsledků, souhrnné hodnocení, a jako zdrojový soubor dat pro akční plán.

Poslední částí přehledu výsledků je souhrnné hodnocení. Zde v této části je nutné, aby hodnotitel detailně specifikoval zjištěné problémy jako například u pracovní polohy výskyt nepřijatelných poloh u konkrétních případů a k tomu i vhodná řešení pro následnou optimalizaci (příklad změna pracovní polohy, změna procesu, použití přípravků atd., tak aby došlo k eliminaci nepřijatelných poloh a rizika vzniku nemocí z povolání. V přehledu výsledků se jedná spíše o obecná doporučení, jak dosáhnout zlepšení konkrétního pracoviště, procesu, či operace.

## 5.5 Akční plán modelu

Akční plán modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště je nástroj určený pro následnou optimalizaci pracoviště, procesu či operace s cílem zlepšení ergonomičnosti pracoviště tak, aby došlo v maximální míře k eliminaci rizika vzniku nemocí z povolání. Výstupní akční plán modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště je uveden na následujícím Obr. 5.7. Akční plán je zpracován tak, aby obsahoval informace důležité pro řešení zjištěných problémů, které souvisí s ergonomičností pracoviště.

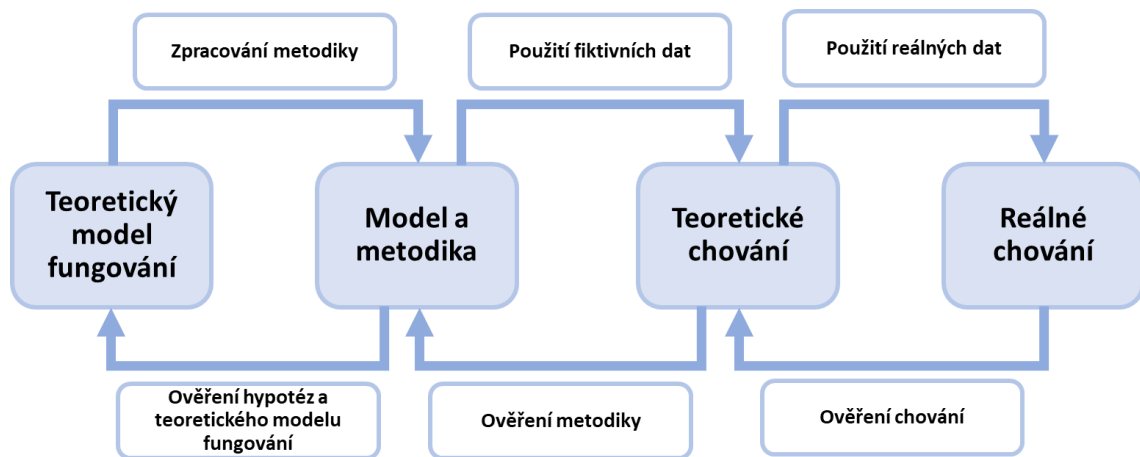
Akční plán										
Číslo	Záznam / Operace	Kategorie	Zjištěný problém	Zjištěný stav	Limit	Priorita	Komentář	Zodpovědná osoba	Datum úpravy	Nový stav
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Obr. 5.7: Akční plán modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště

Následující informace jsou generovány automaticky z datové databáze modelu. První informací, která je v akčním plánu zobrazena je pořadové číslo zjištěného problému, dále je zde uveden název pracovní pozice (záznam nebo operace), kde byl identifikován problém s ergonomií. Další informací, která blíže specifikuje, kde se vyskytuje identifikovaný problém je určení kategorie („1. Ergonomický design“, „2. Nepříjemné pracovní polohy“, „3. Podmíněně přijatelné pracovní polohy“, „4. Počty pohybů“, „5. Lokální svalová zátěž“, „6. Síly“, „7. NIOSH/RWL“, „8. Břemena“, „9. Tepová frekvence“, „10. Výdej energie“, „11. Práce v sedě“, „12. Ostatní faktory“). Následuje zjištěný stav, který charakterizuje konkrétní naměřenou nebo zjištěnou hodnotu. Další informací jsou uvedené limitní hodnoty, které se vážou ke zjištěnému problému. Následuje priorita řešení daného problému, která je dána na základě míry překročení limitních hodnot. Následující informace nejsou generovány automaticky. Jedná se o komentář ke zjištěnému problému, který uvádí hodnotitel, další informací je stanovení zodpovědné osoby za optimalizaci daného procesu, datum úpravy, či optimalizace procesu, a jako poslední je pak informace o nově dosaženém stavu, která charakterizuje konkrétní naměřenou nebo zjištěnou hodnotu po provedené optimalizaci. Zároveň tyto data slouží jako vstupní parametr pro opakovaný screening po provedených úpravách pracoviště či procesu.

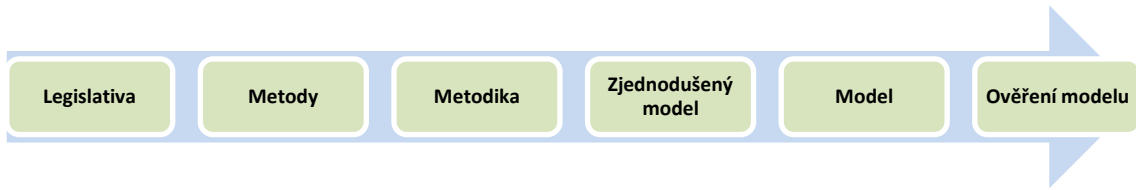
## 5.6 Ověření modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště

Ověření modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště je založeno na kontrole pravdivosti funkčních vazeb a logického systému vlastního modelu a metodiky. Je nutné ověřit, zda je teoreticky postavený model použitelný v praxi, a že výsledky získané za použití modelu odpovídají reálným měřením. Ověřování modelu má několik fází, které jsou uvedeny na následujícím Obr. 5.8.



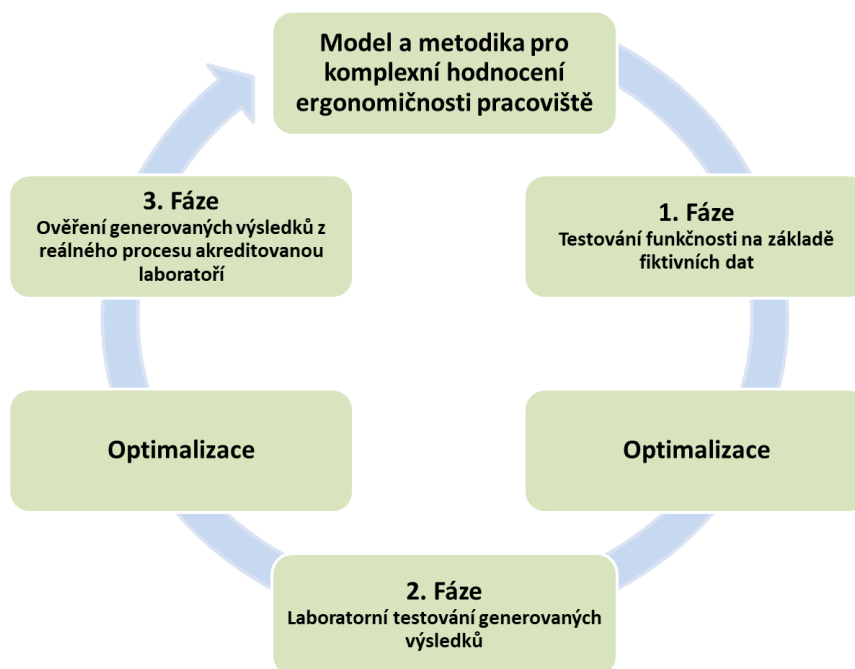
Obr. 5.8: Schéma ověření modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště [28]

V následujícím textu bude popsán proces ověření modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Teoretickým základem pro zpracování modelu byla legislativní základna právních předpisů a směrnic stanovující minimální požadavky na ergonomický design pracovišť a zabezpečení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci. Limitní hodnoty, které legislativa stanovuje byly použity jako limitní parametry při vývoji komplexního modelu pro hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Z provedené rešerše aktuálního stavu dostupných řešení pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracovišť, které je uvedené v kapitole 3, je patrné, že neexistuje komplexní přístup k hodnocení ergonomičnosti pracovišť, který by zohledňoval nejčastější výskyt nemocí z povolání a legislativní rámec České republiky. Vlastní vývojovou činností, jejíž postup je zobrazen na následujícím Obr. 5.9, bylo dosaženo Modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště.



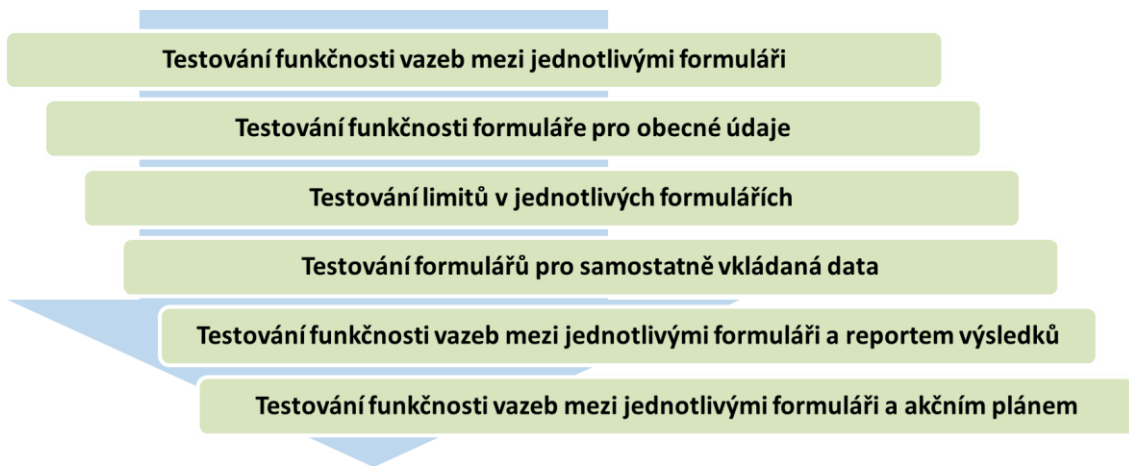
Obr. 5.9: Ideový postup vývoje modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště

Zpracovaný model a metodiku pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště bylo nutné ověřit ve třech fázích. Postup vlastního ověření modelu a metodiky v jednotlivých fázích je uveden na následujícím Obr. 5.10.



Obr. 5.10: Postup vlastního ověření modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště v jednotlivých fázích

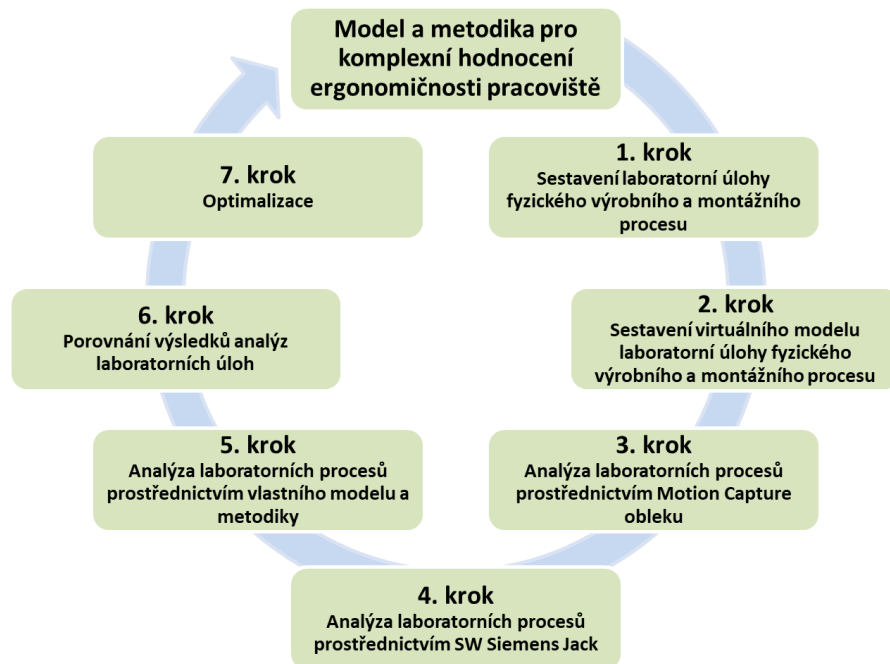
První fází testování modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště bylo testování vlastní funkčnosti SW na základě fiktivních dat, kdy v průběhu zpracování modelu byly jednotlivé formuláře testovány prostřednictvím předem stanoveného postupu vkládání fiktivních dat. Fiktivní data byla vkládána do jednotlivých formulářů na základě postupu uvedeného na následujícím Obr. 5.11.



Obr. 5.11: Postup první fáze testování modelu a metodiky fiktivními daty

V první fáze testování modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště bylo nejdříve provedeno testování funkčnosti vazeb mezi jednotlivými formuláři. V tomto kroku jsem byla testována funkčnost propojení jednotlivých formulářů a propisování dat mezi nimi. Druhým krokem bylo testování funkčnosti vlastního formuláře pro obecné údaje, který slouží pro zadání základních parametrů procesu. Funkčnost propojení tohoto formuláře s ostatními formuláři byla testována v několika iteracích. Třetím krokem bylo testování funkce limitů v jednotlivých formulářích, a to jak na spodní limit, tak na horní limit. V souvislosti s testováním limitních hodnot byly následně testovány samostatně vkládaná data, zejména pak jejich propisování mezi jednotlivými formuláři. Posledními testy se soustředili na prověření funkce vazeb mezi jednotlivými formuláři, reportem výsledků a akčním plánem, kdy byly testovány různé kombinace dat v několika krocích. Na základě tohoto testování byl algoritmus a limitní data modelu a metodika v několika iteracích optimalizovány, tak aby výsledné hodnocení konkrétního pracoviště mělo shodu s realitou.

Druhou fází testování modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště bylo ověření generovaných výsledků na základě provedených laboratorních zkoušek. Postup ověření modelu a metodiky v prostřednictvím laboratorních zkoušek je uveden na následujícím Obr. 5.12.

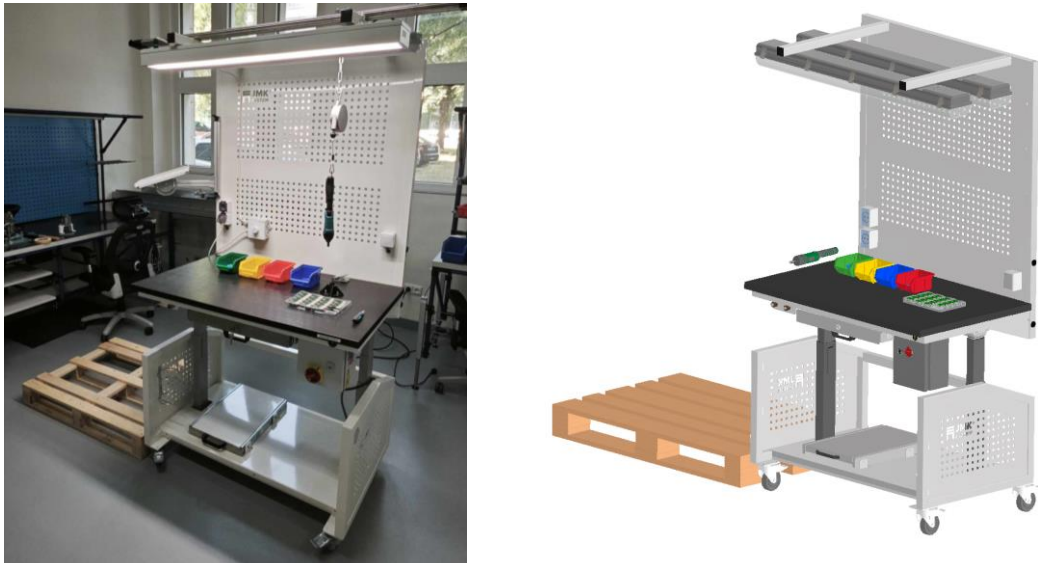


Obr. 5.12: Postup druhé fáze testování modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště laboratorními zkouškami

Hlavním cílem druhé fáze testování bylo ověření funkčnosti pomocí posouzení základních montážních operací vestoje a vsedě. Na základě reálné fyzické zkoušky vyplnění příslušných hodnot a dat byl model několikrát opraven a upraven v dílčích částech. Popsaný model byl poté ověřen v rámci vybraných operací v laboratorních podmínkách, kdy byly vybrány základní montážní operace vestoje a vsedě a manipulace s břemeny z podlahy na pracovní desku, přesun v rámci pracovní desky a manipulace nad pracovní deskou.

Prvním krokem druhé fáze testování modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště bylo navržení a sestavení laboratorního úlohy fyzického výrobního a montážního procesu. Fyzický model laboratorní úlohy vznikl v laboratoři technologického projektování na Ústavu technologie obrábění, projektování a metrologie fakulty strojní ČVUT v Praze s ohledem na dostupnost vybavení v laboratořích. Fyzický model laboratorní úlohy reprezentuje výrobně montážní pracoviště určené pro montáž drobných komponent do montážního celku flash disku. Ve druhém kroku bylo na základě sestavené fyzické úlohy

vytvořeno digitální dvojče laboratorní úlohy v SW Autodesk Inventor. Fyzická laboratorní úloha a její digitální dvojče ve formě virtuálního 3D modelu je zobrazeno na následujícím Obr. 5.13.



Obr. 5.13: Laboratorní pracoviště vlevo a jeho virtuální 3D model vpravo

Dále byly v rámci přípravy laboratorní úlohy navrženy základní montážní operace vestoje a vsedě a manipulace s břemeny z podlahy na pracovní desku, přesun v rámci pracovní desky a manipulace nad pracovní deskou.

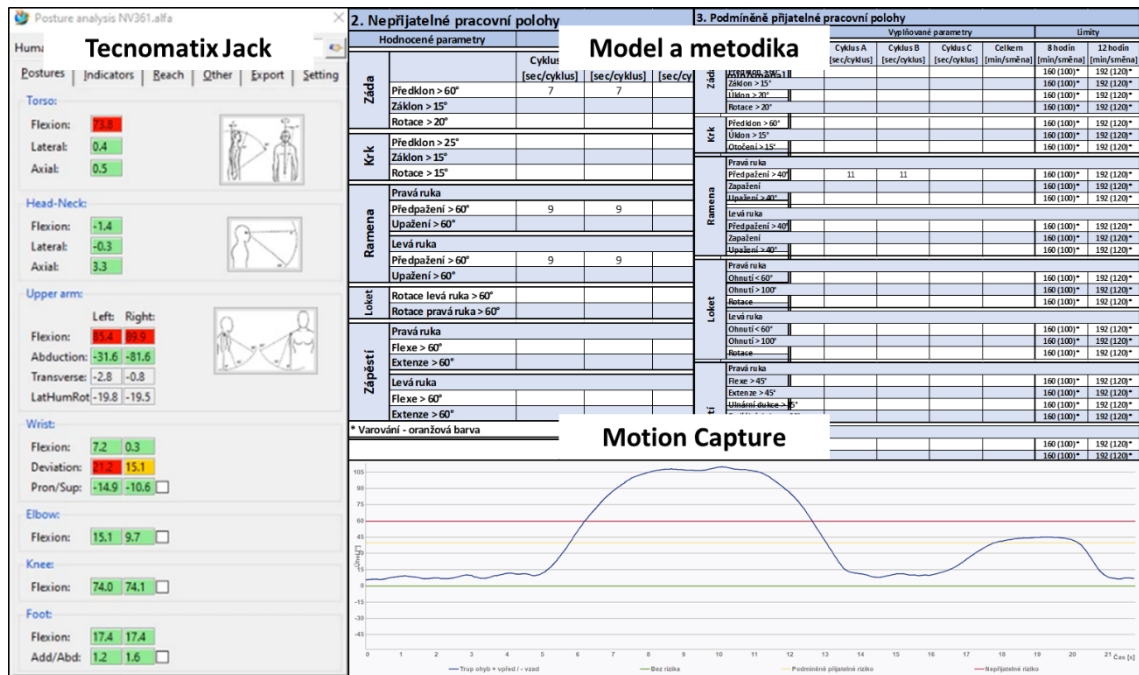
Jednotlivé laboratorní úlohy byly realizovány fyzicky za použití Motion Capture obleku od společnosti AXS, kde byla provedena analýza operací za použití vlastního modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště a také analýza za použití Motion capture obleku. Motion Capture oblek je zařízení pro snímání polohy a pohybu operátora. Tento konkrétní od maďarské společnosti AXS disponuje osmnácti pohybovými senzory a tlakovými senzory na rukavicích. Součástí tohoto zařízení je i vyhodnocovací SW, který je schopen vyhodnotit pohyby a polohy pomocí metodiky EAWS a NV 361/2007 Sb. Dále bylo vytvořeno digitální dvojče jednotlivých laboratorních úloh v SW Siemens Tecnomatix Jack (verze 9.0). SW Siemens Tecnomatix Jack (verze 9.0) je nástroj pro simulaci digitálního modelu člověka s reálným fyziologickým rozsahem kloubů a antropometrií. Umožňuje simulovat pohyby člověka na základě kterých můžeme hodnotit pracoviště, provádět MTM analýzu a hodnotit rizika spojená s ergonomií práce jako jsou pracovní polohy, zatížení a manipulace s břemeny. SW obsahuje několik analýz, jako jsou např. OWAS, Lower Back, NV361/2007 Sb., NIOSH RWL ad. Analýza lze provést staticky nebo dynamicky pomocí modulu Task Simulation Builder, kde lze vytvořit simulaci téměř jakéhokoliv libovolného pohybu, polohy a manipulace včetně ruční

manipulace. Vybraná laboratorní úloha manipulace s břemeny je uvedena na následujícím Obr. 5.14.



Obr. 5.14: Vybraná laboratorní úloha manipulace s břemeny (vlevo fyzická úloha, uprostřed s využitím Motion Capture, vpravo digitální dvojčete v SW Siemens Tecnomatix Jack)

Na výše uvedeném obrázku je uvedena fyzická realizace úlohy (obrázek vlevo), dále pak záznam z Motion Capture obleku (obrázek uprostřed) a záznam z digitálního dvojčete vytvořeného SW Siemens Tecnomatix Jack. Na této vybrané úloze byly realizovány postupně analýzy za použití Motion Capture obleku, SW Siemens Tecnomatix Jack a vlastního modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Ukázka záznamů z analýz je uvedena na následujícím Obr. 5.15.



Obr. 5.15: Přehled záznamů z provedených analýz vybrané laboratorní úlohy manipulace s břemeny



Šestáým krokem druhé fáze bylo porovnání výsledků analýz laboratorní úlohy, které byly realizovány jednotlivými přístupy. Porovnání výsledků analýz vybrané laboratorní úlohy manipulace s břemeny je uvedeno na následujícím Obr. 5.16.

		Model	Motion capture	Siemens Jack	
Manipulace neoptimalizovaná	Předklon (flexe trupu) [°]	> 60	105	74	
	Předpažení (flexe horních končetin) [°]	Levá	> 60	98	85
		Pravá	> 60	90	90
Dle ČSN 361 - nepřijatelná poloha					
Dle ČSN 361 - podmíněně přijatelná poloha					
Dle ČSN 361 - přijatelná poloha					

Obr. 5.16: Porovnání výsledků provedených analýz vybrané laboratorní úlohy manipulace s břemeny

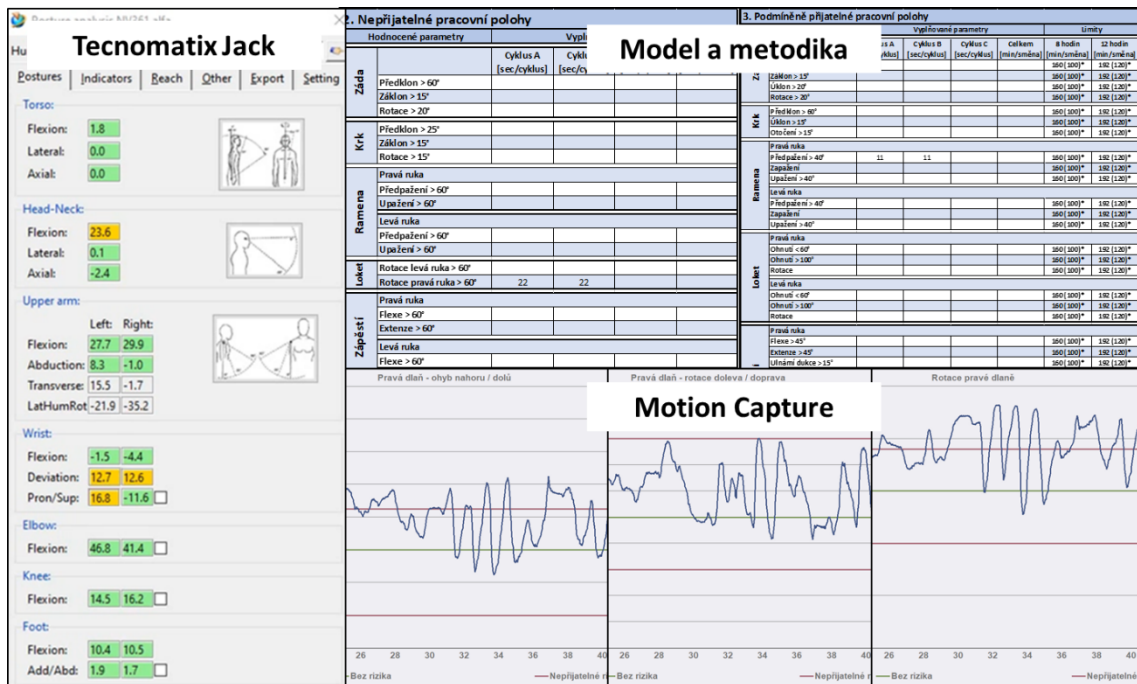
Z výsledků analýz vybrané laboratorní úlohy manipulace s břemeny, viz Obr. 5.16, je patrné porovnání hodnocení vybraných parametrů předklonu trupu, předpažení pravé a levé ruky. Z tabulky vyplývá, že parametry posouzené v rámci hodnocení pomocí modelu odpovídají hodnotám zjištěným pomocí analýzy poloh modulem NV 361/2007 ve vyhodnocovacím SW AXS Motion Capture obleku a analýzy poloh modulem NV 361/2007 pomocí simulace pohybu v SW Siemens Jack.

Další ukázkou tetování modelu je testování na základě laboratorní úlohy montáže. Vybraná laboratorní úloha montáže je uvedena na následujícím Obr. 5.17.



Obr. 5.17: Vybraná laboratorní úloha montáže (vlevo fyzická úloha, uprostřed s využitím Motion Capture, vpravo digitální dvojče v SW Siemens Tecnomatix Jack)

Na výše uvedeném obrázku je uvedena fyzická realizace úlohy montáže (obrázek vlevo), dále pak záznam z Motion Capture obleku (obrázek uprostřed) a záznam z digitálního dvojčete vytvořeného SW Siemens Tecnomatix Jack. Na této vybrané úloze montáže byly také realizovány postupně analýzy za použití Motion Capture obleku, SW Siemens Tecnomatix Jack a vlastního modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Ukázka záznamů z analýz je uvedena na následujícím Obr. 5.18.



Obr. 5.18: Přehled záznamů z provedených analýz vybrané laboratorní úlohy montáže

Stejně jako v případě manipulace s břemeny, tak i případě laboratorní úlohy montáže bylo v rámci šestého kroku druhé fáze provedeno porovnání výsledků analýz laboratorní úlohy, které byly realizovány jednotlivými přístupy. Porovnání výsledků analýz vybrané laboratorní úlohy montáže je uvedeno na následujícím Obr. 5.19.

			Model	Motion capture	Siemens Jack
Montáž neoptimalizovaná	Předpažení (flexe horních končetin) [°]	Pravá	> 40	50	52
		Pravé zápěstí	Extenze [°]	> 45	43
	Dukce (ulnární/radiální) [°]		> 15	30	27
	Rotace [°]		ANO	75	42
Dle ČSN 361 - nepřijatelná poloha					
Dle ČSN 361 - podmíněně přijatelná poloha					
Dle ČSN 361 - přijatelná poloha					

Obr. 5.19: Porovnání výsledků provedených analýz vybrané laboratorní úlohy montáže

Na předchozím Obr. 5.19 je uvedeno porovnání hodnocení vybraných parametrů předpažení pravé ruky, extenze, dukce a rotace zápěstí. Z tabulky vyplývá, že parametry posouzené v rámci hodnocení pomocí modelu odpovídají hodnotám zjištěným pomocí analýzy poloh modulem NV 361/2007 ve vyhodnocovacím SW AXS Motion Capture obleku a analýzy poloh modulem NV 361/2007 pomocí simulace pohybu v SW Siemens Jack. [K4, K8]

Na základě výsledků analýz byla v sedmém kroku druhé fáze testování provedena finální drobná optimalizace limitů modelu a metodiky pro komplexní hodnocení pracoviště. Dále byl model a metodika na základě zjištění drobně upraven z pohledu uživatelské přívětivosti a vizuálního zobrazení. V rámci technického provedení a funkčnosti nebyly nalezeny v podstatě žádné nedostatky. V rámci této druhé fáze testování byla navíc ověřena a vyhodnocena přesnost a správnost možného subjektivního posouzení některých parametrů zkušebních hodnotitelů pomocí vyhodnocení těchto parametrů pomocí Motion Capture obleku. Zde nedošlo k výrazným odchylkám. Lze konstatovat, že model je splňuje zadání a je možné ho dále ověřit v reálném provozu.

Třetí fáze testování je zaměřena na ověření generovaných výsledků modelem a metodikou pro komplexní hodnocení pracoviště akreditovanou laboratoří. Jedná se o závěrečnou fázi testování a ověření funkčnosti modelu, kdy optimalizovaný, finální model a metodika byla aplikována na hodnocení konkrétních pracovišť výrobního charakteru v oblasti výroby žárovzdorných materiálů a konkrétních pracovišť montážního charakteru v oblasti výroby elektromotorů v reálném výrobním podniku.

Finální model a metodika byla dále aplikována na hodnocení konkrétních pracovišť výrobního charakteru v oblasti výroby žárovzdorných výrobků v reálném výrobním podniku. Pro toto ověření byla vybrána společnost P-D Refractories CZ a.s. Tato společnost je jedním z největších výrobců a dodavatelů žárovzdorných výrobků a surovin v Evropě. Výrobky se používají pro kompletní nebo částečné vyzdívky tepelných zařízení jako jsou koksová pece, vysoké pece, ohříváče větrů vysokých pecí, sklářské pece a vany, hliníkářenský průmysl a další. Tyto výrobky dodává po celém světě. Sortiment výrobků zahrnuje tvarové výrobky, což jsou šamotové kameny, vysoce hlinité kameny, dinasové kameny, izolační kameny, vibrolité bloky nebo například keramické komínové vložky a netvarové výrobky jako jsou jíly, lupky, malty, tmely, dusací hmoty a betony.

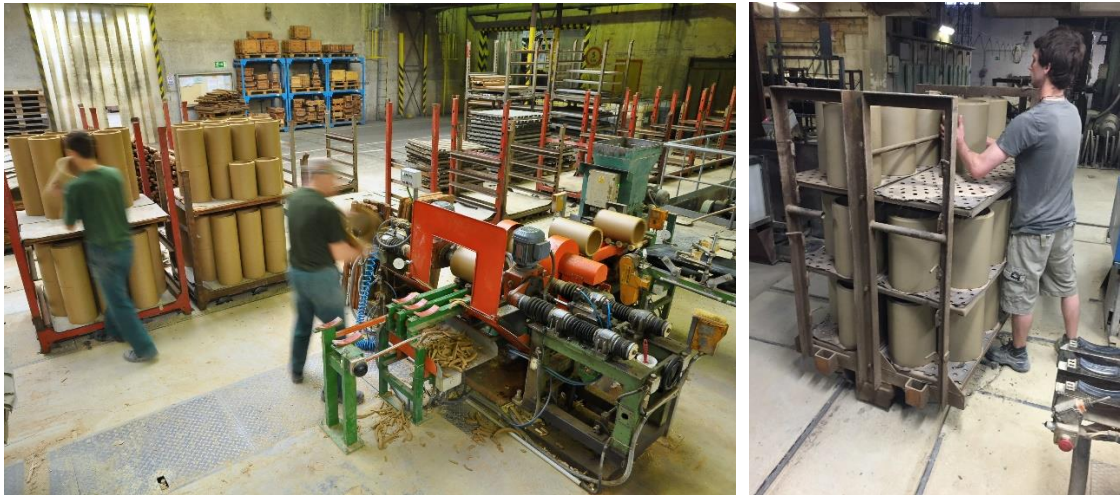
Společnost má čtyři hlavní závody v České republice a jeden důl ve Slovinsku. Ve Velkých Opatovicích a Svitavách se nachází výrobní závody, v Březině se nachází příprava surových materiálů a v Březince je situován důl. Společnost zaměstnává v České republice téměř 700 zaměstnanců.



Obr. 5.20: Výrobní hala P-D Refractories CZ a.s. ve Svitavách a ukázka výrobků

Model a metodika byly použity na pracovištích výroby keramických komínových vložek, dinasu, vibrolitých materiálů a forem, a to na několika pozicích, konkrétně například surová výroba KKV, lisování, nakládka, obrábění kovů a montáž kovových forem. [K3, K5, K6, K7]

Na následujícím Obr. 5.21 jsou výstřižky z pořízeného videa sloužícího pro analýzu operace manipulace s KKV.



Obr. 5.21: Operace manipulace s KKV

Ukázka vyplněných formulářů a finální výstupní report hodnocení bude v této práci z důvodu chráněných firemních dat uveden jen částečně. Kompletní výsledek může být představen při obhajobě disertační práce. Vyplněné formuláře pro operaci manipulace s KKV na lince výroby KKV jsou uvedeny na následujícím Obr. 5.22. Na uvedeném obrázku je zobrazen vyplněný formulář „0. Obecné údaje“, kde jsou vyplněny informace o výrobním podniku, pracovní pozici, výrobní lince a obecné údaje o analyzovaném procesu. Dále je pak na obrázku uveden formulář „2. Nepříjemné pracovní polohy“, kde jsou vyplněny zjištěné informace týkající se nepříjemných poloh operátora z pohledu zad, krku, ramen, loktů a zápěstí. Další hodnocenou kategorií je hodnocení kumulativní zátěže z pohledu manipulace s břemeny, které je uvedeno ve formuláři „8. Břemena“. Tyto formuláře jsou vyplněny konkrétními daty z reálného výrobního procesu ve výrobní společnosti.

0. Obecné údaje					
Firma	P-D Refractories CZ a.s.				
Pracovní pozice	Manipulace s KKV				
Výrobní linka	KKV				
Datum hodnocení	20.03.2018				
Hodnotitel	Kyncl Martin				
Parametry procesu	Počet směn	1	(1 / 2 / 3)		
	Pohlaví	ženy i muži	(muž / žena)		
		A	B	C	
	Doba v zátěži	430			[min]
	Počet cyklů za směnu	1344			[ks]
	Délka cyklu			[sec]	

8. Břemena					
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry			
Síly		Váha [kg]	Síla [F/cyklus]	Počet cyklů	CELKEM
	Břemeno 1	8,9	42	32	11 962
	Břemeno 2				
	Břemeno 3				
	CELKEM		11 962		kg/směna

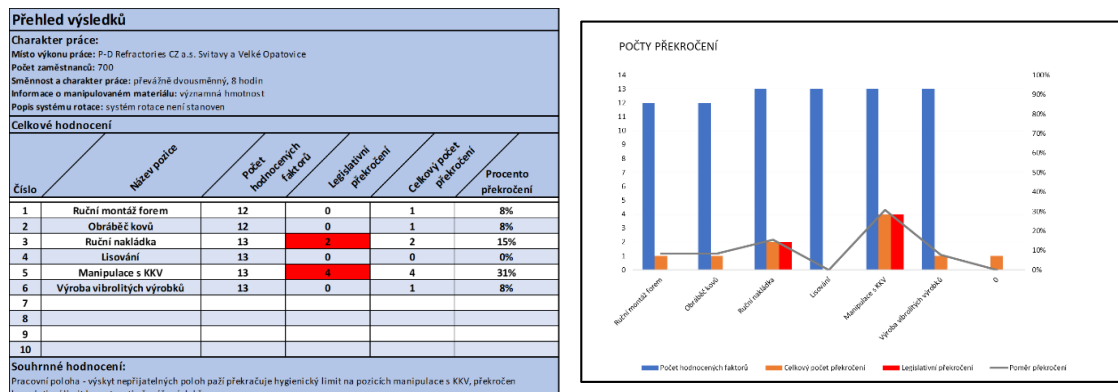
  

2. Nepříjemné pracovní polohy					
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry			
Žáda		Cyklus A [sec/cyklus]	Cyklus B [sec/cyklus]	Cyklus C [sec/cyklus]	Celkem [min/směna]
	Předklon > 60°	2			45
	Záklon > 15°				0
Rotace > 20°				0	
Krk	Předklon > 25°				0
	Záklon > 15°				0
	Rotace > 15°				0
Ramena	Pravá ruka				
	Předpažení > 60°	2			45
	Upažení > 60°				0
	Levá ruka				
Předpažení > 60°	2			45	
Upažení > 60°				0	
Loket	Rotace levá ruka > 60°				0
	Rotace pravá ruka > 60°				0
Zápěstí	Pravá ruka				
	Flexe > 60°				0
	Extenze > 60°				0
	Levá ruka				
Flexe > 60°				0	
Extenze > 60°				0	

\* Varování - oranžová barva

Obr. 5.22: Ukázka vyplněných formulářů z analýzy manipulace s KKV v P-D Refractories CZ a.s.

Po zadání dat do jednotlivých formulářů byly informace vloženy do databáze. Následně automatickým krokem byla data porovnána s limitními hodnotami pro jednotlivé kategorie, kdy limitní parametry vycházejí primárně z NV361/2007 a metodiky NIOSH RWL pro hodnocení zátěže při manipulaci s břemeny. Na následujícím Obr. 5.23 je pak zobrazen přehled výsledků a grafického výstupu přehledu výsledků analýzy provedené ve výrobním podniku.



Obr. 5.23: Ukázka přehledu výsledků a grafického výstupu přehledu výsledků analýzy provedené ve výrobním podniku

Z uvedeného přehledu výsledků je patrné, jaký byl počet hodnocených faktorů na jednotlivých pozicích (pracovištích, operacích). Dále je z přehledu výsledků zřejmé, na které konkrétní pozici (pracovišti, operaci) došlo k překročení v první řadě legislativních limitů a v jaké četnosti, ale také celkového počtu překročení limitů a v jaké četnosti. V přehledu výsledků je také procentuálně vyjádřen poměr počtu překročení limitů vůči počtu hodnocených faktorů.

Pro ověření použitelnosti modelu bylo použito rozhodnutí Krajské hygienické stanice Pardubického kraje se sídlem v Pardubicích a protokoly o měření faktorů pracovního prostředí (hluk, prach, vibrace přenášené na ruce, pracovní poloha, celková fyzická zátěž a zátěž teplem) všech vybraných pracovišť. Výsledky autorizovaného měření jsou uvedeny v Rozhodnutí KHS, jehož ukázka je zobrazena na následujícím Obr. 5.24.

**Krajská hygienická stanice Pardubického kraje**  
se sídlem v Pardubicích

Č. j. 4280/Pa-0240/2013/SHP-ty  
Sp. zn. 4280/Pa-0002/2013  
Vydává: Roman Karkov

**P. B. Bohdanecký CZ a. s.**  
Národní 226  
579 01 Valtice Opavsko

**Rozhodnutí**

V šesti podle § 62 odst. 2 písm. c) zákona č. 258/2001 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon“), rozhodla Krajská hygienická stanice Pardubického kraje se sídlem v Pardubicích jako správní orgán příslušný podle § 62 odst. 1 a odst. 2 písm. c) zákona takto:

U zaměstnavatele P. B. Bohdanecký CZ a. s., Národní 226, 579 01 Valtice Opavsko, IČO 14243449 se podle § 67 odst. 1 zákona práce

**P. B. Bohdanecký CZ a. s. - Ústejná 67 Dvůrka Valtice, Pardubice 507 13, 508 01 Valtice**  
- Ústejná 67 Dvůrka Valtice

Název práce	Dvorní číslo/kategorie práce
ústejná 67	ústejná 67

zároveň se kategorie druhé vstřikova

Název práce	Dvorní číslo/kategorie práce
ústejná vstřiky 02 - nádobí čerpané	002
ústejná vstřiky 03 - VEP - vstřikova a ústejná	003
ústejná vstřiky ústejná část - TP - ústejná	004
ústejná vstřiky ústejných částí - TP - ústejná	005

**P. B. Bohdanecký CZ a. s. - Ústejná 67 Dvůrka Valtice, Pardubice 507 13, 508 01 Valtice**

Pracoviště	Název práce	Kategorie práce	Faktory
Ústejná 67 Dvůrka Valtice	ústejná 67	00	ústejná - 00 Pracovní ústejná - 0 Celková fyzická zátěž - 0 Pracovní poloha - 0 ústejná - 0
	ústejná při vstřikování - ústejná	2	Pracovní ústejná ústejná (ústejná ústejná) - 2 ústejná - 2 Pracovní ústejná - 2 Celková fyzická zátěž - 2 Pracovní poloha - 2 ústejná - 2
	ústejná vstřiky 02 - nádobí čerpané - ústejná	2	Pracovní ústejná - 2 ústejná - 2 Pracovní ústejná - 2 Celková fyzická zátěž - 2 Pracovní poloha - 2 ústejná - 2
	ústejná vstřiky 03 - nádobí čerpané	3	Pracovní ústejná - 3 ústejná - 3 Pracovní ústejná - 3 Celková fyzická zátěž - 3 Pracovní poloha - 3 ústejná - 3
	ústejná vstřiky 03 - VEP - vstřikova a ústejná	3	ústejná - 3 ústejná - 3 Pracovní ústejná - 3 Celková fyzická zátěž - 3 Pracovní poloha - 3 ústejná - 3
	ústejná vstřiky 02 - nádobí čerpané - ústejná - ústejná	2	Pracovní ústejná - 2 ústejná - 2 Pracovní ústejná - 2 Celková fyzická zátěž - 2 Pracovní poloha - 2 ústejná - 2
	ústejná vstřiky ústejných částí - TP - ústejná	3	ústejná - 3 Pracovní ústejná - 3 ústejná - 3 Pracovní ústejná - 3 Celková fyzická zátěž - 3 Pracovní poloha - 3 ústejná - 3
	ústejná vstřiky ústejných částí - ústejná - ústejná	2	ústejná - 2 Pracovní ústejná - 2 ústejná - 2 Pracovní ústejná - 2 Celková fyzická zátěž - 2 Pracovní poloha - 2 ústejná - 2
	ústejná vstřiky ústejných částí - TP - ústejná	3	ústejná - 3 Pracovní ústejná - 3 ústejná - 3 Pracovní ústejná - 3 Celková fyzická zátěž - 3 Pracovní poloha - 3 ústejná - 3

Obr. 5.24: Rozhodnutí KHS na základě protokolů o autorizovaném měření

Je patrné, že zařazení vybraných pozic v oblasti výroby žárovzdorných výrobků do kategorií práce odpovídá výsledkům hodnocení v rámci testování modelu.

Pro ověření modelu a metodiky v oblasti montáže byla vybrána společnost SOPO, s.r.o. Tato společnost se zabývá zejména navíjením, konkrétně na výrobu statorů a rotorů, které lze využít ve všech typech elektromotorů. Tato výroba probíhá v malých, středních i velkých sériích. Na následujícím Obr. 5.25 je zobrazena moderní výrobní hala společnosti v Modleticích a zároveň jsou zde zobrazeny ukázky základních výrobků. Jsou jimi statory a rotory. Tyto součásti se využívají u široké škály výrobků, které pro svůj pohon potřebují elektromotor.



Obr. 5.25: Výrobní hala SOPO s.r.o. v Modleticích a ukázka výrobků společnosti [49]

Model a metodika byly použity na operacích navíjení, skládání, bandážování, vtahování a kontroly na různých typech a velikostech výrobků. [K2, K4]

Ukázka vyplněných formulářů a finální výstupní report hodnocení bude v této práci z důvodu chráněných firemních dat uveden jen částečně. Kompletní výsledek může být představen při obhajobě disertační práce. Vyplněné formuláře pro operaci vtahování na lince vtahování jsou uvedeny na následujícím Obr. 5.26. Na uvedeném obrázku je zobrazen vyplněný formulář „0. Obecné údaje“, kde jsou vyplněny informace o výrobním podniku, pracovní pozici, výrobní lince a obecné údaje o analyzovaném procesu. Dále je pak na obrázku uveden formulář „1. Ergonomický design“, kde jsou charakterizovány rozměry konkrétního pracoviště, popsány časté dosahy a dosahy občasné. Dalším zobrazeným formulářem je formulář „2. Nepříjemné pracovní polohy“, kde jsou vyplněny zjištěné informace týkající se nepříjemných poloh operátora z pohledu zad, krku, ramen, loktů a zápěstí. Další hodnocenou kategorií je hodnocení počtu pohybů, které je uvedeno ve formuláři „4. Počty pohybů“. Z pohledu počtu pohybů jsou hodnoceny počty pohybů zvláště pro pravou ruku a levou ruku. Posledním zobrazeným formulářem je formulář „5. Lokální svalová zátěž“. V této kategorii jsou hodnoceny další faktory jako například úchop prsty, tlak nebo stisk dlaně, statická námaha, nebo rizikové polohy dolních končetin. Zmíněné formuláře jsou vyplněny konkrétními daty z reálného výrobního procesu ve výrobní společnosti.



0. Obecné údaje				
Firma	Sopo			
Pracovní pozice	Vtahování muži			
Výrobí linka	Linka vtahování			
Datum hodnocení	01.10.2020			
Hodnotitel	Kyncl Martin			
Parametry procesu	Počet směn	1	(1 / 2 / 3)	
	Pohlaví	ženy i muži	(muž / žena)	
		A	B	C
	Doba v zátěži	405		[min]
	Počet cyklů za směnu	45		[ks]
	Délka cyklu			[sec]

1. Ergonomický design			
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry	
Dosahy časté		Od [cm]	Do [cm]
	Vertikální dosah	90	134
	Dosah dopředu	20	40
	Dosah dostrany		50
Dosahy občasně		Od [cm]	Do [cm]
	Vertikální dosah	90	105
	Dosah dopředu		
Rozměry pracoviště		Od [cm]	Do [cm]
	Výška roviny	93	140
	Šířka roviny		
	Hloubka pro nohy		
	Šířka pro nohy		
	Výška pro nohy		
	Hloubka pro kolena		
	Světlá výška		
Podlahová plocha		m <sup>2</sup>	

2. Nepříjemné pracovní polohy					
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry			
Záda		Cyklus A	Cyklus B	Cyklus C	Celkem
		[sec/cyklus]	[sec/cyklus]	[sec/cyklus]	
Záda	Předklon > 60°				0
	Záklon > 15°				0
	Rotace > 20°	30	31	29	22
Krk	Předklon > 25°	5	5	5	4
	Záklon > 15°				0
	Rotace > 15°				0
Ramena	Pravá ruka				
	Předpažení > 60°				0
	Upažení > 60°	60	63	57	45
	Levá ruka				
Ložet	Předpažení > 60°				0
	Upažení > 60°	45	44	46	34
	Rotace levá ruka > 60°	10	11	9	8
	Rotace pravá ruka > 60°	10	12	8	8
Zápěstí	Pravá ruka				
	Flexe > 60°	10	9	11	8
	Extenze > 60°	10	8	12	8
	Levá ruka				
	Flexe > 60°	10	10	10	8
	Extenze > 60°	10	10	10	8

\* Varování - oranžová barva

5. Lokální svalová zátěž		
Další faktory	Úchop prsty	Ano
	Tlak / stisk dlaně	Ano
	Statická námaha	
	Rizikové polohy dolních končetin	
	Nárazový tlak ruky	

4. Počty pohybů					
Hodnocené parametry		Vyplňované parametry			
Pravá ruka		Cyklus A	Cyklus B	Cyklus C	Celkem
		[počet]	[počet]	[počet]	
Pravá ruka	Za minutu				
	Za cyklus	410	425	395	
	Za směnu	18 450	18 600	18 300	20 000
	Kvalifikovaný odhad	lehká	[lehká - 10%Fmax / středně těžká - 15%Fmax]		
Změřená svalová síla		[%Fmax]			
Levá ruka		Cyklus A	Cyklus B	Cyklus C	Celkem
		[počet]	[počet]	[počet]	
	Za minutu				
	Za cyklus	380	395	365	
Za směnu	17 100	17 000	17 200	17 100	
Kvalifikovaný odhad	lehká	[lehká - 10%Fmax / středně těžká - 15%Fmax]			
Změřená svalová síla		[%Fmax]			

\* Lehká práce / \*\* Středně těžká práce / \*\*\* Těžká práce

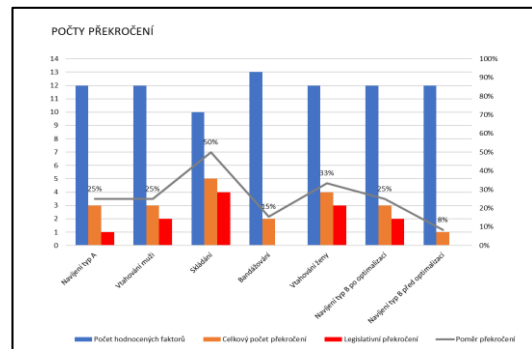
Obr. 5.26: Ukázka vyplněných formulářů na základě analýzy operace vtahování ve výrobním podniku

Po zadání dat do jednotlivých formulářů byly informace vloženy do databáze. Následně automatickým krokem byla data porovnána s limitními hodnotami pro jednotlivé kategorie, kdy limitní parametry vycházejí primárně z NV361/2007 a metodiky NIOSH RWL pro hodnocení

zátěže při manipulaci s břemeny. Na následujícím Obr. 5.27 je pak zobrazen přehledu výsledků a grafického výstupu přehledu výsledků analýzy provedené ve výrobním podniku.

Přehled výsledků					
<b>Charakter práce:</b> Místo výkonu práce: SOPO s.r.o., Modletice 191, 251 01 Modletice Počet zaměstnanců: 80 Směnnost a charakter práce: jednosměnný, 8 hodin Informace o manipulovaném materiálu: nevýznamná hmotnost Popis systému rotace: systém rotace není stanoven					
Celkové hodnocení					
Číslo	Název pozice	Počet hodnocených faktorů	Legislativní překročení	Celkový počet překročení	Procento překročení
1	Navíjení typ A	12	1	3	25%
2	Vtahování muži	12	2	3	25%
3	Skládání	10	4	5	50%
4	Bandážování	13	0	2	15%
5	Vtahování ženy	12	3	4	33%
6	Navíjení typ B před optimalizací	12	2	3	25%
7	Navíjení typ B po optimalizaci	12	0	1	8%
8					
9					
10					

**Souhrnné hodnocení:**  
Pracovní poloha: výskyt nepříjemných poloh paží překračuje hygienický limit na pozicích vtahování, skládání, navíjení typ B  
Návrh na zlepšení:  
Na pozici navíjení typ B - práci vstoje a rotaci s pozicí navíjení typ A  
Na pozici vtahování - jiné umístění přípravku, příp. práci vstoje - alespoň střídání sed a sto  
Na pozici skládání - technické řešení vkládání izolace - automat  
Na všech pozicích výškové stavitelné stoly - střídání pracovní polohy primárně vstoje a občas v sedě je nezbytné nutné pro eliminaci nepříjemných poloh paží a rizika vzniku nemoci z povolání.



Obr. 5.27: Ukázka přehledu výsledků a grafického výstupu přehledu výsledků analýzy provedené ve výrobním podniku

Z uvedeného přehledu výsledků je patrné, jaký byl počet hodnocených faktorů na jednotlivých pozicích (pracovištích, operacích). Dále je z přehledu výsledků patrné, na které konkrétní pozici (pracovišti, operaci) došlo k překročení v první řadě legislativních limitů a v jaké četnosti, ale také celkového počtu překročení limitů a v jaké četnosti. V přehledu výsledků je také procentuálně vyjádřen poměr počtu překročení limitů vůči počtu hodnocených faktorů. Na základě výsledků analýzy je generován akční plán. Ukázka akčního plánu na základě výsledků analýzy ve výrobním podniku je uvedena na následujícím Obr. 5.28.

Akční plán										
Číslo	Zároveň / Operace	Kategorie	Zjištěný problém	Zjištěný stav	Limit	Priorita	Komentář	Zodpovědná osoba	Datum úpravy	Nový stav
1	Navíjení typ A	Ergodesign	Vertikální dosah	174,0	70 - 150 cm	1		XY	xx.yy.zzzz	148
2	Navíjení typ A	Ergodesign	Přední dosah	60,0	5 - 50 cm	1		XY	xx.yy.zzzz	45
3	Navíjení typ A	Ergodesign	Výška roviny	129,0	75 - 120 cm	1		XY	xx.yy.zzzz	115
4	Vtahování muži	Ergodesign	Vertikální dosah	134,0	70 - 120 cm	1		XY	xx.yy.zzzz	115
5	Vtahování muži	Ergodesign	Výška roviny	140,0	75 - 120 cm	1		XY	xx.yy.zzzz	92
6	Vtahování muži	NPP	P rameno upažení celkem	45,0	30 min (8h)	1		XY	xx.yy.zzzz	25
7	Vtahování muži	NPP	L rameno upažení celkem	33,8	30 min (8h)	1		XY	xx.yy.zzzz	29
8	Skládání	Ergodesign	Přední dosah	60,0	5 - 40 cm	1		XY	xx.yy.zzzz	39
9	Skládání	Ergodesign	Vertikální dosah	10,0	70 - 150 cm	1		XY	xx.yy.zzzz	95
10	Skládání	NPP	P rameno upažení celkem	34,5	30 min (8h)	1		XY	xx.yy.zzzz	28,3

Obr. 5.28: Ukázka akčního plánu na základě výsledků analýzy ve výrobním podniku

Akční plán slouží jako základní stavební kámen pro následná nápravná opatření konkrétního procesu či operace s cílem zlepšení ergonomičnosti pracoviště. V akčním plánu je identifikován

konkrétní záznam (proces, operace), kde došlo k překročení limitů. Dále je zde specifikována kategorie, ve které došlo k porušení limitů, konkrétní zjištěný problém a zjištěný stav. Například na řádku jedna je uvedena operace navíjení typ A, kde byl zjištěn problém v kategorii ergodesignu a to konkrétně ve faktoru vertikální dosah. Zjištěný aktuální stav vertikální dosahu při realizaci operace navíjení typ A operátorem je 174 cm. Tato hodnota překračuje stanovený limit, který se nachází v rozmezí 70 cm až 150 cm. Pro následnou optimalizaci je tento faktor prioritní. Za nápravu je zodpovědná osoba „XY“. Datum provedené úpravy „xx.yy.zzzz“. A jako poslední je zde uveden dosažený stav po optimalizaci. Kdy v rámci optimalizace bylo změněno rozložení pracoviště tak, že výsledný vertikální dosah dosáhl hodnoty 148 cm. Jedná se o výsledek, který splňuje stanovený limit.

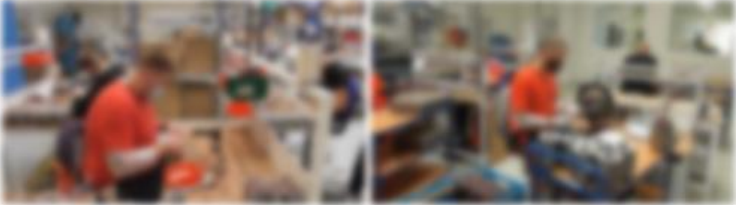
Reálnost výše uvedených výsledků, které vznikly za použití modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště je nutné porovnat s výsledky autorizovaného měření.

V rámci ověření použitelnosti modelu bylo provedeno měření lokální svalové zátěže a ergoscreening několika vybraných pracovišť společností Staff Advance s.r.o., která je autorizovanou laboratoří. Mezi vybrané pozice patří navíjení výrobku typu A, skládání, vtahování, bandážování a kontrola. Navíjení a skládání je prováděno většinou ženami, vtahování a kontrola jsou prováděny ženami i muži, bandážování poté většinou muži. Výsledky autorizovaného měření jsou uvedeny v protokolu o autorizovaném měření, jehož ukázka je zobrazena na následujícím Obr. 5.29.

Staff Advisory S.r.l.s. DNČ, CZ 28803890	<b>Protokol o autorizovaném měření</b>		
<b>Staff Advisory</b>	<b>Titul 1.0 - Měření a posouzení lokální svalové zátěže</b>		
Verze: 0001	Dat.: 03.02.2020	Dat.: 06.05.2020	Strana 4 z 8

**B Měření lokální svalové zátěže**

**B.1 NÁZEV PRÁCE: BANDAŽOVÁNÍ, VTAHOVÁNÍ**



**B.1.1 Popis pracovního prostředí**

**Popis práce v průměrné směně**

- **bandážování** - pracovník provazuje výrobek bandáží a stahuje, dále upravuje výšku vlnití překlopování
- **stahování** - pracovník stahuje namotaný drát do výrobku pomocí háku, výrobek je zatížen v přípravku
- zaměňování nástrojů
- **výrobky**  
jedná se o díly pro elektromotory  
manipulovaný materiál - kov, plast  
hmotnost manipulovaného materiálu je cca 5 kg  
prodloužené nástroje - kláves, kleště, šroubovák, přípravek na stahování  
v průměrné směně zaměňování vpráci na postci bandážování 57 kusů, na postci stahování 45 ks
- jedná se o práci s dynamicko-statickou zátěží svalových skupin předloktí a ruky s převahou dynamické zátěže
- práci bandážování vykonávají muži různých věkových kategorií, práci stahování vykonávají muži i ženy různých věkových kategorií
- práce je vykonávána v hodnocené poloze

**Pracovní poloha**

- základní pracovní poloha - vzpří
- výška pracovní plochy není nastavitelná
- výška pracovní plochy je 79 cm, výška pracovní rotny je 79-90 cm, doporučená vzdálenost je do 50 cm
- v průběhu práce se vyskytují i nefyziologické polohy (povrní končetiny), podrobnější hodnocení bylo provedeno v rámci ergonomického

**Působení fyzikálních faktorů**

- ze zdravotního hlediska není významná

**Působení chemických faktorů prostředí**

- ze zdravotního hlediska není významná

**Úrazové riziko a riziko infekce**

- riziko poranění při manipulaci s nástroji
- riziko infekce se nevyskytuje.

Obr. 5.29: Protokol o autorizovaném měření

Z pohledu fyzické zátěže, tak bylo provedeno měření lokální svalové zátěže a spočítány počty pohybů. Výsledky jsou na následujícím Obr. 5.30.

**8.1.4 POČTY POHYBŮ V ZÁVISLOSTI NA VYNAKLÁDANÝCH SVALOVÝCH SILÁCH**  
 Jedná se o další kritérium hodnocení lokální svalové zátěže.

mít.č.	název práce	pravá ruka					levá ruka				
		počet pohybů	úhly extenzory	úhly flexory	limit pohybů za směnu	podíl limitu za směnu	počet pohybů	úhly extenzory	úhly flexory	limit pohybů za směnu	podíl limitu za směnu
1	bandážování	24541	6.8	6.5	27600	89%	12707	5.9	6.8	27600	46%
2	vtažování	18450	9.5	9.5	20800	89%	17100	6.7	7.0	27600	62%

\* pro takto nízké síly není směnový limit pohybů stanoven; hygienický limit pro průměrné minutové počty pohybů drobných svalů ruky a prstů není překročen

**Hodnocení**  
 - vztah počtu pohybů v závislosti na vynakládaných svalových silách při zátěži malých svalových skupin předloktí a ruky ve smyslu NV 361/2007 Sb. nepřekračuje limitní hodnoty na žádné z hodnocených pozic

Obr. 5.30: Výsledky měření lokální svalové zátěže a měření počtu pohybů

Je patrné, že hodnoty počtu pohybů stanovené autorizovanou laboratoří jsou řádově srovnatelné s hodnotami nasbíranými v rámci testování modelu. Zde se zcela určitě jedná o subjektivní hodnocení, neboť neexistuje žádná metodika pro stanovení počtu pohybů. Velkou roli dále hraje zkušenost hodnotitele. Nicméně pokud je počet pohybů definován jako každý započatý pohyb, dostane i méně zkušený pozorovatel řádové číslo počtu pohybů. V rámci měření autorizovanou laboratoří bylo provedeno EMG měření lokální svalové zátěže. Zde je patrné, že kvalifikovaný odhad v rámci testování modelu byl opět proveden správně. Pro kvalifikovaný odhad obtížnosti práce je opět potřeba zkušeného hodnotitele, nicméně se v tomto případě dá vycházet z existujících dat – historická měření obdobných pozic nebo výrobků. Dále se dá vycházet z názoru odborníka zabývajícího se měřením lokální svalové zátěže, kdy se práce dělí v podstatě jen na lehkou (do 10 % Fmax), středně těžkou (do 15 % Fmax) a těžkou (do 20 % Fmax) viz Kapitola 5.2. Jde o výrazné zjednodušení, ale model pro komplexní hodnocení ergonomičnosti nemá ambice suplovat měření akreditovanou laboratoří, ale přinést nástroj pro interní hodnocení ergonomičnosti pracoviště a indikaci nevyhovujícího stavu.

Dále byl autorizovanou laboratoří proveden rámcový popis pracovních podmínek skládající se z popisu práce v průměrné směně, pracovní polohy, působení fyzikálních faktorů, působení chemických faktorů, úrazového rizika a rizika infekce. Z pohledu pracovní polohy můžeme spatřit

velmi podobné závěry jako tomu je ve výše popsaném akčním plánu: základní pracovní poloha – vsedě; výška pracovní plochy není nastavitelná; výška pracovní plochy je 79 cm; výška pracovní roviny je 79-90 cm; dosahová vzdálenost je do 58 cm; v průběhu práce se vyskytují i nefyziologické polohy horních končetin.

Ověření modelu a metodiky bylo provedeno na vybraných úlohách v laboratorních podmínkách pomocí porovnání fyzického hodnocení modelem, analýzou poloh a pohybů Motion Capture oblekem modulem NV361/2007 a hodnocením poloh a pohybů ve vymodelovaném digitálním dvojčeti fyzického pracoviště montáže analýzou NV361/2007 v SW Siemens Jack. Dále bylo provedeno ověření modelu a metodiky na reálných operacích výroby, manipulace a montáže ve vybraných výrobních podnicích. Z pohledu výrobních operací byl model testován ve výrobě žárovzdorných výrobků a porovnán s výstupy KHS Pardubického kraje. Model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště byla dále aplikována na hodnocení konkrétních pracovišť montážního charakteru v oblasti výroby elektromotorů. Výsledky generované vyvinutým modelem a metodikou pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště byly následně porovnány s výsledky autorizovaného měření společnosti Staff Advance s.r.o., které byly realizovány na stejných výrobních operacích ve stejném výrobním podniku.

Na základě porovnání výsledků generovaných za použití vyvinutého modelu a metodiky a výstupů hodnocení pomocí Motion Capture obleku, SW Siemens Jack, rozhodnutí KHS Pardubického kraje a výsledků autorizovaného měření lze konstatovat, že výsledný Model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště je funkční, a že poskytuje validní výstupy týkající se hodnoceného pracoviště nebo operace z pohledu ergonomie práce.

## 5.7 Závěr kapitoly

Pátá kapitola disertační práce se věnuje vlastnímu návrhu modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. V tomto případě je hlavním cílem práce zlepšit kvalitu interakce mezi člověkem a okolními podmínkami při realizaci výrobního či montážního procesu, zejména pak snížit riziko vzniku onemocnění pohybového aparátu, především onemocnění páteře a horních končetin z přetížení. Vlastní řešení disertační práce ve své návrhové části přímo zohledňuje legislativu České republiky, která hraje klíčovou roli pro zpracování nové metodiky a modelu hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Dalším významným činitelem, který ovlivňuje zpracování modelu a metodiky jsou data týkající se hlášených nemocí z povolání v České republice. Poslední obecnou podmínkou pro zpracování modelu a metodiky je její univerzálnost a použitelnost napříč průmyslem.

Na základě provedené rešerše ergonomie a rešerše hodnocení ergonomičnosti pracovišť byl sestaven zjednodušený model pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Tento zjednodušený model slouží ke stanovení okrajových podmínek pro realizaci vlastního modelu a metodiky pro hodnocení ergonomičnosti pracoviště. První okrajovou podmínkou modelu je prevence vzniku a odhalování možných příčin nemocí z povolání z titulu nevhodných podmínek pracovního procesu. Druhou okrajovou podmínkou modelu je stanovení souladu s platnou legislativou České Republiky. Zde byla zahrnuta vyhláška č. 432/2003 Sb., která se zabývá kategorizací prací a vyjadřuje souhrnné hodnocení úrovně zátěže zaměstnanců faktory rozhodujícími ze zdravotního hlediska o kvalitě pracovních podmínek, dále bylo zahrnuto nařízení vlády č. 361/2007 Sb., které stanovuje minimální opatření k ochraně zdraví při práci. Zmíněné nařízení vlády se zabývá rizikovými faktory, jejich členěním a hodnocením, hodnotí přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy, rozměry pracovní roviny, pracovního místa a jeho požadavky, vymezuje celkové a lokální svalové zátěže, biologické činitele, psychickou zátěž. Pro řešení disertační práce byla zahrnuta norma ČSN EN ISO 14 738 Bezpečnost strojních zařízení, která zohledňuje antropometrii jakožto systém měření a pozorování lidského těla a jeho částí. Druhou významnou normou pro disertační práci, je norma ČSN EN 1005 Bezpečnost strojních zařízení, která stanovuje parametry fyzické zátěže. Poslední normou je norma ČSN EN 614, která zohledňuje ergonomické zásady navrhování, a to zejména základní terminologii a všeobecné zásady a požadavky na výrobky. Třetí okrajovou podmínkou pro zpracování modelu je vymezení se na fyzický typ zátěže, který je z titulu nemocí z povolání nejvýznamnější. [K1]

Takto stanovený zjednodušený model pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, který zohledňuje výše zmíněné okrajové podmínky, které vedou ke stanovení hodnocených faktorů ergonomičnosti pracoviště sloužil jako základní stavební kámen pro zpracování vlastního modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Nejdříve byla zpracována vlastní metodika pro hodnocení ergonomičnosti pracoviště, která se skládá z šesti částí, kterými jsou analýza hodnoceného pracoviště, sběr procesních dat z hodnoceného pracoviště, zápis parametrů hodnoceného pracoviště, analýza dat a porovnání s limity, generování akčního plánu a optimalizace pracoviště. Následně byl popsán postup zpracování modelu pro komplexní hodnocení pracoviště. V rámci modelu je poté zpracováno celkem 13 formulářů, kde je kladen důraz na jejich obsah, návod k vyplnění, možnosti vyplnění a limity. Postupně jsou takto popsány formuláře „0. Obecné údaje“, „1. Ergonomický design“, „2. Nepřijatelné pracovní polohy“, „3. Podmíněně přijatelné pracovní polohy“, „4. Počty pohybů“, „5. Lokální svalová zátěž“, „6. Síly“, „7. NIOSH/RWL“, „8. Břemena“, „9. Tepová frekvence“, „10. Výdej energie“, „11. Práce v sedě“ a „12. Ostatní faktory“ včetně zdůvodnění jejich výběru a výběru parametrů obsažených v těchto formulářích. Model a metodika jsou zpracovány v softwaru Microsoft excel, tak aby byla jeho obsluha co nejvíce uživatelsky přívětivá. Nedílnou součástí práce je zpracované procesní schéma modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, které jednoznačně určuje postup činností, běh a rozhodovací pravidla pro dosažení stanoveného cíle. Vlastní algoritmus celého modelu je sestaven z konečného počtu jednoduchých a velice snadno realizovatelných činností, které vedou k porovnání hodnocených parametrů se stanovenými limity. Pro použitelnost v průmyslu byl jako součást modelu a metodiky zpracován reporting přehledu výsledků, který plně vychází z dat z provedené analýzy. Poslední částí vlastního zpracování modelu a metodiky je pak akční plán. Jedná se o nástroj určený pro následnou optimalizaci pracoviště, procesu či operace s cílem zlepšení ergonomičnosti pracoviště tak, aby došlo v maximální míře k eliminaci rizika vzniku nemocí z povolání.

Poslední krokem při zpracování modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště bylo ověření funkčních vazeb a logického systému vlastního modelu a metodiky. Ověření proběhlo v několika fázích. Model byl testován prostřednictvím použití fiktivních dat, kdy na základě výsledků byl algoritmus a limitní data modelu a metodiky v několika iteracích optimalizovány. Dále byla provedeno porovnání na základě úloh v laboratorních podmínkách pomocí Motion Capture obleku a SW Siemens Jack. [K4, K8] Finální ověření bylo provedeno na reálných případech z výrobních podniků, kdy byl model a metodika aplikována na hodnocení



konkrétních pracovišť výrobního charakteru ve výrobě žárovzdorných výrobků [K3, K5, K6, K7] a montážního charakteru v oblasti výroby elektromotorů. [K2, K4] Výsledky generované vyvinutým modelem a metodikou pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště byly následně porovnány s výsledky rozhodnutí KHS Pardubického kraje založeného na protokolech o měření faktorů pracovního prostředí (hluk, prach, vibrace přenášené na ruce, pracovní poloha, celková fyzická zátěž a zátěž teplem) a autorizovaného měření společnosti Staff Advance s.r.o., které byly realizovány na stejných výrobních operacích ve stejném výrobním podniku. V závěru, na základě dostupných dat z autorizovaných měření lze konstatovat, že výsledný Model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště je funkční, a že poskytuje validní výstupy týkající se hodnoceného pracoviště nebo operace z pohledu ergonomie práce.

## 6. Závěry a diskuze výsledků

Doktorská práce s názvem „Model a metodika pro komplexní ergonomické hodnocení pracoviště“ se zabývá problematikou ergonomie v průmyslovém prostředí. Práce je strukturována do jednotlivých kapitol, kde v úvodní části práce je uveden přehled problematiky ergonomie práce. Je zde popsána ergonomie jako vědní interdisciplinární obor, který se zabývá interakcí mezi člověkem a pracovním prostředím. [1] [2] [3] Současný stav poznání v oblasti ergonomie ukazuje, že ergonomický design hraje klíčovou roli v prevenci nemocí z povolání a zlepšení produktivity a spokojenosti zaměstnanců. Dále je v této kapitole vymezeno směřování disertační práce vůči prostředí ergonomie práce, jelikož pracovní podmínky a bezpečnost a ochrana zdraví při práci jsou definovány a řízeny platnou legislativou České republiky.

Konkrétní právní předpisy ohraničující rámec této disertační práce, jedná se o zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce [5], který definuje základní podmínky výkonu práce a požadavky na bezpečnost a ochrany zdraví při práci, dále pak o zákon č. 309/2006 Sb., který upravuje další požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci [6], Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného [7], Nařízení vlády č. 101/2005 Sb., které zahrnuje požadavky na zajištění bezpečnosti práce a pracovního prostředí. [8], dále se pak jedná o vyhlášku č. 432/2003 Sb., která se zabývá kategorizací prací a vyjadřuje souhrnné hodnocení úrovně zátěže zaměstnanců [9], a v neposlední řadě jde o nařízení vlády č. 361/2007 Sb., které se zabývá rizikovými faktory, jejich členěním a hodnocením, stanovuje přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy, rozměry pracovní roviny, pracovního místa a jeho požadavky, vymezuje celkové a lokální svalové zátěže, biologické činitele, psychickou zátěž, mapuje bližší hygienické požadavky na mikroklimatické podmínky na pracovišti, jako větrání pracovišť a nucené větrání, vytápění, osvětlení pracoviště, rozměry pracovní roviny, pracovního místa a požadavky na ovladače, sanitární zařízení, práce s chemikáliemi, prach a jejich hygienické limity a postup při jejich stanovení [10]. Dále jsou zde dle nařízení vlády č. 290/1995 Sb. definovány nemoci z povolání, jako nemoci vznikající nepříznivým působením chemických, fyzikálních, biologických nebo jiných škodlivých vlivů, pokud vznikly za podmínek uvedených v seznamu nemocí z povolání. [11] Na základě provedené rešerše nemocí z povolání jsou nemoci způsobené fyzikálními faktory nejvýznamnější a jejich eliminace je kontextu řešení této disertační práce nejzásadnější. [13] [14] [15] [12]

Další kapitola disertační práce se věnuje současnému stavu poznání v oblasti hodnocení ergonomičnosti pracovišť. V rámci kapitoly byly popsány obecné přístupy například dle [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25], které slouží k celkovému hodnocení a následné optimalizaci pracovišť.

Dále pak byla provedena důkladná rešerše metody [36] [37] [38] [40] [41] [43] [44] [46] [47], které se zaměřují na hodnocení konkrétní ergonomických rizik jako je například manipulace s břemeny, polohy nebo opakující se pohyby. Právě metody jsou často používány v analytických etapách, které definují jednotlivé přístupy k návrhu a hodnocení pracovišť. Dále je ve třetí kapitole provedeno porovnání vybraných nejvýznamnějších metod pro hodnocení fyzické zátěže. Z výsledků porovnání vyplývá, že existující přístupy nejsou schopny poskytnout komplexní zhodnocení ergonomičnosti pracoviště a existující metody nejsou schopny poskytnout celistvý ergonomický pohled na ergonomičnost daného pracoviště, což je zapříčiněno tím, že jednotlivé metody mohou dávat různé výsledky, které se mohou překrývat, ale i odporovat. Dalším zásadním problémem dostupných metod je rozdíl mezi výstupy a legislativou České republiky. Všechny porovnávané metody jsou schopny hodnotit fyzickou zátěž, ale už ne všechny hodnotí polohy, počty pohybů a manipulaci s břemeny. Žádná z hodnocených metod nedává konkrétní návrhy na řešení nevyhovujícího stavu fyzické zátěže nebo pracoviště a nenabízí komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, které by bylo rychle realizovatelné s nižšími požadavky na obsluhu. [K4, K8]

Pátá kapitola disertační práce se věnuje vlastnímu návrhu modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, který přímo zohledňuje legislativu České republiky. V prvním kroku byl sestaven zjednodušený model pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, jakožto nástroj pro stanovení okrajových podmínek pro realizaci vlastního modelu a metodiky. Na základě zjednodušeného modelu byla zpracována vlastní metodika pro hodnocení ergonomičnosti pracoviště, která se skládá z šesti kroků. Prvním krokem je analýza hodnoceného pracoviště, druhým krokem je sběr procesních dat z hodnoceného pracoviště, dále pak zápis parametrů hodnoceného pracoviště, následuje analýza dat a porovnání s limity, dalším krokem je pak generování akčního plánu a optimalizace pracoviště. Dále je zde popsán postup zpracování modelu pro komplexní hodnocení pracoviště, jehož výstupem je zpracování celkem 13 formulářů, kde je kladen důraz na jejich obsah, návod k vyplnění, možnosti vyplnění a limity. Postupně jsou takto definovány formuláře „0. Obecné údaje“, „1. Ergonomický design“, „2. Nepřijatelné pracovní polohy“, „3. Podmíněně přijatelné pracovní polohy“, „4. Počty pohybů“, „5. Lokální svalová zátěž“, „6. Síly“, „7. NIOSH/RWL“, „8. Břemena“, „9. Tepová frekvence“, „10. Výdej energie“, „11. Práce v sedě“ a „12. Ostatní faktory“ včetně zdůvodnění jejich výběru a výběru parametrů obsažených v těchto formulářích. Součástí této kapitoly je zpracované procesní schéma modelu a metodiky, které jednoznačně určuje postup činností, běh a rozhodovací pravidla pro dosažení stanoveného cíle. Pro použitelnost v průmyslu byl jako

součástí modelu a metodiky zpracován reporting přehledu výsledků, který plně vychází z dat z provedené analýzy. Poslední částí vlastního zpracování modelu a metodiky je pak akční plán. Výsledný model a metodika jsou zpracovány v softwaru Microsoft excel, tak aby byla jeho obsluha co nejvíce uživatelsky přívětivá. [K1]

Ověření pravdivosti funkčních vazeb a logického systému vlastního modelu a metodiky proběhlo v několika fázích. Model byl testován prostřednictvím použití fiktivních dat, kdy na základě výsledků byl algoritmus a limitní data modelu a metodiky v několika iteracích optimalizovány. Dále byla provedeno porovnání na základě úloh v laboratorních podmínkách pomocí Motion Capture obleku a SW Siemens Jack. Finální ověření bylo provedeno na reálných případech z výrobních podniků, kdy byl model a metodika aplikována na hodnocení konkrétních pracovišť výrobního charakteru ve výrobě žárovzdorných výrobků a montážního charakteru v oblasti výroby elektromotorů. Výsledky generované vyvinutým modelem a metodikou pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště byly následně porovnány s výsledky rozhodnutí KHS Pardubického kraje založeného na protokolech o měření faktorů pracovního prostředí (hluk, prach, vibrace přenášené na ruce, pracovní poloha, celková fyzická zátěž a zátěž teplem) a autorizovaného měření společnosti Staff Advance s.r.o., které byly realizovány na stejných výrobních operacích ve stejném výrobním podniku. V závěru, na základě dostupných dat z autorizovaných měření lze konstatovat, že výsledný Model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště je funkční, a že poskytuje validní výstupy týkající se hodnoceného pracoviště nebo operace z pohledu ergonomie práce. [K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8]

Jako velký benefit zpracovaného modelu lze chápat generování akčního plánu, který je unikátní v porovnání s ostatními modely a metodami pro hodnocení pracovišť, navíc oproti ostatním metodám vychází z platné legislativy České republiky. Výhodou mého řešení je univerzálnost použití v průmyslové praxi, a to i za předpokladu, že hodnotitel není kvalifikovaný ergonom.

## 6.1 Splnění cílů práce

Hlavním cílem disertační práce je na základě teoretického základu znalosti legislativního rámce navrhnout model a metodiku pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště univerzálně a rychle aplikovatelnou v průmyslové praxi. Lze konstatovat, že prostřednictvím splnění dílčích cílů práce bylo dosaženo univerzálního a napříč průmyslem použitelného modelu a metodiky pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště.

*Tímto byl hlavní cíl práce splněn.*

### 1. Stanovení hodnotících faktorů a charakteristiky jejich limitů s ohledem na legislativní rámec

Byla provedena rešerše současně platné české legislativy a norem v oblasti bezpečnosti a ergonomie práce, na jejímž základě byly stanoveny hodnotící faktory jako vstup pro tvorbu zjednodušeného modelu. [K8]

*Tímto byl dílčí cíl práce splněn.*

### 2. Návrh zjednodušeného modelu pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště

Další částí práce byla tvorba zjednodušeného modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, kdy byla rešerše současně platné české legislativy a norem doplněna o rešerši metodik a metod pro hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Na základě závěrů těchto rešerší a s ohledem na provedenou analýzu nemocí z povolání byl vytvořen zjednodušený model pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště. [K4]

*Tímto byl dílčí cíl práce splněn.*

### 3. Vlastní návrh modelu a metodiky pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště

Byl vytvořen model a metodika pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště. Metodika se skládá z šesti částí a vlastní model, který se skládá ze 13 formulářů. Metodika a model byly vytvořeny v programu Microsoft Excel. Součástí práce je také procesní schéma, které určuje postup činností, funkci a rozhodovací pravidla pro dosažení cíle. [K1]

*Tímto byl dílčí cíl práce splněn.*

#### **4. Ověření vyvinutého modelu a metodiky pro komplexní posouzení ergonmičnosti pracoviště**

Ověření proběhlo v několika fázích. Nejdříve byl model testován prostřednictvím použití fiktivních dat, kdy na základě výsledků byl algoritmus a limitní data modelu a metodiky v několika iteracích optimalizovány. Dále byla provedeno porovnání na základě úloh v laboratorních podmínkách pomocí Motion Capture obleku a SW Siemens Jack. Finální ověření bylo provedeno na reálných případech z výrobních podniků, kdy byl model a metodika aplikována na hodnocení konkrétních pracovišť výrobního charakteru ve výrobě žárovzdorných výrobků a montážního charakteru v oblasti výroby elektromotorů. Výsledky generované vyvinutým modelem a metodikou byly následně porovnány s výsledky autorizovaných měření. [K2, K3, K4, K5, K6, K7] *Tímto byl dílčí cíl práce splněn.*

Závěry této práce a její výsledky naplňují všechny dílčí zadané cíle, které byly v počátcích výzkumu stanoveny.

## 6.2 Přenositelnost řešení

V průmyslovém sektoru hraje velkou roli zvyšování konkurenceschopnosti a efektivity výrobních procesů na straně jedné a na straně druhé dochází z titulu interakce mezi člověkem a okolními podmínkami při realizaci výrobního či montážního procesu k onemocněním pohybového aparátu, především onemocněním páteře a horních končetin z přetížení. Tato onemocnění jsou charakteristické postupným začátkem a jejich riziko se zvětšuje například nadměrným vynakládáním sil, nepřirozenou pracovní polohou a třeba také opakovatelností pohybů. Lidské zdroje stále zásadní roli v oblasti výrobních a montážních procesů. Negativním vlivem pro konkurenceschopnost podniků je také dlouhodobě stagnující trh práce. Jedinou možností je tak optimalizace pracovních podmínek s ohledem na potřeby a schopnosti pracovníků, pro dosažení co nejvyšší efektivity.

Vlastní model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště je univerzálně použitelná napříč průmyslovým sektorem České republiky, protože je primárně omezená legislativním rámcem České republiky. Z pohledu přenositelnosti řešení je možné uvažovat o rozšíření na další státy Evropské unie. V této souvislosti by bylo nutné přizpůsobit fungování dle legislativy konkrétního členského státu a také případně změnit limitní hodnoty jednotlivých faktorů.

### 6.3 Důsledky pro vědu a průmyslovou praxi

V celosvětovém měřítku existuje velké množství alternativních řešení a velké množství přístupů a metod pro hodnocení ergonomičnosti pracoviště, ovšem všechny tyto přístupy a metody mají společného jmenovatele, a to, že výstupní data nedávají komplexní pohled na hodnocené pracoviště. Řada metod se specializuje pouze na hodnocení konkrétního faktoru, případně kombinace několika faktorů. Můžeme tedy narazit na metody hodnotící například pouze manipulaci s břemeny, ergonomický design pracoviště, síly nebo například nepříjemné polohy. V několika případech si výstupní data z různých metodik mohou i odporovat. Z pohledu přínosů pro vědu lze konstatovat, že nový model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, realizovaná na základech legislativy České republiky, umožňuje objektivně hodnotit ergonomičnost pracovišť napříč průmyslovým spektrem, a to i za předpokladu, že hodnotitel není kvalifikovaný ergonom.

Z pohledu důsledků a přínosů pro průmyslovou praxi je možné konstatovat, že prostřednictvím nového modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, bylo dosaženo unikátní řešení, které se opírá o automaticky generovaný akční plán pro následnou optimalizace konkrétního pracoviště. Z pohledu průmyslové praxe je možné model rozšířit mezi členy České ergonomické společnosti, jako jednotný nástroj pro hodnocení pracovišť v České republice.

Z výše uvedeného textu je patrné, že disertační práce přispěla k rozšíření stávající teoretické a praktické znalostní základy týkající se ergonomie pracovišť a našla také své uplatnění i při konkrétních praktických aplikacích v průmyslové praxi.



## 6.4 Navazující výzkum

Navazující výzkum v oblasti komplexního hodnocení ergonomičnosti pracoviště by měl spočívat zejména ve stálém zlepšování v podobě zavádění aktualizací současné legislativy, zpřesňování používaných metod, případně automatizaci těchto dvou procesů. Z pohledu průmyslové praxe je další výzvou doplnění této metodiky a modelu o modul cost-benefit analýzy pro vyhodnocení nákladů na optimalizaci, ale zejména reálných přínosů odstraňování nevyhovujícího stavu průmyslových pracovišť a procesů a návratnosti případné investice.

Model by mohl být více automatizován, ne však nad možnosti běžně dostupného a používaného SW v průmyslových podnicích. Chybějící interaktivita, zpracování modelu v pokročilejším nebo komplexnějším programu je jakási daň za potenciál širšího rozšíření a používání modelu.

Dále by měl být model rozšířen o validaci limitů vyplývajících ze současné české legislativy a doplněn o působení kombinace faktorů na lidské tělo, jakými jsou například úhel působících sil, váha břemene, poloha atp. Model také v současnosti zcela nereflektuje antropometrii lidského těla, kdy by se měl rozšířit o tuto možnost a podpořit tak variabilitu použití i na více konkrétní zadání váhy a výšky pozorovaného pracovníka.

V neposlední řadě by model měl být vystaven mnohem většímu ověření uživatelské přívětivosti, tudíž rozšíření mezi uživatele z průmyslové praxe, sběr dat ze zpětné vazby, jejich vyhodnocení a případnou implementaci nápravného opatření nebo optimalizaci modelu. S tím souvisí i motivace, aby se výše popsaný model stal běžně uplatňovanou metodikou v České republice.

## 7. Bibliografie

1. IEA. *International Ergonomics Association* [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>
2. GILBERTOVÁ, S. a MATOUŠEK, O. *Ergonomie*. Praha. Grada Publishing, 2002. ISBN 80-247-0226-6.
3. CHUNDELA, L. *Ergonomie*. Praha. 2005. ISBN 80-01-02301-X.
4. SLAMKOVÁ, E. DULINA, Í. a TABAKOVÁ, M. *Ergonómia v priemysle*. Žilina. GEORG knihárstvo a tlačiareň, 2010. ISBN 978-80-89401-09-3.
5. Zákon č. 262/2006 Sb. Zákoník práce, [online]. 2006 [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262>
6. Zákon č. 309/2006 Sb. Zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci [online]. 2006 [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-309>
7. Zákon č. 258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů [online]. 2000 [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>
8. Nařízení vlády č. 101/2005 Sb. Nařízení vlády o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní ... [online]. 2005 [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-101>
9. Vyhláška č. 432/2003 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, ... [online]. 2003 [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-432>
10. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci [online]. 2007 [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
11. Nařízení vlády č. 290/1995 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví seznam nemocí z povolání [online]. 1995 [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-290/zneni-20230101>
12. FENCLOVÁ, Z. et al. *NEMOCI Z POVOLÁNÍ V ČESKÉ REPUBLICE V ROCE 2021* [Dokument]. Praha. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV, 2022 [cit. 2023-Březen-07]. ISSN 1804-5960. Dostupné z: [https://szu.cz/wp-content/uploads/2022/11/Hlaseni\\_NzP\\_2021.pdf](https://szu.cz/wp-content/uploads/2022/11/Hlaseni_NzP_2021.pdf)

13. FENCLOVÁ, Z. et al. *NEMOCI Z POVOLÁNÍ V ČESKÉ REPUBLICE V ROCE 2018* [Dokument]. Praha. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV, 2019 [cit. 2023-Březen-07]. ISSN 1804-5960. Dostupné z: [https://szu.cz/wp-content/uploads/2023/02/V-roce-2018\\_hlasene.pdf](https://szu.cz/wp-content/uploads/2023/02/V-roce-2018_hlasene.pdf)
14. FENCLOVÁ, Z. et al. *NEMOCI Z POVOLÁNÍ V ČESKÉ REPUBLICE V ROCE 2019* [Dokument]. Praha. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV, 2020 [cit. 2023-Březen-07]. ISSN 1804-5960. Dostupné z: [https://szu.cz/wp-content/uploads/2023/02/V\\_roce\\_2019\\_hlasene.pdf](https://szu.cz/wp-content/uploads/2023/02/V_roce_2019_hlasene.pdf)
15. FENCLOVÁ, Z. et al. *NEMOCI Z POVOLÁNÍ V ČESKÉ REPUBLICE V ROCE 2020* [Dokument]. Praha. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV, 2021 [cit. 2023-Březen-07]. ISSN 1804-5960. Dostupné z: [https://szu.cz/wp-content/uploads/2023/02/Hlaseni\\_NzP\\_2020.pdf](https://szu.cz/wp-content/uploads/2023/02/Hlaseni_NzP_2020.pdf)
16. TOMPA, E. et al. *The value of occupational safety and health and the societal costs of work-related injuries and ....* Luxembourg. 2019 [cit. 2023-Březen-08]. ISBN 978-92-9479-138-2. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/en/publications/value-occupational-safety-and-health-and-societal-costs-work-related-injuries-and>
17. Český statistický úřad. In: *Klasifikace ekonomických činností (CZ-NACE)* [online]. [cit. 2023-Březen-09]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/klasifikace\\_ekonomickych\\_cinnosti\\_cz\\_nace](https://www.czso.cz/csu/czso/klasifikace_ekonomickych_cinnosti_cz_nace)
18. Příručka k použití definice malých a středních podniků [online]. 2021 [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/spolecne-prilohy-dotacnich-programu-op-pik/2021/1/Prirucka-k-pouziti-definice-MSP.pdf>
19. BUREŠ M. *Disertační práce, Metodika digitálního ergonomického návrhu a hodnocení pracovišť ve strojírenských ....* Plzeň. Západočeská Univerzita v Plzni, 2010.
20. GÖRNER, T. *Metodika ergonomického návrhu pracovišť při vyvažování aspektů zdraví člověka, výkonu systému a ....* 2013. Disertační práce. ZČU v Plzni. 218 s..
21. CHUNDELA, L. *Ergonomie*. Praha. ČVUT v Praze, 1993. ISBN 80-01-00327-2.
22. MATOUŠEK, O. a ZÁSTAVA, Z. *Metody rozboru a hodnocení systémů člověk - stroj*. Praha. SNTL, 1977.
23. HLAVENKA, B. *Racionalizace technologických procesů*. Brno. PC-DIR, s.r.o. 1995.
24. KRÁL, M. *Pět kroků chronologického postupu ergonomického zkoumání a hodnocení v rámci pracovního systému*. Praha. VÚBP, 2002.
25. GAŠOVÁ, M. In: *Inovatívne riešenia spoločnosti CEIT v ergonómii pre zvyšovanie kvality života pracovníkov* [online]. Praha: 13. říjen. 2016 [cit. 2023-Březen-22]. Dostupné z:

- <https://www.vubp.cz/konference/2016/prezentace/inovativne-riesenia-spolocnosti-ceit-v-ergonomii,-pre-zvysovane-kvality-zivota-pracovnikov-verzia-pre-zverejnenie-gasova.pdf>
26. REFA - VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBSORGANISATION E. V. *Grundlagen der Arbeitsgestaltung*.. München. Hanser, 1991. ISBN 9783446163713.
  27. SCHMAUDER, M. a SPANNER-ULMER, B. *Ergonomie Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation*. 2. München. Carl Hanser Verlag München, 2022. ISBN 978-3-446-47106-1.
  28. STANTON, N. et al. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. Boca Raton (Florida). CRC Press LLC, 2005. ISBN 0-415-28700-6.
  29. SALVENDY, G. *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. 4. Hoboken (New Jersey, USA). John Wiley & Sons, 2012. ISBN 978-0-470-52838-9.
  30. SLAMKOVÁ, E. DULINA, Ľ. a TABAKOVÁ, M. *Ergonómia v priemysle*. Žilina. GEORG, 2010. ISBN 978-80-89478-00-2.
  31. GÓMEZ-GALÁN, M. et al. *Musculoskeletal disorders: OWAS review*. *Industrial Health*. 2017, 55 (4), s. 314-37. PMID: PMC5546841; PMID: 28484144.
  32. GÓMEZ-GALÁN, M. et al. *Musculoskeletal Risks: RULA Bibliometric Review*. *Environmental Research and Public Health*. 2020, 17 (12), s. 4354. PMID: PMC7345928; PMID: 32560566.
  33. A. T. *BIOLOGICKÁ ZPĚTNÁ VAZBA V TERAPII*. Brno: 2008. Diplomová práce [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/3921/final-thesis.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
  34. DOMBEKOVÁ B. *Disertační práce, Model pro hodnocení rizikového faktoru lokální svalová zátěž u vybraných prací*. Zlín. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018.
  35. European Agency for Safety and Health at Work. *Assessment of physical workloads to prevent work-related MSDs* [online]. [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/assessment-physical-workloads-prevent-work-related-msds>
  36. MCATAMNEY, L. a CORLETT, E. N. *RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*. *Appl. Ergonomics*. 1993, č 24, s. 91-99.
-

37. ErgoPlus. *A Step-by-Step Guide to the RULA Assessment Tool* [online]. [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://ergo-plus.com/rula-assessment-tool-guide/>
38. COLOMBINI, D. et al. *Exposure assesment of upper limb repetitive movements: a consensus document*. International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors. London. Taylor & Francis, 2001.
39. OCRA METHOD. *Nawo Natural Work* [online]. [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://nawo-solution.com/ocra-method/>
40. HIGNETT, S. a MCATAMNEY, L. *Rapid entire body assasment (REBA)*. Appl. Ergonomics. 2000, č 31, s. 201-05.
41. KARHU, O. KANSI, P. a KUORINKA, I. *Correcting working postures in industry: A practical method for analysis*. Appl. Ergon. 1977, č 8, s. 199-201.
42. ERGONAUTAS. OWAS. *ERGONIZA. SOFTWARE FOR ERGONOMIC MANAGEMENT* [online]. [cit. 2023-Březen-10]. Dostupné z: [https://www.ergonautas.upv.es/ergoniza/app\\_en/land/index.html?method=owas](https://www.ergonautas.upv.es/ergoniza/app_en/land/index.html?method=owas)
43. baua: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. *Risk Assessment with the Key Indicator Methods (KIM)* [online]. [cit. 2023-Březen-10]. Dostupné z: [https://www.baua.de/EN/Topics/Work-design/Physical-workload/Key-indicator-method/Key-indicator-method\\_node.html](https://www.baua.de/EN/Topics/Work-design/Physical-workload/Key-indicator-method/Key-indicator-method_node.html)
44. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). *Work Practices Guide for Manual Lifting*. Cincinnati, OH. Department of Health and Human Services (DHHS), NIOSH, s. Publication No. 81-122.
45. KETAN, H. S. a ALSAFFAR, I. Q. Enhancement of Ergonomics By Using NIOSH Lifting Equation In Molds Assembly Station. In: *1st International Conference on Recent Trends of Engineering Sciences and Sustainability 17-18 May / 2017*, sv. 17. IEEE, 2017. ISBN 978-1-5386-0802-9.
46. SNOOK, S. H. a CIRIELLO, V. M. *The Design of Manual Handling Tasks: Revised Tables of Maximum Acceptable Weights and Forces*. Ergonomics. 1991, Vol. 34 (No. 9), s. 1197-213.
47. SCHAUB, K. et al. *The European Assembly Worksheet*. Theoretical Issues in Ergonomics Science. 2012.
48. BAUMRUK M. *EAWS – European Assembly Worksheet*. Praha. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. [cit. 2023-03-19].

49. [sopo.cz](http://www.sopo.cz). *SOPO s.r.o.* [online]. 2023 [cit. 2023-11-12]. Dostupné z: [www.sopo.cz](http://www.sopo.cz)
50. U.S. Bureau of Labor Statistics. *2.6 million workplace injuries and illnesses in private industry in 2021, down 1.8 percent from 2020* [online]. 2022 [cit. 2023-Březen-08]. Dostupné z: <https://www.bls.gov/opub/ted/2022/2-6-million-workplace-injuries-and-illnesses-in-private-industry-in-2021-down-1-8-percent-from-2020.htm>
51. U.S. Bureau of Labor Statistics. *2.8 million nonfatal workplace injuries and illnesses occurred in private industry in 2019* [online]. 2020 [cit. 2023-Březen-08]. Dostupné z: <https://www.bls.gov/opub/ted/2020/2-8-million-nonfatal-workplace-injuries-and-illnesses-occurred-in-private-industry-in-2019.htm>
52. U.S. Bureau of Labor Statistics. *Number and rate of nonfatal work illnesses in private industries* [online]. [cit. 2023-Březen-08]. Dostupné z: <https://www.bls.gov/charts/injuries-and-illnesses/number-and-rate-of-nonfatal-work-illnesses-by-industry.htm>
53. CORLETT, E. N. a CLARK, T. S. *The ergonomics of workspaces and machines*. USA. CRC Press, 1995. ISBN 0-7484-0320-5.
54. M. B. *Disertační práce, Metodika digitálního ergonomického návrhu a hodnocení pracovišť ve strojírenských ...*. Plzeň. Západočeská Univerzita v Plzni, 2010.
55. TILHON, J. *Informace z VI. ročníku mezinárodní konference. Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti (JOSRA) [JOSRA]. roč. 10. 2017, č 3. - 4.* [cit. 2023-Březen-15]. ISSN: 1803-3687. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/node/74726/pdf-export>

## 8. Publikace autora

### 8.1 Publikace přímo související s disertační prací

- K1. KYNCL, M. a KYNCL, J. Complex workplace ergonomic evaluation model. In: NOVÁK, M., ed. *Sborník abstraktů Konference studentské tvůrčí činnosti STČ 2023*. Konference studentské tvůrčí činnosti STČ 2023, Praha, 2023-04-25. Praha: ČVUT. Fakulta strojní, 2023. Dostupné z: [https://stc.fs.cvut.cz/sbornik\\_abstraktu\\_STC\\_2023.pdf](https://stc.fs.cvut.cz/sbornik_abstraktu_STC_2023.pdf)
- K2. KYNCL, M.; SYROVÝ, P.; KYNCL, J.; JEŘÁBEK, J.; KELLNER, T. OPTIMIZATION OF THE ROTOR ASSEMBLY WORKPLACE. In: *TECHNOLOGICAL FORUM 2020*. Jaroměř, 2020-11-25. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2020. s. 102-106. ISBN 978-80-87583-32-6.
- K3. KYNCL, M.; KELLNER, T.; KYNCL, J.; SLANÝ, M.; BERÁNEK, L. Optimization of the Production Process of Vibrocasted Refractory Products. In: *Modern Technologies in Manufacturing (MTeM 2019)*. Cluj-Napoca, 2019-10-09/2019-10-12. EDP Sciences - Web of Conferences, 2019. s. 1-6. ISBN 978-2-7598-9083-5. DOI 10.1051/mateconf/201929905001
- K4. KYNCL, M.; SYROVÝ, P.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; BERÁNEK, L. Optimalizace pracoviště ruční montáže s využitím ergonomických simulací. In: KYNCL, J., T. KELLNER a M. KYNCL, eds. *Aplikovaná ergonomie 2019 - Sborník konference*. Aplikovaná ergonomie 2019, Praha, 2019-09-17/2019-09-18. Praha 6: ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav tech. obrábění, projektování a metrologie, 2019. s. 39-46. ISBN 978-80-01-06642-3. Dostupné z: [http://ergonomickakonference.cz/wp-content/uploads/2019/11/Sborn%C3%ADk\\_AE2019.pdf](http://ergonomickakonference.cz/wp-content/uploads/2019/11/Sborn%C3%ADk_AE2019.pdf)
- K5. KELLNER, T.; KYNCL, M.; KYNCL, J.; KOPTIŠ, M.; URBAN, J.; BERÁNEK, L.; KOTOUČEK, M. Manipulation with Raw Ceramic Chimney Pipes. *Manufacturing Technology*. 2019, **19**.(3.), 419-425. ISSN 1213-2489. DOI 10.21062/ujep/307.2019/a/1213-2489/mt/19/3/419
- K6. KYNCL, J.; KYNCL M; KELLNER, T. CONCEPT OF MANIPULATION WITH REFRACTORY PRODUCTS. In: *INVENTION FOR ENTERPRISE*. InvEnt 2019: Industrial Engineering – Invention for Enterprise, Žilina, 2019-06- 18. Bielsko-Biała: Akademia Techniczno-Humnistyczna, 2019. s. 80-83. ISBN 978-83-66249-18-9.
- K7. KELLNER, T.; KYNCL, J.; BERÁNEK, L.; KYNCL, M. *Technologie uchopování a manipulace s odděleným polotovarem komínové tvarovky*. [Funkční vzorek] 2018.
- K8. KYNCL, M.; KELLNER, T.; KYNCL, J.; BERÁNEK, L.; GREGOR, M. Design of the Assembly workplace considering the Ergonomics. In: *Konference studentské tvůrčí činnosti*. Studentská tvůrčí činnost 2018, Praha, 2018-04-11. ČVUT v Praze, fakulta strojní, 2018. ISBN 978-80-01-06421-4. Dostupné z: [http://stc.fs.cvut.cz/pdf18/8542.pdf?\\_=1522696198](http://stc.fs.cvut.cz/pdf18/8542.pdf?_=1522696198)

## 8.2 Ostatní publikace a tvůrčí činnost autora

- K9. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; PELIKÁN, L.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; NEČAS, M.; VOSTŘÁK, M.; SCHUBERT, J. et al. *Prototyp nástřikové formy pro lisování tvarově složitých žárovzdorných výrobků*. [Prototyp] 2022.
- K10. České vysoké učení technické v Praze, Praha 6, Dejvice, CZ; P-D Refractories CZ a.s., Velké Opatovice, CZ. *Spoj mezi dvěma extrudovanými keramickými komínovými vložkami*. Původci: BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; SYROVÝ, P.; KOTOUČEK, M.; KOVÁŘ, P.; KERŠNEROVÁ, L. et al. Česko. Užitený vzor CZ 36313. 2022-08-30. Dostupné z: [https://isdv.upv.cz/webapp/resdb.print\\_detail.det?pspis=PUV/40108&plang=CS](https://isdv.upv.cz/webapp/resdb.print_detail.det?pspis=PUV/40108&plang=CS)
- K11. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; SYROVÝ, P.; KYNCL, M.; KOTOUČEK, M.; KERŠNEROVÁ, L.; KOVÁŘ, P. et al. *Prototyp komínového systému s novým typem spoje pro W3G komínové systémy*. [Prototyp] 2022.
- K12. BERÁNEK, L.; KOTOUČEK, M.; PELIKÁN, L.; KELLNER, T.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; NEČAS, M.; SYROVÝ, P. *Odborná zpráva projektu FW01010048 za rok 2022*. [Výzkumná zpráva] 2022.
- K13. PELIKÁN, L.; KYNCL, J.; BERÁNEK, L.; LETÝ, K.; KELLNER, T.; NEČAS, M.; SEIDL, M.; KYNCL, M. et al. *Technologický postup pro dokončovací operace povrchu po nástřiku 112023-016*. [Ověřená technologie] 2022.
- K14. BERÁNEK, L.; SEIDL, M.; VOSTŘÁK, M.; PELIKÁN, L.; KELLNER, T.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; NEČAS, M. et al. *Odborná zpráva projektu FW01010427 za rok 2022*. [Výzkumná zpráva] 2022.
- K15. KŠIŠANOVÁ, S.; LIŠKA, K.; PRANTNEROVÁ, M.; SCHUBERT, J.; VOSTŘÁK, M.; KELLNER, T.; KYNCL, J.; KYNCL, M. et al. *Ověřená technologie nástřiku tvarových dílců*. [Ověřená technologie] 2021.
- K16. BERÁNEK, L.; SEIDL, M.; KYNCL, J.; VOSTŘÁK, M.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; PELIKÁN, L.; NEČAS, M. et al. *Odborná zpráva projektu FW01010427 za rok 2021*. [Výzkumná zpráva] Velké Opatovice: P-D Refractories CZ a.s., 2021.
- K17. BERÁNEK, L.; KOTOUČEK, M.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; KERŠNEROVÁ, L.; KOVÁŘ, P.; MATĚJKOVÁ, M. et al. *Odborná zpráva projektu FW01010048 za rok 2021*. [Výzkumná zpráva] Velké Opatovice: P-D Refractories CZ a.s., 2021.
- K18. KELLNER, T.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; NEČAS, M.; SYROVÝ, P.; PELIKÁN, L.; KAŇÁK, M. EXPERIMENTAL TESTING OF PRESSING TOOL SERVICE LIFE. In: *INVENTION FOR ENTERPRISE INVENT 2021*. INDUSTRIAL ENGINEERING INVENTION FOR ENTERPRISE INVENT 2021, NADÁCIA POLIS ŽILINA, 2021-09-09/2021-09-10. Bielsko-Biała: Wydawnictwo akademii techniczno-humanistycznej w Bielsku-Białej, 2021. s. 60-63. ISBN 978-83-66249-78-3.



- K19. PELIKÁN, L.; KELLNER, T.; NEČAS, M.; SYROVÝ, P.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; KAŇÁK, M. GRINDING OF ABRASION RESISTANT LAYERS ON PRESSING TOOLS. In: *INVENTION FOR ENTERPRISE INVENT 2021*. INDUSTRIAL ENGINEERING INVENTION FOR ENTERPRISE INVENT 2021, NADÁCIA POLIS ŽILINA, 2021-09-09/2021-09-10. Bielsko-Biała: Wydawnictwo akademii techniczno-humanistycznej w Bielsku-Białej, 2021. s. 108-111. ISBN 978-83-66249-78-3.
- K20. SYROVÝ, P.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; ŠTAJNOCHR, L. Non-destructive Testing of Ceramic Flue Liners. In: KUDLÁČEK, J., ed. *Sborník konference Technological forum 2021*. TECHNOLOGICAL FORUM 2021, HOTEL LUNA, KOUTY, 2021-06-30/2021-07-02. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2021. s. 215-222. ISBN 978-80-87583-33-3.
- K21. KAŇÁK, M.; SYROVÝ, P.; KELLNER, T.; KYNCL, J.; PELIKÁN, L.; KYNCL, M.; NEČAS, M. Analysis of Input Raw Materials in a Manufacturing Plant and Research of the Issue of Storage of Input Raw Materials in the Companies Producing Refractory Products. In: KUDLÁČEK, J., ed. *Sborník konference Technological forum 2021*. TECHNOLOGICAL FORUM 2021, HOTEL LUNA, KOUTY, 2021-06-30/2021-07-02.
- K22. NEČAS, M.; PELIKÁN, L.; KAŇÁK, M.; KYNCL, M. Use of an industrial robot in a real application. In: *TECHNOLOGICAL FORUM 2020*. Jaroměř, 2020-11-25. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2020. s. 107-112. ISBN 978-80-87583-32-6.
- K23. BERÁNEK, L.; KOTOUČEK, M.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; KERŠNEROVÁ, L.; KOVÁŘ, P.; MATĚJKOVÁ, M. *Odborná zpráva projektu FW01010048 za rok 2020*. [Výzkumná zpráva] Velké Opatovice: P-D Refractories CZ a.s., 2020.
- K24. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; PELIKÁN, L.; KELLNER, T.; KYNCL, J. *Odborná zpráva projektu FW01010427 za rok 2020*. [Výzkumná zpráva] Velké Opatovice: P-D Refractories CZ a.s., 2020.
- K25. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; PELIKÁN, L.; KELLNER, T.; SLANÝ, M.; SOLAŘÍK, M. *ODBORNÁ ZPRÁVA O POSTUPU PRACÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDČÍCH ZA ŘEŠENÍ PROJEKTU 2018-2020*. [Výzkumná zpráva] 2020.
- K26. KELLNER, T.; KAŇÁK, M.; NEČAS, M.; SYROVÝ, P.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; PELIKÁN, L. Industry 4.0 Implementation in Refractory. In: KRAJČOVIČ, M., ed. *InvEnt 2020: Industrial Engineering – Invention for Enterprise*. INDUSTRIAL ENGINEERING INVENTION FOR ENTERPRISE INVENT 2020, NADÁCIA POLIS ŽILINA, 2020-09-16/2020-09-17. Bielsko-Biała: Wydawnictwo akademii technicznohumanistycznej w Bielsku-Białej, 2020. s. 68-71. 1. ISBN 978-83-66249-50-9.
- K27. PELIKÁN, L.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; KELLNER, T.; SLANÝ, M.; KAŇÁK, M.; SOLAŘÍK, M. REDUCING THE VOLUME OF WASTEWATER BY USING RESIDUAL HEAT. In: KRAJČOVIČ, M., ed. *InvEnt 2020: Industrial Engineering – Invention for Enterprise*. INDUSTRIAL ENGINEERING INVENTION FOR ENTERPRISE INVENT 2020, NADÁCIA POLIS ŽILINA, 2020-09-16/2020-09-17. Bielsko-Biała: Wydawnictwo akademii techniczno-humanistycznej w Bielsku-Białej, 2020. s. 124-127. 1. ISBN 978-83-66249-50-9.

- K28. KELLNER, T.; KYNCL, M.; KYNCL, J.; NEČAS, M. Readiness Assessment Models for Industry 4.0 Implementation. In: *TECHNOLOGICAL FORUM 2020*. Jaroměř, 2020-11-25. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2020. s. 79-81. ISBN 978-80-87583-32-6.
- K29. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; PELIKÁN, L.; KELLNER, T.; SLANÝ, M.; SOLAŘÍK, M. *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2019*. [Výroční zpráva] 2019.
- K30. KELLNER, T.; NEČAS, M.; KAŇÁK, M.; KYNCL, M.; KYNCL, J. Assessment of Readiness for Industry 4.0 Implementation in Ceramic Industry. *Manufacturing Technology*. 2020, **20**(6), 763-770. ISSN 1213-2489. DOI 10.21062/mft.2020.110
- K31. PELIKÁN, L.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; SLANÝ, M.; KELLNER, T. Budoucnost skládkování z perspektivy dneška. *Odpady*. 2019, **XXIX**(2), 22-23. ISSN 1210- 4922.
- K32. SLANÝ, M.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; BERÁNEK, L. *Prototyp nového typu formy*. [Prototyp] 2019.
- K33. BERÁNEK, L.; SOMMER, J.; ŠTAJNOCHR, L.; PELIKÁN, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M. *Technologie výroby systému pero-drážka*. [Funkční vzorek] 2019.
- K34. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; KYNCL, J. *Závěrečná zpráva o výsledcích projektu FV10057 v roce 2016 - 2019*. [Výzkumná zpráva] 2019.
- K35. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; KYNCL, J. et al. *Závěrečná zpráva o výsledcích projektu FV10151 v roce 2016 - 2019*. [Výzkumná zpráva] 2019.
- K36. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; NOVÁK, P.; SLANÝ, M.; NEČAS, M.; KAŠPAR, D. et al. *Odborná zpráva o řešení projektu FV10157 za rok 2019*. [Výzkumná zpráva] 2019.
- K37. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; ŠTAJNOCHR, L.; MÁDL, J.; ŠIMOTA, J.; URBAN, J. et al. *Odborná zpráva o řešení projektu FV10151 za rok 2019*. [Výzkumná zpráva] 2019.
- K38. KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M. *Aplikovaná ergonomie 2019 - Sborník konference*. Praha, 2019-09- 17/2019-09-18. Praha 6: ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav tech. obrábění, projektování a metrologie, 2019. ISBN 978-80-01-06642-3. Dostupné z: <http://ergonomickakonference.cz/sbornik/>
- K39. BERÁNEK, L.; ŠTAJNOCHR, L.; KYNCL, J.; SOMMER, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M. Design and development of an In-line inspection in the production of ceramic chimney pipes. In: *TECHNOLOGICAL FORUM 2019*. Veselý Kopec, 2019-06-18/2019-06-20. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2019. s. 202-208. ISBN 978-80-87583-30-2.
- K40. KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; SLANÝ, M.; BERÁNEK, L. Design Optimization of Moulds for Vibrocasted Refractory. In: *TECHNOLOGICAL FORUM 2019*. Veselý Kopec, 2019-06-18/2019-06-20. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2019. s. 77-81. ISBN 978-80-87583-30- 2.
- K41. ŠTAJNOCHR, L.; BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; ŠIMOTA, J.; KYNCL, M. *Technologie dělení kontinuálního pásma materiálu*. [Funkční vzorek] 2018.

- K42. ČVUT v Praze; P-D Refractories CZ a.s. *Forma pro vibrolité žárovzdorné materiály*. Původci: BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; SLANÝ, M.; KYNCL, J.; VOSTROVSKÝ, M.; KOVAŘÍKOVÁ, M. Česká republika. Užité vzor CZ 32284. 2018-11-06. Dostupné z:  
[https://isdv.upv.cz/webapp/resdb.print\\_detail.det?pspis=PUV/35308&plang=CS](https://isdv.upv.cz/webapp/resdb.print_detail.det?pspis=PUV/35308&plang=CS)
- K43. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; PELIKÁN, L.; SLANÝ, M.; SOLAŘÍK, M. *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2018*. [Výzkumná zpráva] 2018.
- K44. KELLNER, T.; KYNCL, J.; PITRMUC, Z.; BERÁNEK, L.; KAŇÁK, M.; KYNCL, M. Production process planning in Additive manufacturing and Conventional machining technology manufacturing system. *Manufacturing Technology*. 2019, **19**.(2.), 232-237. ISSN 1213-2489. DOI 10.21062/ujep/275.2019/a/1213-2489/mt/19/2/232
- K45. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M. *Návrh dispozičního řešení prototypové haly v Doosan Bobcat Engineering s.r.o.* [Výzkumná zpráva] 2018.
- K46. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KYNCL, M. *Analytické a optimalizační činnosti v procesu výroby ve společnosti SOPO s.r.o.* [Výzkumná zpráva] 2018.
- K47. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M. *Racionalizace výroby v Schäfer - Menk s.r.o.* [Výzkumná zpráva] 2018.
- K48. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; ŠTAJNOCHR, L.; ŠIMOTA, J.; URBAN, J.; PELIKÁN, L. et al. *Odborná zpráva o řešení projektu FV10151 za rok 2018*. [Výzkumná zpráva] 2018.
- K49. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; NOVÁK, P.; HERMAN, A.; ŠTOURAČ, F.; SLANÝ, M. et al. *Odborná zpráva o řešení projektu FV10057 za rok 2018*. [Výzkumná zpráva] 2018.
- K50. KYNCL, M. Evaluating the Know-how of a Mechanical Engineering Company in the Czech Republic. *Grant Journal*. 2019, **7**(2), 34-37. ISSN 1805-0638. Dostupné z:  
[http://www.grantjournal.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=34&Itemid=30&lang=cs](http://www.grantjournal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=34&Itemid=30&lang=cs)
- K51. PELIKÁN, L.; KELLNER, T.; KYNCL, M. Dry drilling into weldments from hard-to-machine material. In: MORAVEC, J., ed. *Studentská tvůrčí činnost 2018*. Praha, 2018-04-11. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, 2018. ISBN 978-80-01-06421-4.
- K52. KELLNER, T.; KYNCL, M.; BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; NĚMEC, N. Optimization of Warehouse management and Material flows. In: *Konference studentské tvůrčí činnosti*. Studentská tvůrčí činnost 2018, Praha, 2018-04-11. ČVUT v Praze, fakulta strojní, 2018. ISBN 978-80-01-06421-4. Dostupné z:  
[http://stc.fs.cvut.cz/pdf18/8541.pdf?\\_=1522628345](http://stc.fs.cvut.cz/pdf18/8541.pdf?_=1522628345)
- K53. ČVUT v Praze. *Forma pro odlévání žárovzdorných vibrolitých materiálů*. Původci: BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; HERMAN, A.; NOVÁK, P.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; KYNCL, J.;

- VOSTROVSKÝ, M. et al. Česká republika. Užitiný vzor CZ 31719. 2018-04-24. Dostupné z: <https://isdv.upv.cz/webapp/pta.det?pskup=2&propv=2017&pcipv=34152>
- K54. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; NOVÁK, P.; HERMAN, A.; ŠTOURÁČ, F.; SLANÝ, M. et al. *Odborná zpráva o řešení projektu FV10057 za rok 2017*. [Výzkumná zpráva] Velké Opatovice: P-D Refractories CZ a.s., 2017.
- K55. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; ŠTAJNOCHR, L.; ŠIMOTA, J.; URBAN, J.; PELIKÁN, L. et al. *Odborná zpráva o řešení projektu FV10151 za rok 2017*. [Výzkumná zpráva] Velké Opatovice: P-D Refractories CZ a.s., 2017.
- K56. KYNCL, M. Valuation of know-how. *Grant Journal*. 2018, **2017**(6), 43-47. ISSN 1805-0638. Dostupné z: [http://www.grantjournal.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=34&Itemid=30&lang=cs](http://www.grantjournal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=34&Itemid=30&lang=cs)
- K57. KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; PELIKÁN, L. Weldox 960 Dry Machining. In: KUDLÁČEK, J. et al., eds. *Technological forum 2017 Book of proceedings*. Technological forum 2017, Špindlerův mlýn, 2017-06-27/2017-06-29. Jaroměř: Kudláček Jan, Ing., 2017. s. 60-65. ISBN 978-80-87583-22-7.
- K58. KYNCL, J.; BERÁNEK, L.; KYNCL, M. *Kurz "Základy normování práce"*. [Výzkumná zpráva] Sdružení MTM pro ČR a SR, 2016.
- K59. BERÁNEK, L.; KYNCL, M. *Analýza velikosti opotřebení*. [Výzkumná zpráva] Velké Opatovice: P-D Refractories CZ a.s., 2016.
- K60. KYNCL, J.; BERÁNEK, L.; KYNCL, M. *Analytické a optimalizační činnosti v procesu výroby ve společnosti SOPO s.r.o.* [Výzkumná zpráva] SOPO s.r.o., 2016.
- K61. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KYNCL, M.; KELLNER, T. *Racionalizace výroby v Schäfer - Menk s.r.o.* [Výzkumná zpráva] Schäfer – Menk s.r.o., 2016.
- K62. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; HERMAN, A.; NOVÁK, P.; KYNCL, J. *Odborná zpráva o řešení projektu FV10057 za rok 2016*. [Výzkumná zpráva] Velké Opatovice: P-D Refractories CZ a.s., 2016.
- K63. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KELLNER, T.; KYNCL, M.; ŠIMOTA, J.; KYNCL, J. *Odborná zpráva o řešení projektu FV10151 za rok 2016*. [Výzkumná zpráva] Velké Opatovice: P-D Refractories CZ a.s., 2016.
- K64. KYNCL, M. METODY OCEŇOVÁNÍ NEHMOTNÉHO MAJETKU S DŮRAZEM NA OCENĚNÍ KNOW-HOW VE STROJÍRENSKÉM PODNIKU. In: *MEZINÁRODNÍ MASARYKOVA KONFERENCE PRO DOKTORANDY A MLADÉ VĚDECKÉ PRACOVNÍKY: Recenzovaný sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference*. MEZINÁRODNÍ MASARYKOVA KONFERENCE PRO DOKTORANDY A MLADÉ VĚDECKÉ PRACOVNÍKY, Hradec Králové, 2016-12- 12/2016-12-16. Hradec Králové: Akademické sdružení MAGNANIMITAS, 2016. s. 591-598. ISBN 978-80- 87952-17-7. Dostupné z: [http://www.vedeckekonference.cz/library/proceedings/mmk\\_2016.pdf](http://www.vedeckekonference.cz/library/proceedings/mmk_2016.pdf)

- K65. BERÁNEK, L.; KYNCL, J.; KYNCL, M. *Navrh technicko-organizační inovace výrobního procesu pečovatelských lůžek*. [Výzkumná zpráva] 2015.

## Seznam obrázků

Obr. 2.1: Vědecké obory zahrnuté v ergonomii.....	15
Obr. 2.2: Základní oblasti ergonomie.....	15
Obr. 2.3: Speciální oblasti ergonomie.....	16
Obr. 2.4: Schématické znázornění systému člověk – technika – prostředí [3] .....	17
Obr. 2.5: Schéma ergonomického systému [3].....	18
Obr. 2.6: Základní typy ergonomických úloh realizovatelných na ergonomickém systému [3] .	19
Obr. 2.7: Znalostní základna ergonomie [4].....	20
Obr. 2.8: Základní kategorie práce [9] .....	26
Obr. 2.9: Faktory pracovních podmínek [9] .....	27
Obr. 2.10: Základní oblasti hodnocení fyzické zátěže [10].....	32
Obr. 2.11: Základní stupně hodnocení pracovní polohy a pohybů [10].....	36
Obr. 2.12: Základní oblasti hodnocení pracovních poloh [10].....	38
Obr. 2.13: Grafické znázornění polohy trupu.....	38
Obr. 2.14: Grafické znázornění polohy hlavy a krku .....	39
Obr. 2.15: Grafické znázornění polohy horních končetin .....	40
Obr. 2.16: Grafické znázornění polohy dolních končetin.....	41
Obr. 2.17: Rozdělení nemocí z povolání dle nařízení vlády č. 290/1995 Sb. [11] .....	43
Obr. 2.18: Vývoj počtu hlášených případů nemocí z povolání a ohrožení nemocí z povolání v letech 2000 – 2021 [12] .....	45
Obr. 2.19: Struktura hlášených případů nemocí z povolání podle kapitol seznamu nemocí z povolání v letech 2018 – 2021 [13] [14] [15] [12].....	45
Obr. 2.20: Nejčastěji se vyskytující diagnózy hlášených případů nemocí z povolání v roce 2018 [13] .....	46
Obr. 2.21: Nejčastěji se vyskytující diagnózy hlášených případů nemocí z povolání v roce 2019 [14] .....	47
Obr. 2.22: CZ NACE s nejvyšším počtem hlášených případů nemocí z povolání v roce 2018 [13] .....	48
Obr. 2.23: CZ NACE s nejvyšším počtem hlášených případů nemocí z povolání v roce 2019 [14] .....	48
Obr. 2.24: Struktura hlášených případů nemocí z povolání podle velikostí podniků (počtu zaměstnanců) v roce 2018 [13] a v roce 2019 [14].....	49
Obr. 2.25: Ekonomické činnosti dle CZ-NACE [17] .....	52
Obr. 2.26: Rozdělení ekonomické činnosti v Sekci C – zpracovatelský průmysl dle CZ-NACE [17] .....	53
Obr. 2.27: Vymezení pracoviště pro model .....	55
Obr. 3.1: Přístupy návrhu a hodnocení pracoviště .....	58
Obr. 3.2: Přístup řešení ergonomického hodnocení pracoviště dle Chundely [21] .....	59
Obr. 3.3: Etapy konstrukčního postupu dle Matouška a Zástavy [22] .....	59
Obr. 3.4: Základní etapy v konstrukčním postupu a jejich vztah k ergonomii [22].....	60
Obr. 3.5: Racionalizační postup dle Hlavenky [23].....	60

Obr. 3.6: Přístup řešení ergonomických problémů dle Krále [24] .....	61
Obr. 3.7: Blokové schéma ideového přístupu k řešení ergonomického úkolu [24] .....	61
Obr. 3.8: Postup ergonomického návrhu podle Bureše [19] .....	62
Obr. 3.9: Postup metodiky CEIT ErgoDesign [25] .....	63
Obr. 3.10: Postup projektování pracovních systémů dle německé organizace REFA [26] .....	63
Obr. 3.11: Dělení ergonomických metod dle Stantonova a kol. [28] .....	64
Obr. 3.12: Dělení fyzické práce .....	65
Obr. 3.13: Dělení metod analýzy fyzické práce [31] [32] .....	65
Obr. 3.14: Dělení metod přímé analýzy fyzické práce [4] .....	66
Obr. 3.15: Dělení polopřímých metod .....	68
Obr. 3.16: Ukázka formuláře metody RULA [37] .....	69
Obr. 3.17: Hodnoty výsledného RULA indexu [37] .....	70
Obr. 3.18: Technicko-organizační opatření RULA [37] .....	70
Obr. 3.19: Hlavní analyzované parametry OCRA [38] .....	71
Obr. 3.20: Hodnoty výsledného ORCA indexu [39] .....	72
Obr. 3.21: Ukázka formuláře metody REBA [37] .....	73
Obr. 3.22: Ukázka hodnocení pomocí metody OWAS [42] .....	74
Obr. 3.23: Hodnocení metodou OWAS [42] .....	75
Obr. 3.24: Dělení fyzické zátěže dle KIM [43] .....	75
Obr. 3.25: Ukázka formuláře metody KIM [43] .....	76
Obr. 3.26: Dělení práce s břemeny dle NIOSH .....	77
Obr. 3.27: Dělení kritérií hodnocení zátěže dle metody NIOSH [44] .....	77
Obr. 3.28: Postup stanovení zdvihacího indexu RWL dle NIOSH [45] .....	78
Obr. 3.29: Vysvětlení a pokyny pro stanovení multiplikátorů k určení RWL [45] .....	79
Obr. 3.30: Rozsahy zvedacího indexu LI dle metody NIOSH [44] .....	79
Obr. 3.31: Ukázka tabulek Snook a Ciriello [46] .....	81
Obr. 3.32: Struktura prvních dvou stran EAWS checklistu [47] .....	82
Obr. 3.33: Struktura druhých dvou stran EAWS checklistu [47] .....	83
Obr. 3.34: Bodové hodnoty výsledků EAWS analýzy [47] .....	83
Obr. 3.35: Struktura hodnocení metodou EAWS [48] .....	84
Obr. 3.36: Skupiny kritérií pro porovnání metod pro hodnocení ergonomie .....	84
Obr. 3.37: Skupina kritérií "Obsluha" .....	85
Obr. 3.38: Skupina kritérií "Legislativa ČR" .....	86
Obr. 3.39: Skupina kritérií "Fyzická zátěž" .....	86
Obr. 5.1: Výběr faktorů pracovních podmínek pro návrh metodiky a modelu hodnocení ergonomičnosti pracoviště .....	92
Obr. 5.2: Zjednodušený model pro komplexní ergonomické hodnocení pracoviště .....	93
Obr. 5.3: Metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště .....	96
Obr. 5.4: Úvodní strana metodiky a modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště .....	97
Obr. 5.5: Procesní schéma modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště .....	110
Obr. 5.6: Přehled výsledků modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště .....	112

---

Obr. 5.7: Akční plán modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště .....	114
Obr. 5.8: Schéma ověření modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště [28] .....	115
Obr. 5.9: Ideový postup vývoje modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště.....	116
Obr. 5.10: Postup vlastního ověření modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště v jednotlivých fázích.....	116
Obr. 5.11: Postup první fáze testování modelu a metodiky fiktivními daty .....	117
Obr. 5.12: Postup druhé fáze testování modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště laboratorními zkouškami.....	118
Obr. 5.13: Laboratorní pracoviště vlevo a jeho virtuální 3D model vpravo.....	119
Obr. 5.14: Vybraná laboratorní úloha manipulace s břemeny (vlevo fyzická úloha, uprostřed s využitím Motion Capture, vpravo digitální dvojče v SW Siemens Tecnomatix Jack) .....	120
Obr. 5.15: Přehled záznamů z provedených analýz vybrané laboratorní úlohy manipulace s břemeny.....	120
Obr. 5.16: Porovnání výsledků provedených analýz vybrané laboratorní úlohy manipulace s břemeny.....	121
Obr. 5.17: Vybraná laboratorní úloha montáže (vlevo fyzická úloha, uprostřed s využitím Motion Capture, vpravo digitální dvojče v SW Siemens Tecnomatix Jack) .....	121
Obr. 5.18: Přehled záznamů z provedených analýz vybrané laboratorní úlohy montáže .....	122
Obr. 5.19: Porovnání výsledků provedených analýz vybrané laboratorní úlohy montáže .....	123
Obr. 5.20: Výrobní hala P-D Refractories CZ a.s. ve Svitavách a ukázka výrobků.....	124
Obr. 5.21: Operace manipulace s KKV .....	125
Obr. 5.22: Ukázka vyplněných formulářů z analýzy manipulace s KKV v P-D Refractories CZ a.s. ....	126
Obr. 5.23: Ukázka přehledu výsledků a grafického výstupu přehledu výsledků analýzy provedené ve výrobním podniku .....	126
Obr. 5.24: Rozhodnutí KHS na základě protokolů o autorizovaném měření .....	127
Obr. 5.25: Výrobní hala SOPO s.r.o. v Modleticích a ukázka výrobků společnosti [49].....	128
Obr. 5.26: Ukázka vyplněných formulářů na základě analýzy operace vtahování ve výrobním podniku .....	129
Obr. 5.27: Ukázka přehledu výsledků a grafického výstupu přehledu výsledků analýzy provedené ve výrobním podniku .....	130
Obr. 5.28: Ukázka akčního plánu na základě výsledků analýzy ve výrobním podniku .....	130
Obr. 5.29: Protokol o autorizovaném měření.....	132
Obr. 5.30: Výsledky měření lokální svalové zátěže a měření počtu pohybů .....	133

---



## Seznam tabulek

Tab. 2.1: Přípustné a průměrné hygienické limity energetického výdeje při práci s celkovou fyzickou zátěží [10].....	33
Tab. 2.2: Průměrné hygienické limity pro směnové a minutové počty pohybů ruky a předloktí za průměrnou osmihodinovou směnu [10].....	35
Tab. 2.3: Hmotnostní limity pro ruční manipulaci s břemeny .....	37
Tab. 2.4: Hygienický limit pro tlačné a tažné síly při manipulaci s břemenem [10].....	37
Tab. 2.5: Odhadovaná celková ekonomická zátěž pro pracovní úrazy a nemoci z povolání (2015) [16] .....	50
Tab. 2.6: Ekonomická zátěž rozdělením pracovních úrazů a nemocí podle zainteresovaných stran [16] .....	51
Tab. 2.7: Rozhodné hraniční hodnoty pro definici velikosti podniku [18] .....	54
Tab. 3.1: Porovnání metod pro hodnocení fyzické zátěže .....	87
Tab. 5.1: Formulář pro obecné údaje o hodnoceném pracovišti a parametry procesu .....	98
Tab. 5.2: Formulář pro hodnocení ergonomického designu.....	99
Tab. 5.3: Formulář pro hodnocení nepřijatelných pracovních poloh .....	101
Tab. 5.4: Formulář pro hodnocení podmínečně přijatelných pracovních poloh .....	102
Tab. 5.5: Formulář pro hodnocení počtu pohybů .....	103
Tab. 5.6: Formulář pro hodnocení lokální svalové zátěže.....	103
Tab. 5.7: Formulář pro hodnocení sil .....	104
Tab. 5.8: Formulář pro hodnocení manipulace dle NIOSH/RWL .....	104
Tab. 5.9: Formulář pro hodnocení manipulace s břemeny.....	105
Tab. 5.10: Formulář pro hodnocení tepové frekvence .....	105
Tab. 5.11: Formulář pro hodnocení energetického výdeje při práci .....	106
Tab. 5.12: Formulář pro hodnocení práce v sedě .....	106
Tab. 5.13: Formulář pro hodnocení ostatních faktorů souvisejících s ergonomií při práci .....	107

## Seznam použitého software

1. Microsoft Word 2019
2. Microsoft Excel 2019
3. Microsoft Powepoint 2019
4. Autodesk Inventor Professional 2020
5. Siemens Technomatix Jack v 9.0

## Seznam příloh

### Textové a grafické přílohy

- A. Výčet dalších metod pro hodnocení ergonomičnosti pracoviště dle [28]

# **Textové a grafické přílohy**

## Příloha A - Výčet dalších metod

dle [29]

### *Behavioral and Cognitive Methods*

Observation  
Heuristics  
Applying interviews to usability assessment  
Verbal protocol analysis  
Repertory grid for product evaluation  
Focus groups  
Hierarchical task analysis (HTA)  
Allocation of functions  
Critical decision method  
Applied cognitive work analysis (ACWA)  
Systematic human error reduction and prediction approach (SHERPA)  
Predictive human error analysis (PHEA)  
Hierarchical task analysis  
Mental workload  
Multiple resource time sharing  
Critical path analysis for multimodal activity  
Situation awareness measurement and situation awareness  
Keystroke level model (KLM)  
GOMS  
Link analysis  
Global assessment technique

### *Team Methods*

Team training  
Distributed simulation training for teams  
Synthetic task environments for teams: CERTTs UAV-STE  
Event-based approach to training (EBAT)  
Team building  
Measuring team knowledge  
Team communications analysis  
Questionnaires for distributed assessment of team mutual awareness  
Team decision requirement exercise: making team decision requirements explicit  
Targeted acceptable responses to generated events or tasks (TARGETs)  
Behavioral observation scales (BOS)  
Team situation assessment training for adaptive coordination  
Team task analysis  
Team workload  
Social network analysis

***Environmental Methods***

Thermal conditions measurement  
Cold stress indices  
Heat stress indices  
Thermal comfort indices  
Indoor air quality: chemical exposures  
Indoor air quality: biological/particulate-phase contaminant  
Exposure assessment methods  
Olfactometry: human nose as detection instrument  
Context and foundation of lighting practice  
Photometric characterization of luminous environment  
Evaluating office lighting  
Rapid sound quality assessment of background noise  
Noise reaction indices and assessment  
Noise and human behavior  
Occupational vibration: concise perspective  
Habitability measurement in space vehicles and Earth analogs

***Macroergonomic Methods***

Macroergonomic organizational questionnaire survey (MOQS)  
Interview method  
Focus groups  
Laboratory experiment  
Field study and field experiment  
Participatory ergonomics (PE)  
Cognitive walk-through method (CWM)  
Kansei Engineering  
HITOP analysis TM  
TOP-Modeler C  
CIMOP System C  
Anthropotechnology  
Systems analysis tool (SAT)  
Macroergonomic analysis of structure (MAS)  
Macroergonomic analysis and design (MEAD)