ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301V007 Průmyslové inženýrství a management

# DISERTAČNÍ PRÁCE

Vliv komfortu pracoviště na výkonnost pracovníka

Autor: **Ing. Pavel Kábele**

Školitel: **doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**

Akademický rok 2020/2021

## PROHLÁŠENÍ O AUTORSTVÍ

Předkládám tímto k posouzení disertační práci zpracovanou na téma:

*Vliv komfortu pracoviště na výkonnost pracovníka*

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, dle Studijního a zkušebního řádu Západočeské univerzity v Plzni, pod odborným dohledem školitele a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této práce.

V Plzni dne:..... .....

Ing. Pavel Kábele

**Upozornění**

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

**Poděkování**

Rád bych poděkoval všem členům Katedry průmyslového inženýrství a managementu Západočeské univerzity v Plzni za poskytnutí odborné pomoci při vypracování disertační práce. Zejména jsem vděčný svému školiteli doc. Ing. Milanu Edlovi, Ph.D., za cenné podněty, odborné vedení, vynaložený čas a v neposlední řadě za trpělivost, která byla často podmiňující pro vznik této práce.

Dále můj vděk patří celé mojí rodině, kamarádům a kolegům, a všem kteří to se mnou při psaní této práce vydrželi. Hodiny a dny strávené nad svítícím monitorem snad brzy nahradí úleva, odpočinek a výlety na kolech.

Díky!!

# ANOTACE

| | | |
|---|---|---|
| **AUTOR** | Příjmení (včetně titulů)<br>Ing. Kábele | Jméno<br>Pavel |
| **STUDIJNÍ OBOR** | Průmyslové inženýrství a management | |
| **VEDOUCÍ PRÁCE** | Příjmení (včetně titulů)<br>Doc. Ing. Edl, Ph.D. | Jméno<br>Milan |
| **PRACOVIŠTĚ VEDOUCÍHO** | ZČU-FST-KPV | |
| **DRUH PRÁCE** | **disertační** | |
| **NÁZEV PRÁCE** | Vliv komfortu pracoviště na výkonnost pracovníka | |

Fakulta: Strojí

Katedra: Průmyslové inženýrství a management

Rok odevzdání: 2021

**Počet stránek (A4 a ekvivalentů A4)**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Celkem** | 144 | | **Textová část** | 125 | | **Grafická část** | 19 |

| | |
|---|---|
| **STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY** | Disertační práce spadá do oblasti průmyslového inženýrství a ergonomie. V práci je podrobně rozebrána problematika produktivity. Přehled současného stavu obsahuje termíny z oblasti měření produktivity pracovníka, vlivů na jeho výkonost, sestavení výkonnostních křivek a popis měřících technik časových náročností. Ergonomická část popisuje modularitu pracoviště a antropometrické znalosti potřebné pro splnění hlavního cíle práce. Výzkum je postaven na přestavování pracovišť, měření produktivity pracovníků a zaznamenávání odchylek od ideálního stavu maximální efektivity. Práce končí vytvořením metodického grafu a postupu pro výpočet odchylky výkonnosti pro různě nastavitelná pracoviště. |
| **KLÍČOVÁ SLOVA** | Produktivita, výkonnost, faktory, křivky, antropometrie, ergonomie, analýza, komfort, hodnocení, modularita, efektivnost |

# SUMMARY

| | | |
|---|---|---|
| **AUTHOR** | Surname (including of Degrees)<br>Ing. Kábele | Name<br>Pavel |
| **FIELD OF STUDY** | Industrial Engeneering and Management | |
| **SUPERVISOR** | Surname (including of Degrees)<br>Doc. Ing. Edl, Ph.D. | Name<br>Milan |
| **INSTITUTION** | ZČU-FST-KPV | |
| **TYPE OF WORK** | **dissertation** | |
| **TITLE OF THE WORK** | The influence of workplace comfort on employee performance | |

Faculty: Mechanical Engineering

Department: Industrial Engeneering and Management

Submitted in: 2021

**Number of pages (A4 a eq. A4)**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Totaly** | 144 | | **Text part** | 125 | | **Graphical part** | 19 |

| | |
|---|---|
| **BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS** | The dissertation belongs into the issues of industrial engineering and ergonomics. An overview of the current state contains terms from the field of measuring employee productivity, the effects on his performance, the compilation of performance curves and a description of time-consuming measurement techniques. The ergonomic part describes the modularity of the workplace and anthropometric knowledge needed to meet the main target of the study. The research is based on adjusting workplaces, measuring employee productivity and recording deviations from the ideal state of maximum efficiency. The work ends with the creation of a methodological graph and a procedure for calculating the deviation of performance for various adjustable workplaces. |
| **KEY WORDS** | Productivity, performance, factors, curves, anthropometry, ergonomics, analysis, comfort, evaluation, modularity, efficiency |

# KURZFASSUNG

| | | |
|---|---|---|
| **AUTOR** | Nachname<br>Ing. Kábele | Name<br>Pavel |
| **STUDIENFACH** | Industrial Engeneering and Management | |
| **BETREUER** | Nachname<br>Doc. Ing. Edl, Ph.D. | Name<br>Milan |
| **INSTITUTION** | ZČU-FST-KPV | |
| **ART DER ARBEIT** | **dissertation** | |
| **TITEL** | Der Einfluss des Arbeitsplatzkomforts auf die Leistung der Mitarbeiter | |

Fakultät: Maschinenbau

Katheder: Industrial Engeneering and Management

Abgeben: 2021

## Anzahl von seiten (A4 a eq. A4)

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Total** | 144 | | **Text teile** | 125 | | **Grafik** | 19 |

| | |
|---|---|
| **KURZBESCHREIBUNG** | Die Dissertationsarbeit fällt in den Bereich Wirtschaftsingenieurwesen und Ergonomie. In der Arbeit wird das Thema Produktivität ausführlich erörtert. Eine Übersicht des aktuellen Standes enthält Begriffe aus dem Bereich der Messung der Mitarbeiterproduktivität, der Beeinflussung deren Leistung, der Erstellung von Leistungskurven und einer Beschreibung der Messtechniken des Zeitaufwandes. Das ergonomische Teil beschreibt die Modularität des Arbeitsplatzes und das anthropometrische Wissen, das erforderlich ist, um das Hauptziel der Arbeit zu erreichen. Die Forschung basiert auf dem Umbau von Arbeitsplätzen, der Messung der Mitarbeiterproduktivität und der Erfassung von Abweichungen zum Idealzustand der maximaler Effektivität. Die Arbeit endet mit der Erstellung eines methodischen Diagramms und einer Methode zur Berechnung der Leistungsabweichung für verschieden einstellbare Arbeitsplätze. |
| **SCHLÜSSELWÖRTER** | Produktivität, Leistung, Faktoren, Kurven, Anthropometrie, Ergonomie, Analyse, Komfort, Bewertung, Modularität, Effizienz |

# OBSAH

OBSAH ..... 7
SEZNAM OBRÁZKŮ ..... 10
SEZNAM TABULEK ..... 12
SEZNAM GRAFŮ ..... 13
SEZNAM ZKRATEK ..... 14
ÚVOD ..... 15
1 CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY ..... 16
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY ..... 17
2.1 Produktivita práce ..... 17
2.1.1 Výkon pracovníka ..... 20
2.1.2 Faktory ovlivňující výkon pracovníka ..... 22
2.1.3 Hodnocení výkonu ..... 28
2.1.4 Metody měření výkonu ..... 32
2.1.5 Časová studie REFA ..... 34
2.1.6 Systém předem stanovených časů – MTM ..... 38
2.1.7 Výkonnostní křivky ..... 41
2.1.8 Chyby při hodnocení výkonu ..... 44
2.2 Ergonomie pracoviště ..... 46
2.2.1 Antropometrické aspekty pracoviště ..... 47
2.2.2 Nastavení pracoviště při práci ve stoje ..... 49
2.2.3 Metody prostorové úpravy pracoviště s využitím 3D softwarových nástrojů ..... 51
3 SHRNUTÍ POZNATKŮ A TEORETICKÝCH VÝCHODISEK PRÁCE ..... 54
3.1 Teze disertační práce ..... 54
3.2 Shrnutí poznatků z teorie ..... 54
4 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE ..... 57
4.1 Dílčí cíle ..... 57
4.2 Postup ..... 57
5 POUŽITÉ VĚDECKÉ METODY ..... 59

5.1 Obecné vědecké metody ... 59
5.1.1 Empirické metody ... 59
5.1.2 Logické metody ... 59
5.2 Specifické vědecké metody ... 60
5.2.1 Statistika ... 60
5.2.2 Experiment ... 61
6 VÝZKUM VLIVU KOMFORTU PRACOVIŠTĚ NA VÝKONNOST PRACOVNÍKA 62
6.1 Výběr analyzovaného procesu ... 62
6.2 Výběr pracovníků ... 64
6.3 Použité techniky měření ... 65
6.3.1 Videozáznamy ... 65
6.3.2 Časové analýzy ... 65
6.3.3 Ergonomické návrhy ... 66
6.3.4 Systém předem stanovených časů ... 67
6.4 Původní stav pracovišť ... 68
6.4.1 Popis vybraných pracovišť ... 69
6.4.2 Ergonomické analýzy ... 71
6.4.3 Analýza MTM-1 původní ... 80
6.4.4 Analýza REFA původní ... 82
6.4.5 Výkonnostní křivky ... 84
6.5 Křivka percentilu ... 87
6.6 Optimalizace pracoviště na univerzální nastavení ... 89
6.6.1 Analýza MTM-1 univerzální ... 89
6.6.2 Analýza REFA univerzální ... 90
6.6.3 Výpočet koeficientu pro převod MTM-1 na REFA ... 91
6.7 Optimalizace pracoviště na komfortní nastavení ... 92
6.7.1 Analýza MTM-1 komfortní ... 92
6.7.2 Analýza REFA komfortní ... 93
6.8 Vytvoření výkonnostního grafu ... 94
6.8.1 Graf fáze 1 ... 95

6.8.2 Graf fáze 2 ..... 98
6.8.3 Graf fáze 3 ..... 100
6.9 Sestavení metodického grafu pro nastavování pracoviště ..... 103
7 OVĚŘENÍ VÝSLEDKŮ A STANOVENÝCH HYPOTÉZ ..... 105
7.1 Ověření metodického grafu ..... 105
7.2 Hypotéza 1 ..... 107
7.3 Hypotéza 2 ..... 110
7.4 Hypotéza 3 ..... 112
8 PŘÍNOSY DISERTAČNÍ PRÁCE ..... 113
8.1 Teoretický přínos práce ..... 113
8.2 Praktický přínos práce ..... 114
8.3 Doporučení pro další výzkum ..... 115
ZÁVĚR ..... 116
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY ..... 117
SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA ..... 125
SEZNAM PŘÍLOH ..... 125

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2-1 Výkonnost člověka, upraveno dle [26] ..... 21
Obrázek 2-2 Parametry výkonu, upraveno dle [26] ..... 24
Obrázek 2-3 Parametry ovlivňující výkonnost pracovníka, [zdroj autor] ..... 27
Obrázek 2-4 Ergonomické vlivy na pracoviště, dle [79] ..... 28
Obrázek 2-5 Metody určení náročnosti, [zdroj autor] ..... 33
Obrázek 2-6 Přehled přístrojů na měření časů, upraveno dle [36] ..... 34
Obrázek 2-7 Standartní postup momentového snímku REFA, upraveno dle [36] ..... 35
Obrázek 2-8 Rozdíl mezi kumulovaným a mezi dílčím měřením času, [zdroj autor] ..... 37
Obrázek 2-9 Rozbor časů MTM, upraveno dle [39] ..... 41
Obrázek 2-10 Biologický denní rytmus během 24 hodin, upraveno dle [36] ..... 43
Obrázek 2-11 Rozložení tělesných rozměrů (normální rozdělení), upraveno dle [68] ..... 48
Obrázek 2-12 Pracovní výška při práci ve stoje pro muže, upraveno dle [70] ..... 50
Obrázek 2-13 Model pracovníka v programu Tecnomatix Jack, [zdroj vlastní] ..... 52
Obrázek 3-1 Tři stavy pracoviště, [zdroj autor] ..... 55
Obrázek 3-2 Závislost výkonosti na typu pracovníka, [zdroj autor] ..... 56
Obrázek 4-1 Časové analýzy na pracovištích, [zdroj autor] ..... 58
Obrázek 6-1 Základní koncept flexibilního pracoviště, [zdroj autor] ..... 63
Obrázek 6-2 REFA formulář, [zdroj autor] ..... 66
Obrázek 6-3 Model analyzovaného pracoviště, [zdroj autor] ..... 67
Obrázek 6-4 Formulář MTM-1, [zdroj autor] ..... 68
Obrázek 6-5 Model pracoviště, [zdroj autor] ..... 71
Obrázek 6-6 Poloha pozice 1 – zezadu, [zdroj autor] ..... 72
Obrázek 6-7 Poloha pozice 1 – zboku, [zdroj autor] ..... 72
Obrázek 6-8 Nastavení a výsledek analýzy RULA – muž 95 %, [zdroj autor] ..... 73
Obrázek 6-9 Výsledek analýzy Lower Back – muž 95 %, [zdroj autor] ..... 73
Obrázek 6-10 Dosahové zóny pozice 1 – muž 95 %, [zdroj autor] ..... 74
Obrázek 6-11 Poloha pozice 2 – muž 95 %, [zdroj autor] ..... 75
Obrázek 6-12 Výsledek analýzy RULA 2 pozice – muž 95 %, [zdroj autor] ..... 75
Obrázek 6-13 Dosahové zóny pozice 2 – muž 95 %, [zdroj autor] ..... 76

Obrázek 6-14 Nastavení a výsledek analýzy RULA 1 pozice – žena 5 %, [zdroj autor] ..... 77
Obrázek 6-15 Dosahové zóny pozice 1 – žena 5 %, [zdroj autor] ..... 77
Obrázek 6-16 Poloha pozice 2 – žena 5 %, [zdroj autor] ..... 78
Obrázek 6-17 Výsledek analýzy RULA 2 pozice – žena 5 %, [zdroj autor] ..... 78
Obrázek 6-18 Výsledek analýzy Lower Back – žena 5 %, [zdroj autor] ..... 78
Obrázek 6-19 Dosahové zóny pozice 2 – žena 5 %, [zdroj autor] ..... 79
Obrázek 6-20 Dosahové zóny pozice 1 – návrh na úpravu pracoviště, [zdroj autor] ..... 80
Obrázek 6-21 výsledek analýzy RULA 1 pozice – návrh na úpravu pracoviště, [zdroj autor] 80
Obrázek 6-22 Proces při tvorbě analýzy MTM-1, [zdroj autor] ..... 82
Obrázek 6-23 Analýza REFA pro SF1-P5 původní, [zdroj autor] ..... 83
Obrázek 7-1 Rozdíly časových analýz, [zdroj autor] ..... 108

# SEZNAM TABULEK

Tabulka 6-1 Hodnocení skóre RULA, upraveno dle [77] ..... 67
Tabulka 6-2 Tabulka koeficientů na výpočet rozměrů těla, upraveno dle [81] ..... 81
Tabulka 6-3 Výsledky analýz MTM-1 původní, [zdroj autor] ..... 82
Tabulka 6-4 Časové intervaly pracovní směny, [zdroj autor] ..... 84
Tabulka 6-5 Hodnoty pro výkonnostní křivku SF1-P5, [zdroj autor] ..... 85
Tabulka 6-6 Výsledná tabulka výkonnostních křivek, [zdroj autor] ..... 86
Tabulka 6-7 Hodnoty MTM-1 univerzální, [zdroj autor] ..... 90
Tabulka 6-8 Hodnoty REFA univerzální, [zdroj autor] ..... 91
Tabulka 6-9 Hodnoty MTM-1 komfort, [zdroj autor] ..... 93
Tabulka 6-10 Hodnoty REFA komfort, [zdroj autor] ..... 94
Tabulka 6-11 Výsledné hodnoty REFA kalkul., [zdroj autor] ..... 95
Tabulka 6-12 Výkon pracovníků fáze 1, [zdroj autor] ..... 96
Tabulka 6-13 Výkon pracovníků fáze 2, [zdroj autor] ..... 98
Tabulka 6-14 Výkon pracovníků fáze 3, [zdroj autor] ..... 101
Tabulka 7-1 Ověřující náměry fáze 2, [zdroj autor] ..... 105
Tabulka 7-2 Ověřující náměry fáze 3, [zdroj autor] ..... 106
Tabulka 7-3 Souhrn naměřených hodnot, [zdroj autor] ..... 107
Tabulka 7-4 Výkon pracovníka pro stav 3, [zdroj autor] ..... 111

# SEZNAM GRAFŮ

Graf 6-1 Výkonnostní křivka pracoviště SF1-P5, [zdroj autor] 85
Graf 6-2 Výkonnostní křivka pracoviště SF3-P2, [zdroj autor] 86
Graf 6-3 Křivka percentilu žena x muž, [zdroj autor] 87
Graf 6-4 Křivka percentilu univerzál, [zdroj autor] 88
Graf 6-5 Křivka percentilu unisex, [zdroj autor] 88
Graf 6-6 Výkonnostní graf pracoviště SF1-P5 ve fázi 1, [zdroj autor] 96
Graf 6-7 Výkonnostní graf pracoviště SF1-P2 ve fázi 1, [zdroj autor] 97
Graf 6-8 Výsledný graf fáze 1, [zdroj autor] 97
Graf 6-9 Výkonnostní graf pracoviště SF1-P5 ve fázi 2, [zdroj autor] 99
Graf 6-10 Výkonnostní graf pracoviště SF1-P2 ve fázi 2, [zdroj autor] 99
Graf 6-11 Výsledný graf fáze 2, [zdroj autor] 100
Graf 6-12 Výkonnostní graf pracoviště SF3-P4 ve fázi 3, [zdroj autor] 102
Graf 6-13 Výkonnostní graf pracoviště SF1-P1 ve fázi 3, [zdroj autor] 102
Graf 6-14 Výsledný graf fáze 3, [zdroj autor] 103
Graf 6-15 Sloučení výsledných grafů fáze 1, 2 a 3, [zdroj autor] 104
Graf 6-16 Výsledná výkonnostní křivka, [zdroj autor] 104
Graf 7-1 Ověření metodického grafu fáze 2, [zdroj autor] 106
Graf 7-2 Ověření metodického grafu fáze 3, [zdroj autor] 107
Graf 7-3 Porovnání SF1-P1, [zdroj autor] 109
Graf 7-4 Křivka metodického grafu, [zdroj autor] 110
Graf 7-5 Porovnání výkonu, [zdroj autor] 112

# SEZNAM ZKRATEK

| | |
|---|---|
| PEST | Political, Economical, Social a Technological |
| JIT | Just in time |
| TQM | Total quality management |
| OPT | Optimized Production Technology |
| TPM | Total Productive Maintenance |
| BARS | Behaviorally Anchored Rating Scales |
| REFA | Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung |
| CPS | Comprehensive Production System |
| MTM | Methods Time Measurement |
| SPSČ | Systémy předem stanovených časů |
| WF | Work factor |
| TMU | Time Measurement Unit |
| RULA | Rapid Upper Limb Assessment |
| MOST | Maynard Operation Sequence Technique |
| ASA | Americká statistická asociace |
| CAD | Computer aided design |
| SW | Software |
| OWAS | Ovako Working Posture Analysis System |
| GDPR | General Data Protection Regulation |

# ÚVOD

Obchodní úspěch dnešních podniků závisí na schopnosti stát se flexibilním a inovativním při současném snížení nákladů. Dosáhnout co možná nejlepších výsledků a poskytnout optimální hodnoty pro všechny zúčastněné strany, ať už zákazníky či odběratele, tak i pro své zaměstnance a pracovníky. Každá organizace potřebuje stále upevňovat své postavení na trhu a zajistit svou konkurenceschopnost vůči jiný společnostem, a právě proto potřebuje zvyšovat svou produktivitu a výkonnost. Jedině tím společnost zajistí maximální využití potenciálu.

Řízení výkonu je strategický a integrovaný přístup k trvalému úspěchu v oblasti zlepšování výkonu pracovníků, kteří pracují uvnitř organizace. Organizace mohou dosáhnout svých cílů pouze prostřednictvím společně vynaloženým úsilím každého uvnitř společnosti. Je pravda, že úspěšná organizace ví, jak vyhrát konkurenční boj. Musí získat, rozvíjet a udržet talentované pracovníky uvnitř organizace a využívat jejich know-how. Tím to ovšem nekončí, tito pracovníci musí být správně a vhodně přiřazeni na potřebná pracovní místa, která umožní jejich maximální využití. Ne každá společnost si ovšem může takový „luxus“, v podobě výběru vhodných pracovníků, dovolit, a tak se spoléhá na vlastní interní optimalizace s cílem získání maximálního výkonu z vlastních zdrojů.

V dnešní době v průmyslových podnicích pracují muži a ženy téměř ve stejném poměru a často provádí i stejné operace. Obzvlášť tomu je na výrobních linkách, kde dochází k rotaci pracovníků. Proto je nutné, aby těmto pracovníku mohlo být umožněno naplno využití jejich pracovního výkonu. Pracoviště uzpůsobit takových způsobem, aby přesně vyhovovalo pracovníkovým potřebám a tím bylo minimalizováno plýtvání.

Ergonomie pracoviště je věda zasahující do pracovního prostředí a je brána v mnoha společnostech jako obrana proti vzniku nemocem z povolání u jejich pracovníků. Ovšem správné využívání principů a efektivní využívání nastavitelnosti pracovišť může vést k maximalizaci pracovního výkonu s využitím minimálních nákladů. Ergonomie podstatnou měrou vstupuje do oblasti procesních inovací, které sebou přináší optimalizaci procesů a zvýšení jejích výkonnosti.

Provedený výzkum vytváří základní pohled na kombinování ergonomie pracoviště a výkonnost pracovníků. Dává do poměru individuální výšku každého pracovníka a pracovní výkonnost se kterou na různě nastaveném pracovišti pracuje.

# 1 CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

S přechodem od výkonu jednotlivce k výkonu týmu a s ohledem na zvýšení konkurenceschopnosti se provádí také změna a přechod od úkolových časů na zákaznické požadavky. Nízké náklady, kvalita, schopnost dodávky a flexibilita tvoří požadavky trhu a jejich splnění rozhoduje o jistotě zaměstnání a jistotě pracovního místa. Racionálně řízené procesy jsou neodmyslitelnými předpoklady úspěchu, proto zůstává nutnost pracovních a časových studií neustále aktuální. Mění se role spolupracovníka tím směrem, že on společně se specialisty zlepšuje pracovní procesy a zjišťuje nutné procesní časy. Dialog s příslušnými spolupracovníky se stává hlavním principem, jak zrychlovat a optimalizovat pracovní proces.

I když jsou pracovníci pro práci v potřebné míře způsobilý, zruční a plně zapracování, potřebují různé osoby různé časy, tedy dochází k rozptylu jejich výkonu. Platí to rovněž pro stejnou osobu v různých časech. Průměrné skutečné výkony se proto používají jako požadované časy pouze podmíněné. Výkon, který je základem požadovaného času se označuje jako referenční výkon a všeobecně platí, že referenční výkon má hodnotu 100 %. Posuzování stupně výkon spočívá v tom, že posuzující osoba sleduje projev pohybového procesu a srovnává ho s obrazem pohybového procesu podle představy nebo podle vytvořeného vzoru. Následně provádí srovnání a stanovuje v jakém poměru se projevuje aktuální výkon vůči výkonu referenčnímu.

Jednou z hlavních problematik je posuzování stupně výkonu v závislosti na ergonomii pracoviště. Vliv správného komfortního nastavení pro konkrétního pracovníka vůči stávajícímu nastavení. Cílem disertační práce je nalezení způsobu, jak ergonomii spojit s měřením výkonnosti práce. Toto napojení by řešilo otázku, jakým způsobem, jak hodně a v jakých situacích ovlivňuje přesné a ergonomicky komfortní nastavení pracoviště pracovníkův výkon.

Širším cílem práce je nejenom prokázání závislosti, ale nalezení konkrétního stavu pro různé typy situací. Nalezení takového modelu, který je možný aplikovat v podobných výrobních situacích. Takový model by v rukou zaměstnavatele mohl být velmi dobrým nástrojem při plánování výroby, rotaci pracovníků a nastavování pracovních podmínek s cílem maximalizace produktivity.

Teoretická část práce je zaměřena na mapování faktorů a vlivů ovlivňující výkonnost, popis použitých měřících technik a osvojení si ergonomických norem a výpočtů antropometrických rozměrů.

# 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY

V první části kapitoly přehled současného stavu problematiky jsou sepsány poznatky týkající se produktivity práce a vlivů, které na ní působí. Je zde popsána také výkonnost pracovního úkonu jako hlavní činitel produktivity práce a postup samotného hodnocení výkonosti. Druhá část obsahuje popis vlivů ergonomie na pracovní místo.

## 2.1 Produktivita práce

Obecně platí, že produktivitou se rozumí hodnota vyjadřující, jak jsou využity dostupné zdroje pro přetvoření věci A na věc B. Jejím nejobecnějším vyjádřením je poměr mezi výstupem z procesu a vstupem potřebných zdrojů do procesu. Obecný vzorec pro výpočet produktivity je tedy následující [1]:

$$Produktivita = \frac{Výstup}{Vstup} \tag{2.1}$$

Přičemž výstup může být vyjádřen v množství, jednotkách či objemech, jako např. tuny, kusy, litry apod. V jiném případě, kdy výstup není možné individuálně definovat, je možné výstup vyjádřit v peněžních jednotkách. Vstupy jsou obvykle děleny do několika různých kategorií, jako například pracovní síla, výrobní zařízení a stroje, materiál nebo kapitál. [2] Produktivita podle [3], je tedy ukazatel fungování výrobních i nevýrobních procesů v podniku. Je jedním z rozhodujících faktorů, které jsou odrazem ekonomické přidané hodnoty produktu.

Úroveň produktivity popisuje Buchta [4] jako hodnotu, která je určena poměrem objemu množství produkce k objemu užitých vstupů za určité období: čím více se vyrobí užitečných věcí za použití méně zdrojů, tím více roste produktivita. Vysoká produktivita snýtuje náklady a umožňuje snížení cen a následně zvýšit mzdy, platy a dividendy. Produktivita se dá definovat jako efektivní využití inovací a zdrojů ke zvýšení obsahu s přidanou hodnotou zboží nebo služeb. Pro zlepšení produktivity je možné provést dvě základní akce. Zvýšit výkon bez změn na vstupu. To znamená, že se zvýší objem produkce ovšem přidaná energie bude stejná. To je možné provést snížením nákladů na výrobu například formou inovací nebo racionalizačními opatřeními. Právě touto cestou se řídí většina průmyslových podniků. Nebo provést změny (snížení) na vstupu ovšem s požadovaným výstupem. Ideální je ovšem kombinovat obě tyto akce a docílit tak maximálního požadavku na produktivitu práce.

Produktivita je v nejširším slova smyslu rozdělena do různých úrovní, ke kterým jsou jednotlivé vstupy a výstupy vztahovány. Tyto úrovně představují produktivitu národní, produktivitu týmu nebo jednotlivce. Znalostí problematiky a faktorů ovlivňující produktivitu, ať už na úrovni podniků, útvarů nebo organizačních jednotek, za účelem zvyšování produktivity se zabývá průmyslový inženýr nebo manažer. Vyšší produktivita pak lze chápat jako větší množství výstupů, než je množství vstupů neboli dosažení více cílů se stejnými zdroji. [5][1][10]

Na rozdíl od některých jiných ukazatelů výkonu podniku lze pozorovat změnu produktivity práce napříč celou organizací, v různých odděleních, u jednotlivých pracovníků apod. Zvýšení

počtu vyrobených produktů za určité časové období sebou přináší zvýšení produktivity a zároveň se odráží ve snížení pracovní náročnosti. Dlouhodobou prioritou v podnicích v České republice a samozřejmě všude ve světě je neustále zvyšování produktivity za účelem zvýšení konkurenceschopnosti na trhu. Zejména v České republice se udává, že produktivita zdejších podniků dosahuje dvou třetin v porovnání se společnostmi na evropském trhu. Důležitá otázka zní, jak mohou vůbec společnosti monitorovat produktivitu práce a odrazit se od ní k lepším zítřkům, když právě monitoring produktivity v těchto společnostech povětšinou chybí. Podle posledního průzkumu PayWell, jen zhruba třetina firem monitoruje produktivitu práce. Nejjednodušší způsob, jak spočítat produktivitu práce je po dělení všech vstupů a výstupů.

$$Produktivita\ práce = \frac{Příjmy - (výdaje + režije + odpisy + úroky + personální\ náklady)}{průměrný\ počet\ zaměstnanců} \quad 2.2$$

Výše popsaná rovnice 2.2 ovšem nelze použít pro všechny typy zaměstnanců a nelze podle ní spočítat produktivitu pro každou pracovní pozici. Výsledek by byl totiž velmi objektivní a zkreslený. Výslednou produktivitu ovšem lze použít pro sledování produktivity práce a výkonu pro celou společnost jako celek. Pak je možné porovnávat společnosti například v rámci koncernu a posuzovat navzájem dosažené cíle.

Literatura [7] rozlišuje produktivitu práce z hlediska pracovníka, z hlediska skupiny nebo z hlediska výrobních středisek a pracuje s výpočtem, do kterého vstupuje objem výroby při pracovním úkolu a práce, která je nutná pro vykonání pracovního úkolu. Do této zvěčnělé práce spadá spotřebovaný materiál, stroje, pracovní síla a suroviny. Naturální metoda vyjadřuje produktivitu práce v hmotných jednotkách a je jí možné zapsat přímým nebo nepřímým způsobem.

Přímý způsob:

$$P = {}^{Q}/_{T} \quad 2.3$$

Nepřímý způsob:

$$W = {}^{T}/_{Q} \quad 2.4$$

Kde P představuje produktivitu práce, Q značí objem výroby a T množství práce dodané pro vykonání pracovního úkonu. V nepřímém způsobu značí W pracnost daného úkolu. Naturální metoda je použitelná tam, kde je možné počítat s objemem výroby v jednotkách a kusech a není vázaná na nehmotné údaje. [5]

Cenová metoda je metoda počítající produktivitu práce z peněžních ukazatelů. To znamená, že charakterizuje objem vyrobených kusů a přepočítává ho na peněžní zisk. Přitom ho porovnává s proměnnými, které vstupují jako množství vynaložené práce. Pro svoji jednoduchost a praktické využití i při jiných statistikách je tato metoda jednou z nejpoužívanějších.

Produktivita dle cenové metody:

$$P = \frac{Q_{1.c1} + Q_{2.c2} + \ldots + Q_{n.cn}}{T_1 + T_2 + \ldots + T_n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{i.ci}}{\sum_{i=1}^{n} T_i} \quad 2.5$$

$Q_{i\text{-}n}$ = množství jednotlivých výrobků

ci-n = ceny jednotlivých výrobků

$T_{i\text{-}n}$ = množství vynaložené práce na jejich výrobu v časových jednotkách

Jako nejdokonalejší a nejprogresivnější metoda pro hodnocení produktivity práce se udává metoda jednotek práce. Tato metoda je založena na časových intervalech. Bohužel k tomu, aby mohla být aplikována je nutné znát časovou náročnost prováděných operací, které se přepočítávají na produktivitu práce v závislosti na vyrobených dílech. Metoda jednotek práce vychází ze dvou hlavních ukazatelů pracnosti operace. [11][14]

Ukazatel normované pracnosti udávaný v procentech:

$$t_i = \frac{NH_{ú}}{NH_p} \times 100 \quad 2.6$$

NHú = úspora v normohodinách

NHp = kalkulovaný počet normohodin pro daný proces

Ukazatel průměrného plnění pracovního úkolu v porovnání s nastavenými normami

$$PVN = \frac{NH}{SH} \times 100 \quad 2.7$$

NH = časová norma na prováděný proces

SH = skutečná doba výroby

Metoda jednotek práce umožňuje jedním číslem vyjádřit produktivitu práce, která je zapotřebí na vykonání požadované kvality a produkce vyrobených produktů. Základem pro úspěšnou analýzu je vysoká přesnost normování práce a doložení nastavených norem. Rozdíly při výpočtu tvoří různé pracovní podmínky nastavené při výrobním procesu. Právě normování práce musí vycházet z přesných analýz, z nejnovějších poznatků ohledně zlepšování výroby a brát v potaz ergonomii práce, která musí být dodržena v maximální míře. [6]

Při hledání možností, jak zajistit nezbytný růst produktivity se musí podnik silně koncentrovat na růst a zlepšování čtyř základních faktorů ovlivňujících produktivitu. Jsou to faktory – využití, výkon, kvalita a metody výroby. Při hledání zdrojů, které umožní růst produktivity v podniku, je vhodné se obrátit zejména na:

- Vytváření klimatu pro vysokou produktivitu

- Využívání techniky a metod vedoucí ke zvyšování produktivity
- Zlepšování vztahů pracovníku k práci
- Odstraňování plýtvání v jednotlivých procesech
- Posilování vazby „člověk – stroj“
- Zvýšení rychlosti při vývoji a inovaci [5][8]

Pro neustálé zvyšování produktivity práce je zapotřebí skloubit moderní techniky výroby se zájmem a motivací pracovníků. Pracovník by měl být začleněn do výrobního procesu. Měl by mít pocit, že je součástí týmu, pocit důležitosti a následně svůj potenciál odrazit v kýženou produktivitu. Navyšování produktivity je nutné skloubit s cíli výrobních útvaru a s cíli celé organizace. V dnešní době se klíčovými výrazy pro organizaci stala slova, jakými jsou: nízké náklady, Just in time, štíhlá výroba, vysoká produktivita, maximální výkon, eliminace druhů plýtvání, plánování výroby apod.

Z důvodu zaměření práce na výkonnost pracovníka, se budeme dále podrobněji zabývat posuzováním výkonu pracovníka a faktory, které pracovní výkon ovlivňují.

### 2.1.1 **Výkon pracovníka**

S nepředvídatelným obchodním prostředím a intenzivní obchodní konkurencí jsou společnosti povinny dosáhnout určitých standardů za účelem zlepšení jejich výkonu tak, aby odpovídaly co největším požadavkům. Pokud tak neučiní tak se objeví četné problémy, včetně rizika uzavření podniku. Tento výkon se týká celé společnosti ale i individuálních zaměstnanců. Ve výsledku výkon společnosti považuje lidské zdroje za rozhodující faktor pro dosažení cílů stanovených organizací.

Výkonnost pracovníka lze definovat jako soubor vlastností, které jsou připraveny vykonávat pracovní proces. Je to měřítko úspěšnosti práce. Člověk při plnění pracovních povinností většinou uplatňuje pouze část své výkonnosti, zbytek tvoří jistou výkonovou rezervu pro případ mimořádných okolností a také pro usnadnění obnovy pracovních sil. [11] Výkon organizace je známkou schopnosti společnosti efektivně dosáhnout nezávislých cílů. Jedním z hodnotitelných prvků je výkon zaměstnanců prostřednictvím úrovně jejich produktivity. Několik výzkumů zavádí různé metody hodnocení organizační výkon. To zahrnuje kvalitu, množství, znalosti nebo kreativita jednotlivce k realizovaným dílům, která jsou v souladu s odpovědností během specifikovaného období – jinými slovy, systémy hodnocení musí mít některé standardní parametry, na které se lze spolehnout.

Štikař [12] ve své práci tvrdí, že vedle subjektivní stránky pracovní činnosti – pracovní spokojenosti, existuje také objektivní stránka pracovní činnosti, kam se řadí pracovní výkonnost. Podle Štůska [8] vyjadřuje měření a vyhodnocení spotřeby času pracovníka, spotřebu času na vykonání pracovních dějů. Výsledky těchto analýz mohou být využity pro účely normování výkonu nebo stanovení určitých standardních časů pro potřeby podniku. Wagnerová (48) definuje pracovní výkon jako „*…výsledek určité pracovní činnosti člověka dosažený v daném čase a za daných podmínek*“. Pracovní výkonnost je dlouhodobým

vyjádřením pracovního výkonu. Podle Koubka [15] je pracovní výkon výsledkem spojení a vzájemného poměru úsilí, schopností (úroveň znalostí a dovedností určitého zaměstnance) a vnímání role či úkolů (míra pochopení).

Armstrong [19] uvádí, že pojem pracovní výkon souvisí s plněním pracovních úkolů, které má zaměstnanec v náplni své práce. Výkon se dá dle tohoto autora definovat i jako chování nebo jako výsledek pracovní činnosti jednotlivce, ale naopak také jako chování nebo výsledek pracovní činnosti celé skupiny jednotlivců. Mez trvalého výkonu charakterizuje maximální výkon, který lze bez pracovní únavy a bez poškození zdraví zajistit natrvalo během celého pracovního intervalu. Pracovní schopnost přitom zahrnuje krátkodobou maximální pracovní schopnost, jakož i nižší schopnost trvalého výkonu, která je k dispozici po delší dobu. Obecně vyjádřeno se jedná u pracovní schopnosti o celkovou úroveň existujících individuálních předpokladů pro výkon, které mohou být použity pro zvládnutí požadavku na výkon. Pracovní schopnost ovšem není konstantní veličinou. Je určována četnými podmínkami, které jsou proměnlivé v čase a mohou působit vzájemně.

Výkon je měřitelným výsledkem interakcí mezi člověkem a jeho pracovními požadavky, tréninkem a rozvojem a chováním. Tady, na konci cesty, je místo, kde vůdce zjistí, co funguje a co ne. Ale je to také začátek – místo, kde začít znovu. Výkon je zdroj, který má ukázat lidem s nízkými výkony a nedosahujícími výsledků, jak vysledovat své kroky a zacílit na konkrétní oblasti pro zlepšení. Budou mít prospěch z procházení modelu krok za krokem, zatímco vůdce poukazuje na to, kde, co a jak mohou příště udělat lépe. Výkon je měřitelným výsledkem interakcí mezi člověkem a jeho pracovními požadavky, tréninkem a chováním. Pracovní schopnost představuje kapacitu člověka, kterou může disponovat pro vykonání práce. Tím by nebyla nabídka lidského výkonu dostatečné popsána, neboť závisí také na tom, zda je člověk za daných podmínek také připraven tuto schopnost využít. Nejdůležitější ovlivňovací faktory pracovní schopnosti a připravenosti jsou shrnuty v obrázku 2-1. Z tohoto obrázku je zřejmé, že pracovní schopnost závisí zaprvé na vlastnostech a základních schopnostech, za druhé na získaných znalostech a dovednostech.[20][18][21]

**Obrázek 2-1 Výkonnost člověka, upraveno dle [26]**

Člověk může uskutečnit určitý výkon, pokud má odpovídající odbornou průpravu (znalosti, schopnosti, dovednosti, zkušenosti), ale také ochotu tento výkon podat. Tento vztah se dá vyjádřit vzorcem:

$$V = P\ x\ M \qquad 2.8$$

V vyjadřuje výkon, P představuje potřebné předpoklady a M vyjadřuje motivaci pracovníka. Člověk při plnění pracovních povinností většinou uplatňuje pouze část své výkonnosti, zbytek tvoří jistou výkonovou rezervu pro případ mimořádných okolností a také pro usnadnění obnovy pracovních sil. [11][19]

Člověk může přispět fyzickou a informativní prací k výsledku pracovního systému. Tento přínos jednotlivce k celkovému výkonu skupiny osob se přitom určuje z požadavků na výkon, který tato skupina a okolní prostředí, např. také rodina, na něho kladou.

Wágnerová a kol. [14] tvrdí, že pracovní výkon závisí zejména na dvou složkách, kterými jsou motivace a schopnosti pracovníka. Dále podotýká, že pokud člověk s vynikající schopnostmi vykonávat určitou práci nebude dostatečně motivován, výsledný efekt bude nedostačující. Ve zkratce to znamená, že bez motivace není adekvátní práce. Nestačí, aby člověk měl dostatečně schopnosti, musí je také chtít a umět využít.

Výkon ve formě plnění úkolů zahrnuje práci, která obsahuje přesné úkoly, které jsou nutné ke splnění pracovní povinnosti, která je pracovníkovi přidělená jako část popisu práce.

Podle [57] je výkon pracovníka výsledkem nebo úrovní úspěchu jedince během určitého období při plnění úkolů ve srovnání s různými možnostmi, jako jsou pracovní standardy, výrobní cíle nebo předem stanovené výrobní plány, které byly předem dohodnuty. Dále [73] uvádí, že výkon je v zásadě to, co zaměstnanci dělají nebo nedělají. Řízený výkonu je prováděná činnost, která zlepší výkon společnosti nebo organizace, včetně výkonu každého jednotlivce a pracovní skupiny. Literatura [71] tvrdí, že výkon zaměstnanců je akce, kterou zaměstnanci dělají při provádění vykonané práce. Samotný výkon není nezávislý, ale vztahuje se ke pracovní spokojenosti a k úrovni poskytované odměny zaměstnavatelem.

### 2.1.2 **Faktory ovlivňující výkon pracovníka**

Halaxa [17] tvrdí, že existuje několik hlavních faktorů, které ovlivňují produktivitu práce zaměstnanců, rozhodujícím činitelem je člověk. V odrazu jeho schopností, vlastností a motivace, je možné pozorovat jeho produktivitu při pracovním výkonu. Není to ovšem tak, že by se nevyvíjel, ale každou další pracovní zkušeností posouvá své hranice dál a tím se zdokonaluje své schopnosti. Jeho fyzické a duševní vlastnosti podmiňují jeho produktivitu práce. Z fyzických vlastností pracovníka je nutno zmínit jeho výšku, hmotnost, sílu a jeho antropometrické údaje. [23] Tyto vlastnosti jsou zejména důležitě na nižších stupních práce. Například při montážní a logistické práci. Ovšem tím, jak se člověk zdokonaluje a získává čím dál složitější stupeň práce tím začíná mnohem více využívat své duševní vlastnosti, jakými jsou kreativita, vedení lidí, píle, organizace, a v neposlední řadě i zaujetí pro pracovní úkon.

Samozřejmě velmi důležitým faktorem, který ovlivňuje výkonnost práce jsou i pracovní nástroje a prostředky, které lidé při práci využívají.

Lidské zdroje jsou jedním z klíčových organizačních faktorů pro obchodní úspěch. Účinnost jednotlivce odráží jeho znalosti, schopnosti, dovednosti a vlastnosti. K dosažení cílů organizace musí být zaměstnanci vysoce motivovaní. Kompetentní zaměstnanci jsou vždy navrhováni s konkurenčními systémy odměňování. Pro řízení lidských zdrojů je důležitá motivace, aby rozpoznala vztah mezi výkonem práce a motivací. Na výkon jednotlivce má vliv také jeho schopnost vykonávat danou práci. Kompetencí se rozumí míra, do jaké se člověk považuje za osobu schopnou vykonávat práci. Znamená to, že osoba má kontrolu nad událostmi, ke kterým dochází v organizaci i mimo ni, spíše nad tím, že události nad ní mají kontrolu.

Klíčem k dlouhodobému růstu je neustálé hodnocení budoucích požadavků na zaměstnání a následné poskytování rozvojových příležitostí pro zaměstnance, kteří pracují nad rámec svých možností. Sledování aktuálního výkonu je důležité, ale znalost potenciálu každého člověka je ještě důležitější.

Podle Jakubíkové [18] je analýza PEST jedním ze způsobů identifikace vnějších faktorů na výkonnost práce. Zároveň rozděluje faktory na vnější a vnitřní.

**Vnější faktory (20 %): (PEST analýza)**

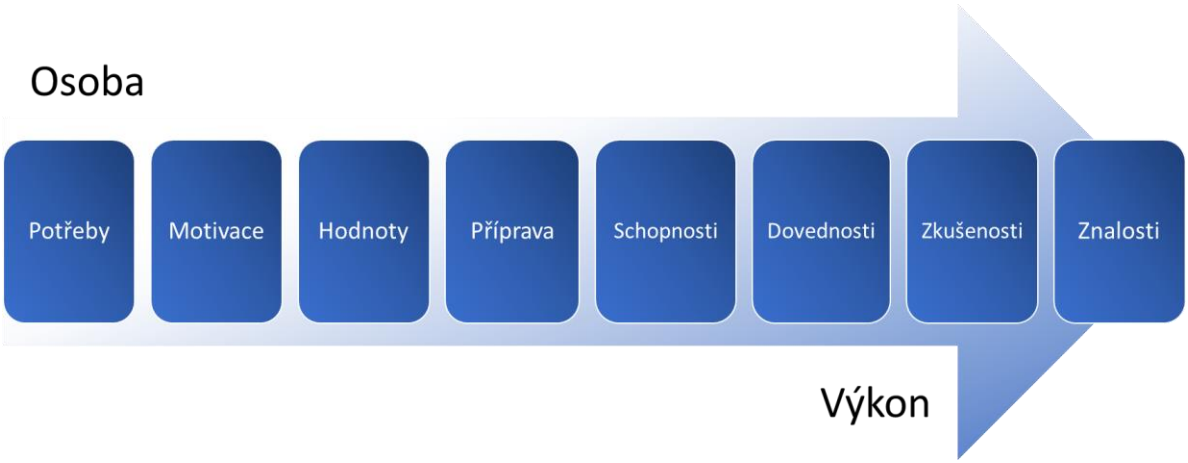
Cílem této analýzy je identifikování jen těch faktorů, které firmu bezprostředně ovlivňují.

- **P**olitika
- **E**konomika
- **S**polečnost
- **T**echnika

**Vnitřní faktory (80 %): (KAIZEN)**

- dodavatelé
- zákazníci
- zaměstnanci
- management
- motivační systém
- organizace práce (JIT, TQM, OPT, KANBAN, POKA-YOKE, TPM)

Zdroj [26] kategorizuje osm základních faktorů, viz obrázek 2-2. Jednotlivci přinášejí do své práce – mnoho vlastností. Některé jsou funkční, zatímco jiné jsou nefunkční. Část modelu „osoba“ identifikuje osm základních faktorů, které ovlivňují pracovní výkon: znalosti, zkušenosti, dovednosti, schopnosti, povědomí, hodnoty, motivy a potřeby. Jak si jednotlivci na práci zvyknou, tyto faktory se časem mění.




**Obrázek 2-2 Parametry výkonu, upraveno dle [26]**

Požadavky na zaměstnání jsou podmínky, za kterých se od člověka očekává, že bude pracovat. Na rozdíl od popisu práce, který uvádí seznam úkolů a povinností, požadavky na práci definují práci z hlediska minulých, současných a budoucích očekávání. Byla například osoba najata nebo povýšena na pozici kvůli jejímu minulému pracovnímu výkonu, současným požadavkům na zaměstnání nebo budoucímu pracovnímu potenciálu?

Na rozdíl od popisu práce, který uvádí seznam úkolů a povinností, požadavky na práci definují práci z hlediska očekávání. „Operátor“ by si užíval příležitosti k postupu a větší odpovědnosti, zatímco uchazeč o status quo ve stejné práci by byl ohrožen nárůstem požadavků na zaměstnání. Stagnující člověk by byl spokojený s prací, která se nikdy nezměnila, zatímco se člověk nudí bez příležitostí k růstu a rozvoji. Vysoký výkon je udržován udržováním rovnováhy mezi požadavky na zaměstnání a tréninkem a rozvojem, což znamená, že organizace poskytuje vzdělání v nějaké formě v očekávání budoucích změn zaměstnání nebo za účelem udržení standardu vysokého výkonu práce. [25][24]

Výkon zaměstnance může být ovlivněn mnoha faktory. V citované Gibsonově teorii [30][29] podle Illyase (1999), existují tři proměnné skupiny faktorů, které ovlivňují pracovní chování a výkon jednotlivce. Konktrétně jsou proměnné jednotlivce, organizační proměnné a psychologické proměnné. Proměnné jednotlivce jsou seskupeny ve schopnosti a dovednosti. Organizační proměnné mají nepřímý účinek na chování a individuální výkon pracovníka. Tyto proměnné jsou klasifikovány jako dílčí proměnné zdroje, vedení lidí, kompenzace, organizační struktura a popis práce. Psychologické proměnné se skládají z dílčích proměnných jako je vnímání, postoj, osobnost, schopnost učení a motivace. Tyto proměnné jsou silně ovlivněna rodinou, úrovní předchozí pracovní zkušenosti a sociálním postavením.

Schopnost jednotlivce odkazuje na schopnost provádět různé úkoly v práci. Jde o aktuální hodnocení toho, co člověk může dělat. Celkové schopnosti jednotlivce se v zásadě skládají ze dvou souborů dovedností, intelektuálních a fyzikálních. [31]

V souvislosti s konceptem schopnosti a dovedností zaměstnanců, Hersey a Blanchard [34] tvrdí, že existují tři typy základních dovedností, které musí mít každý, ať už jako vedoucí nebo jako operátor.

- Technické dovednosti – zahrnují schopnost používat znalosti, metody a technické vybavení potřebné k výkonu určitých prací získaných ze zkušeností, vzdělání a výcvik.
- Sociální dovednosti – schopnosti pracovat díky motivaci ostatních zahrnuje pochopení motivace a aplikace efektivně vést skupinu lidí.
- Koncepční dovednosti – schopnost porozumět složitosti organizace. Schopnost, která umožňuje člověku jednat v souladu s organizačními cíli.

Organizační a firemní struktura jako faktor prosperity společnosti se týká zdrojů podniku. Odráží se v jejich správném využívání a zhodnocení. Mezi tyto zdroje patří materiál nebo majetek společnosti, který představují budovy a stroje. Ovšem pro mnoho firem je však cennější postavení na trhu, výroba požadovaných výrobků v perfektní kvalitě, know-how firmy, a schopný a kvalifikovaný personál. [40]

Faktory ovlivňující produktivitu práce jsou podle Šimůnkové [78]:

- kvalifikovanost pracovníků – dosažené vzdělání a pracovní zkušenosti pracovníka zvyšují pracovní výkonnost.
- organizace řízení – správné využití směnnosti, přesně nastavené přestávky mohou mít velmi kladný vliv na produktivitu práce.
- přírodní a klimatické podmínky – v nestandartních podmínkách bude produktivita pracovníka nižší než za obvyklých pracovních podmínek.
- motivace pracovníků – čím je zaměstnanec více motivovaný tím má i vyšší produktivitu práce. Je důležité uvědomit pracovníka, že jeho podíl na výrobku je nepostradatelný a tím mu dokázat důležitost pro celou společnost.
- technologie – pokud je pracovník proškolen na používání nových technologií, tak jejich využívání může přinést kýžený efekt ve formě rostoucí produktivity práce. Neustále zlepšování je krok ku předu a ke konkurenceschopnosti na trhu.

Zvýšení úrovně plnění hodnoty produktivity práce lze dosáhnout i zvýšením intenzity práce, která znamená koncentraci, hustotu vynakládané živé práce v určité časové jednotce. Toto využití jde ale ruku v ruce se zatížením na pracovní sílu operátora. Je důležité správně naleznout balanc mezi maximálním výkonem a mezi zátěží pracovního úkolu, která je snesitelná po celou dobu pracovní doby. Úroveň produktivity práce je vždy dosahována za určité úrovně intenzity práce, která je nedílnou součástí dosažené úrovně produktivity práce. [61]

Kozler a Matějka [1] shrnuli ve své knize zásadní faktory ovlivňující úroveň produktivity práce na faktory, které vedle klimatických podmínek jsou:

- Technika – automatizace výrobního procesu, zlepšování technické úrovně výrobních strojů a nástrojů, efektivní využívání Kaizen metodiky uvnitř celé společnosti

- Technologie – inovace výrobních procesů, používání usnadňujících přípravků a aplikace Poka Yoke
- Koncentrace, organizaci a řízení – Efektivní využívání pracovní doby, správná organizace a řízení zaměstnanců, přesné a jasné pracovní postupy
- Úroveň pracovník – maximální využití potenciálu zaměstnance, sebezdokonalování
- Úroveň motivace – hodnotící programy, zapojení pracovníka do know-how společnosti a vysvětlit mu jeho důležitost v pracovních procesech, seberealizace v pracovním procesu

Vlastník procesu je za proces zodpovědný, má o něm přehled a jeho role je nezastupitelná, neboť nese i odpovědnost za výstupy procesu. Některé ukazatele jsou specifické, některé je však možné aplikovat obecně čili je možné označit za univerzální ukazatele výkonnosti procesu. Produktivita pracovníka, disponujícího znalostmi, je podle P. F. Druckera [21] určována šesti nejdůležitějšími faktory.

- Volba cíle práce – Co je mým úkolem?
- Autonomie a sebe řízení – Mám odpovědnost za splnění podnikových cílů?
- Nepřetržité inovace – Mohu lépe inovovat výrobní proces?
- Permanentní učení – Mohu ti pomoct, či to lépe vysvětlit?
- Jakost práce – Mohu přispět k lepší kvalitě?
- Ekonomické pojetí práce – Znalosti a schopnosti musejí zůstat „doma“.

Faktory zmiňované Druckerem potvrzují i současné internetové zdroje zabývající se faktory produktivity práce. Samotné hodnocení produktivity je velmi mocný nástroj pro správné hodnocení lidí. V tomto směru je možné pozorovat, jak se pomyslný kruh uzavírá. Pokud bude pracovník pracovat s určitým výkonem, tak jeho výkonu bude odpovídat jeho hodnocení. Pokud pracovník bude znát jeho hodnocení a bude nastaveno správně, tak bude mít tendenci pracovat odpovídáním výkonem. Nicméně prvním předpokladem je schopnost adekvátně popsat výkonnost. Při jakémkoli hodnocení produktivity práce by mělo být použito šest nezávislých proměnných, kterými jsou: kvalita práce, kvantita práce, znalosti, iniciativa, spolehlivost a přizpůsobivost. [17][27][30]

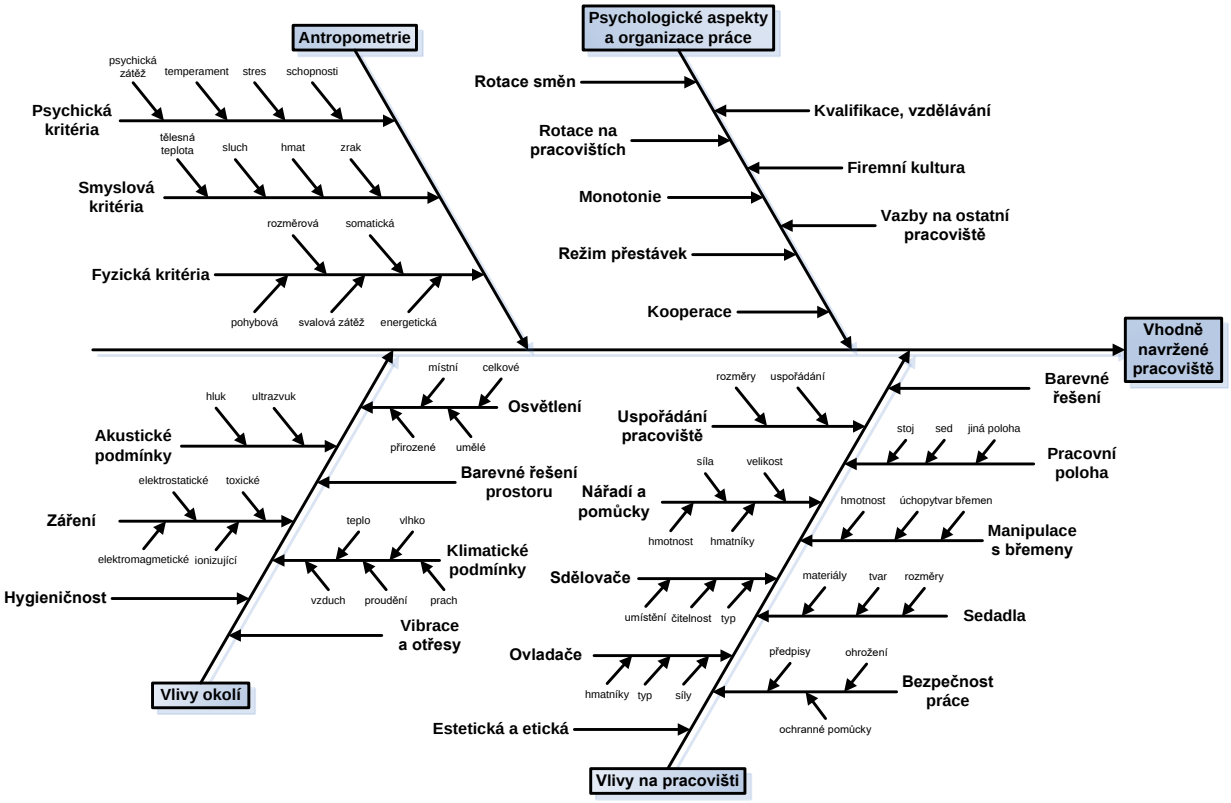
Podle literatury [22] je možné říct, že výkonnost pracovníků limituje řada činitelů nejen objektivní ale i subjektivní. Faktory, které ovlivňují pracovní výkon, je pak možné rozdělit do čtyř základních skupin.

- technické, ekonomické a organizační podmínky – úroveň pracoviště a jeho uspořádání, modernizace procesů, organizace ve společnosti a jasné pracovní postupy
- společenské podmínky – rozvin sociální vztahů, podpora sociálního myšlení,
- situační podmínky – zaměření se na inovační schopnosti společnosti
- osobnostní vlastnosti – zdraví, spokojenost, duševní pohoda

Pomocí prostudovaných literatur a nástroje Ishikawova diagramu byl vytvořen diagram (viz obrázek 2-3) zachycující všechny dostupné parametry na výkon pracovníka. Takovýto strukturovaný pohled dá jasný přehled o množství faktorů, které je nutné zlepšovat, modernizovat či respektovat pro docílení maximální produktivity pracovníka na pracovišti. [27]

**Obrázek 2-3 Parametry ovlivňující výkonnost pracovníka, [zdroj autor]**

Pokud se zaměříme na rameno **vlivu pracoviště**, tak je zde možné vidět vliv ergonomie pracoviště. Proto nastává tvrzení, že ergonomie pracoviště má vliv na výkonnost pracovníka. Bureš ve své disertaci [79] sestavil Ishikawa diagram (viz obrázek 2-3), kde se pokusil znázornit přehledně všechny tyto oblasti ovlivňující návrh pracoviště. Takovýto strukturovaný pohled na daný problém pomáhá nejen při určování významnosti všech příčin, ale i při hledání souvislostí a jejich budoucímu řešení.




**Obrázek 2-4 Ergonomické vlivy na pracoviště, dle [79]**

Na obrázku 2-4 jsou přesně analyzovány parametry ergonomie na pracoviště. Pokud bychom prolnuli dvě výše uvedené Ishikawi (viz obrázek 2-3 a obrázek 2-4), tak bychom zjistili, že zde existuje řada shodných a neshodných ukazatelů. Právě ty shodné jsou hlavní myšlenkou pro tuto disertační práci. Je patrné, že návrhy na nastavení pracoviště mají svoje pravidla a návrhy na zvýšení výkonu pracovníka mají také svoje pravidla. Proto můžeme dojít k závěru, že úprava pracoviště by měla změnit výkon pracovníka.

Úprava pracoviště se provádí z dvou důvodů, a to zaprvé, aby se pracovník cítil lépe a mohl si pracoviště přizpůsobit svým fyzickým proporcím a za druhé, protože se pracovníci střídají, ať už vlivem fluktuace nebo aby zabránili monotonii práce.

V dnešní době je velmi důležité pracovní prostředí, mezi něž se počítá jak klimatické a vnější podmínky, ale i prostředí uvnitř společnosti, jakými mohou být – hlučnost, světlost, prašnost a samozřejmě dnes v době, kdy je kladen velký důraz na bezpečnost práce a predikci nemocí z povolání, je důležitá ergonomie. Věda, která dává v soulad člověka, stroj a prostředí. Navrhovaná ergonomická opatření směřují k pracovní pohodě člověka. Takže můžeme říct, že optimalizace pracovního prostředí vede k vyšší produktivitě práce.

### 2.1.3 **Hodnocení výkonu**

Bedrnová a Nový [23] tvrdí, že hodnocení zaměstnanců, hraje v každém podniku velmi významnou roli. Na základě hodnocení je stanoven výkon zaměstnance, který je porovnáván

s ideálními podmínkami. Toto srovnání je pak základem pro finanční hodnocení a tvoří základ pro posouzení pracovních úspěchů a pracovních chyb. Hodnocení hlavně hraje i významnou roli pro motivaci pracovníka.

Každá lidská práce vykazuje v podstatě dva znaky, které charakterizují pohybový proces. Jsou jimi intenzita a účinnost. Oba znaky nejsou vždy zcela navzájem oddělitelné v provádění pohybu. Přesto je u určitých pohybů kladen větší důraz na intenzitu, u jiných na účinnost. V jazyce systému předem určených času je u prvků někam přijít a přinést důraz na intenzitu u prvku uchopit a montovat důraz na účinnost. Zatímco je u prvních velmi zřetelně pozorovatelný pohyb, jsou uchopit a montovat často složeny z minimálních opravných pohybů velmi rozdílných co se týče počtu a směru. [32][33]

Jednou z nejvíce používaných metod pro hodnocení výkonu zaměstnance je vytvoření hodnotící stupnice. Hodnotitel obdrží formulář, kde formou zaškrtávání bodů o plnění úkolu zaznamenává pracovníkovo hodnocení. Význam a oblíbenost této metody tkví v její nenáročnosti a nízkým nákladům na pořízení. Je ovšem důležité, aby hodnotitel byl nezaujatý a vytvářel objektivní posouzení.

Další oblíbenou metodou je metoda BARS (Behaviorally Anchored Rating Scales), jejíž podstata je založena tvrzení Dvořákové *na vytváření hodnotících stupnic pro jednotlivé aspekty pracovního jednání a na definici žádaného pracovního jednání na specifikovaném pracovním místě jako předpokladu efektivního výkonu pracovní činnosti a princip této metody spočívá v tom, že pracovní jednání je zařazeno do několika hodnotících stupňů v rozmezí od – vynikající – až po – nepřijatelné.* [24] Největší výhodou je časová náročnost a nízké náklady na vytvoření.

Hodnocení výkonu na základě časových údajů představuje pro podnik jak základní zdroj při tvorbě hodnocení pracovníka ale i důležitý podklad při vyhodnocení produktivity práce a plnění zadaných výrobních cílů. Pro stanovení výkonnosti z časových dat se používají tyto 4 ukazatelé [29][39]:

1) Výkon za časovou jednotku (pracovní směna nebo hodina) – hodnocení spočívá v hodnocení vstupů v poměrů s výstupy. Je zde kladen velký důraz na lidskou práci. Tento ukazatel tvoří základ pro stanovení pracovních norem.
2) Počet pracovníků s vlivem na výrobek – na výrobě produktu se podílejí i pracovníci, kteří se nepřímo dostanou do kontaktu s produktem. Jedná se o pracovníky, kteří zodpovídají za organizování práce (Mistři), ale i například pracovníci kteří se zabývají údržbou na zařízeních, které jsou při výrobě produktu používány. Je proto důležité, aby při hodnocení produktu byly započítáni všichni zaměstnanci.
3) Pracnost na vybraném produktu, produktech – časová náročnost, zejména při sériové výrobě je velmi důležitá jako zdroj informací pro balancování linky a pracovišť navzájem na sobě závislých. Z těchto dat je možné stanovit tak výroby počet zaměstnanců i celkový plán výroby.

4) Výpočet produktivity na pracovníka – sběr dat pro tento ukazatel spočívá v přímém pozorování pracovníků na pracovištích a získávání časových údajů a informací na základě vyplnění dotazníků s pozorovanou osobou.

Doba pro provádění určitého pracovního úkolu může být velmi rozdílná. I při stejném pracovním postupu, stejné pracovní metodě, při použití stejných provozních prostředků a materiálů, a i při jinak stejných pracovních podmínkách potřebují různí pracovníci různě dlouhou dobu a vykonání stejného pracovního úkolu. Příčinou toho je rozdílná nabídka výkonu pracovníků, tj. především jejich různé schopnosti a stimuly.

Rozptyl lidského výkonu je při všeobecných podmínkách při hře, práci nebo sportu velmi široký. Ve zvláštních podmínkách pracoviště není příliš velký. Je to 1:15 až 1:2, ve zvláštních případech ještě větší. Když tedy pracovník s vysokým výkonem potřebuje pro provádění určitého postupu v průměru 10 min/ks, bude jiný pracovník s nižším výkonem potřebovat pro stejný postup asi 15 až 20 min/ks. Přitom se předpokládá, že srovnávaní pracovníci jsou pro práci v potřebné míře způsobilí a že pracují stejnou pracovní dobu. [26]

Na základě rozsahu lidského výkonu lišícího se u jednotlivých pracovníků, ale i u stejného pracovníka v různých časech mohou být použity skutečné časy, popř. skutečné výkony pracovníka za určitých podmínek.

Požadované časy se vztahují, jak již bylo popsáno, na pracovní systém v požadovaném stavu, který je určován:

- Pracovním postupem
- Pracovní metodou
- Pracovními podmínkami

Posuzování stupně výkonu spočívá v tom, že pracovník zabývající se zprostředkováním dat sleduje objevující se obraz a srovnává ho s obrazem průběhu pohybu dle představy, aby z toho srovnání učinil závěr o pravděpodobném dosaženém kvantitativní výkonu v poměru k referenčnímu kvantitativnímu výkonu. Předpoklady a přístupy k posuzování stupně výkonu [30]:

- Pracovník, zabývající se zprostředkováním dat, si musí na základě přesné odborné znalosti sledovaného pracovního postupu za daných pracovních podmínek a praxe umět udělat představu o tom, jaký by musel být objevující se obraz sledovaného pohybového procesu co se týče rychlosti (intenzity) a ovládání (účinnosti) pohybů a jejich následnosti.
- Srovnávám myšlenkově představovaný obraz se skutečným pohybovým procesem.
- Jakost tohoto posuzování využívá na způsobilosti vyškolení a zkušenosti, jak pozorovaného pracovníka, tak i pracovníka, který zjišťuje data.

- Posuzování stupně výkonu musí být natolik objektivizováno, že se subjektivní vlivy při procesu posuzování kompenzují a prakticky lze získat dostačující přibližné hodnoty stupně výkonu.

Výkon, který je základem požadovaného času, se označuje jako referenční výkon. Takový výkon všeobecně představuje výkon 100 %.

$$Stupeň\ výkonu = \frac{Sledovaný\ skutečný\ výkon}{Referenční\ výkon\ dle\ představy}\ x\ 100\% \qquad 2.9$$

Pokud se stupeň výkonu udává jako faktor výkonu, tak platí:

$$Faktor\ výkonu = \frac{Sledovaný\ skutečný\ výkon}{Referenční\ výkon\ dle\ představy} \qquad 2.10$$

Rovnice 2.9 a 2.10 platí však jen tehdy, když pracovní metoda, pracovní postup a pracovní podmínky obou výkonů, jak skutečného, tak referenčního, spolu do značné míry souhlasí. Referenční výkon je zároveň směrnou hodnotou výkonu. Ve zkratce lze říct, že nemůžeme porovnávat výkon naměřený v reálném čase, pokud ho nemáme s čím ho porovnávat.

Účinnost posuzování stupně výkonu je výraz pro kvalitu způsobu práce pracující osoby. Účinnost lze rozpoznat podle toho, jak hbitě, aktivně, vyrovnaně, harmonický, jistě, rutinně, klidně, cíleně, rytmicky a uvolněně pracovník pracuje.

Z toho vyplývá v praxi známé skutečnosti, že zvýšená pracovní intenzita může do určitých mezí kompenzovat malou účinnost a při vysoké účinnosti může vzniknout průměrný výkon i při intenzitě menší, než je průměrná. [20][25][26] U prací s důrazem na pohyb jako je házení písku lopatou, přepravní práce atd. vyplývá stupeň výkonu převážně z tempa pracovního pohybu a je ovlivňován převážně vnitřními podněty. U prací s důrazem na přesnost jako jsou montáže, tak vyplývá stupeň výkonu hlavně ze své účinnosti provedení práce a je ovlivněn převážně schopnostmi pracovníka.

**Posuzování stupně výkonu je možné jen u pohybových procesů**, které mohou být ovlivněny člověkem. Přesněji řečeno existují především tři předpoklady, které musí být splněny pro posuzování stupně výkonu.

1) Úsek procesu, který má být posuzován, musí být možné přiřadit k druhů procesu. Zkušenost ukazuje, že posuzování stupně výkonu je možné v prvé řadě u takových činností, které mohou být analyzovány pomocí systému předem určených času. U pouze podmíněného ovlivnitelného konání závisí výsledek posuzování stupně výkonu na zkušenosti pracovníka, který zjišťuje data.
2) Pracovník musí umět ovlivnit technické a organizační okolnosti za nichž vzniká pracovní výsledek. Pokud je práce závislá na taktu, jako např. u montážních pásů nebo např. u balících strojů, požaduje se u člověka neměnný stupeň výkonu.

3) Práce nesmí obsahovat vysoký podíl statické svalové práce. V pohybovém procesu při vysokém vynakládání síly je posuzování stupně výkonu přinejmenším obtížné.

Nezbytnými předpoklady pro posuzování stupně výkonu jistou základní znalosti o ekonomických souvislostech práce a výkonu, výcviku a únavy, stáří a výkonu, způsobilosti atd. V současné době se v podnicích můžeme setkat s tvrzením, že zvyšování výkonnosti pracovníka vede k úspěšnějším u podniku. To znamená, že čím bude pracovník produktivnější tím bude podnik konkurenceschopnější. Společnosti si také uvědomují, že samotná kvalita a množství produkce výrobků závisí na schopnostech a práci jejich zaměstnanců. Podniky se snaží zvyšovat svoji produktivitu několika různými způsoby. Mohou to být investice do strojních zařízení nebo do automatizace může to být směr, kdy dochází ke zpřísnění norem v procesech a tím k navýšení pracovního tempa. Tento způsob je velice náchylný na spokojenost zaměstnanců a může přinést opačný efekt. Zvyšování produktivity nemusí být vždy spojené s velkými náklady nebo s dopadem na pracovní normy pracovníků, nejideálnější by bylo najít směr, ve kterém dochází ke zvýšení produktivitě ty ovšem za minimálních investic. Takovým cílem je nalezení rezerv v současném systému a optimalizací výrobních procesů docílit ke zvýšení výkonu. [27][28]

### 2.1.4 **Metody měření výkonu**

Pokud by byly ve společnosti hledány nejčastěji používané metody pro měření výkonu došlo by k závěru, že mezi nejčastější se řadí časové studie práce. Největšími výhodami těchto metod je, že jsou prováděny v reálném čase a zaznamenávají přesně veškeré operace, které pracovník provádí a také jejich minimální náklady na realizaci. Výstup tvoří přesné údaje o efektivnosti a výkonnosti pracovníka, které tvoří další základ pro analýzu norem a náročnosti práce. Na základě analýzy časového snímku lze vhodně rozvrhnout práci a odpočinek a tím zvyšovat výkonnost pracovníka. Jakmile jsme schopni správně měřit a analyzovat práci, kterou ve svém procesu odvádí pracovník, není těžké stanovit pracovní výkon. [30]

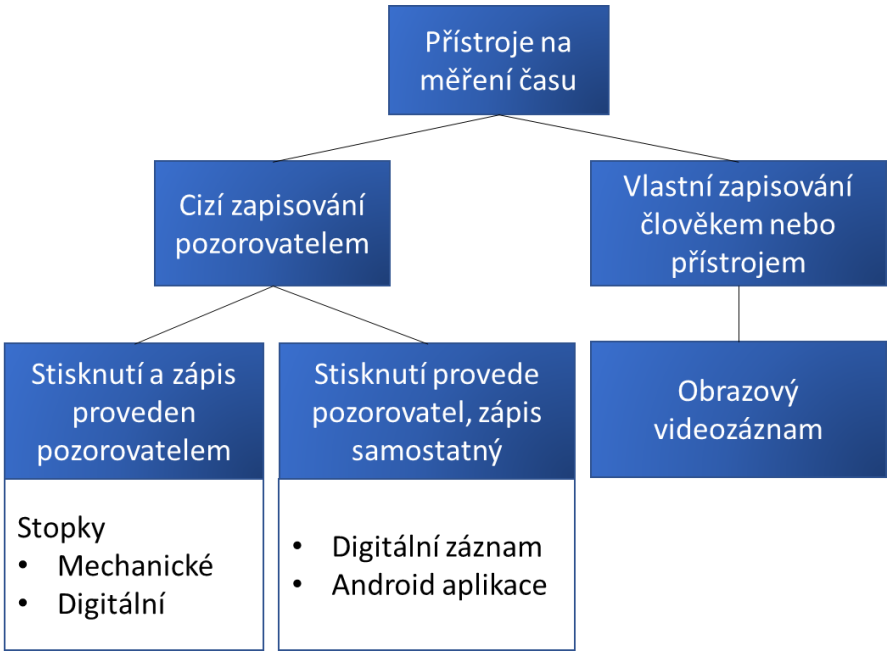
Posuzování stupně výkonu spočívá ve srovnávání sledovaného projevu pohybového procesu jednoznačně popsané pracovní metody s obrazem, který si pracovník, zjišťující data, představuje jako normální provedení pohybu sledovaného pracovního procesu. Toto srovnání vede k posouzení, o kolik procent je sledovaný výkon nad nebo pod normálním výkonem REFA. Pod pojmem normální výkon REFA se rozumí provádění pohybu, který připadá pozorovateli, co se týče jednotlivých pohybů a jejich koordinace, zvláště harmonický přirozený a vyrovnaný. Může být prováděn během směny trvale každým pracovníkem, který je podle zkušeností v potřebné míře způsobilý, proškolený a plně zapracovaný, pokud dodržuje časy určené pro osobní potřeby a popřípadě také pro odpočinek a pokud není omezen a svobodný rozvoj jeho schopností. [31][35]

Obrázek 2-5 sumarizuje metody pro měření náročnosti operací a hodnocení výkonu na základě jejich přesnosti a vypovídající hodnotě.

**Obrázek 2-5 Metody určení náročnosti, [zdroj autor]**

Zatímco se dříve časy měřily v předem určených momentech měření času pomocí stopek a naměřené hodnoty odečítal pracovník pověřený prováděním časového snímku a ručně zapisoval do příslušných formulářů časového snímku, dnes je možné použít snímek podporující při práci elektronické přístroje. Obrázek 2-5 popisuje metody pro časové hodnocení práce v závislosti na vypovídajícím hodnocení. Je třeba rozlišovat přístroje na měření času, které zachycují časy bezprostředně při provádění zkoumaného sledu procesu a přístroje pro záznam obrazů, které uloží proces jako film a tím zachycují časy nepřímo. [36] U elektronický pracujících přístrojů na měření času je třeba splnit následující technické požadavky:

- Přístroje k zachycení času musí poskytovat možnost měření času v desetinách sekundy.
- Datová paměť a napájení přenosných měřících přístrojů musí být dimenzovány tak, aby je bylo možno použít minimálně po dobu jedné směny bez přerušení.
- Při přerušení napájení se nesmí ztratit již zachycená data přístroje.
- Přístroje na zachycování dat, by mělo být možno použít i na pracovištích, kde je prach, olejová mlha, odlesky elektrická a magnetická pole i za nízkých a vysokých teplot okolního prostředí.
- Přístroj by měl pozorovateli vhodným komfortem ulehčit ovládání do té míry, aby se mohl lépe soustředit na svůj hlavní úkol, kterým je pozorování pracovního procesu.
- Pokud se budou určovat plánované časy pomocí regresního výpočtu je třeba vykázat použité vzorce, jejich ovlivňující veličiny i dohodnuté statistické ukazatele.
- Je třeba zajistit, aby při použití systému a dalším zpracování zachycených dat bylo možno dosáhnout dostatečné kvalifikace školení osob žijících data.



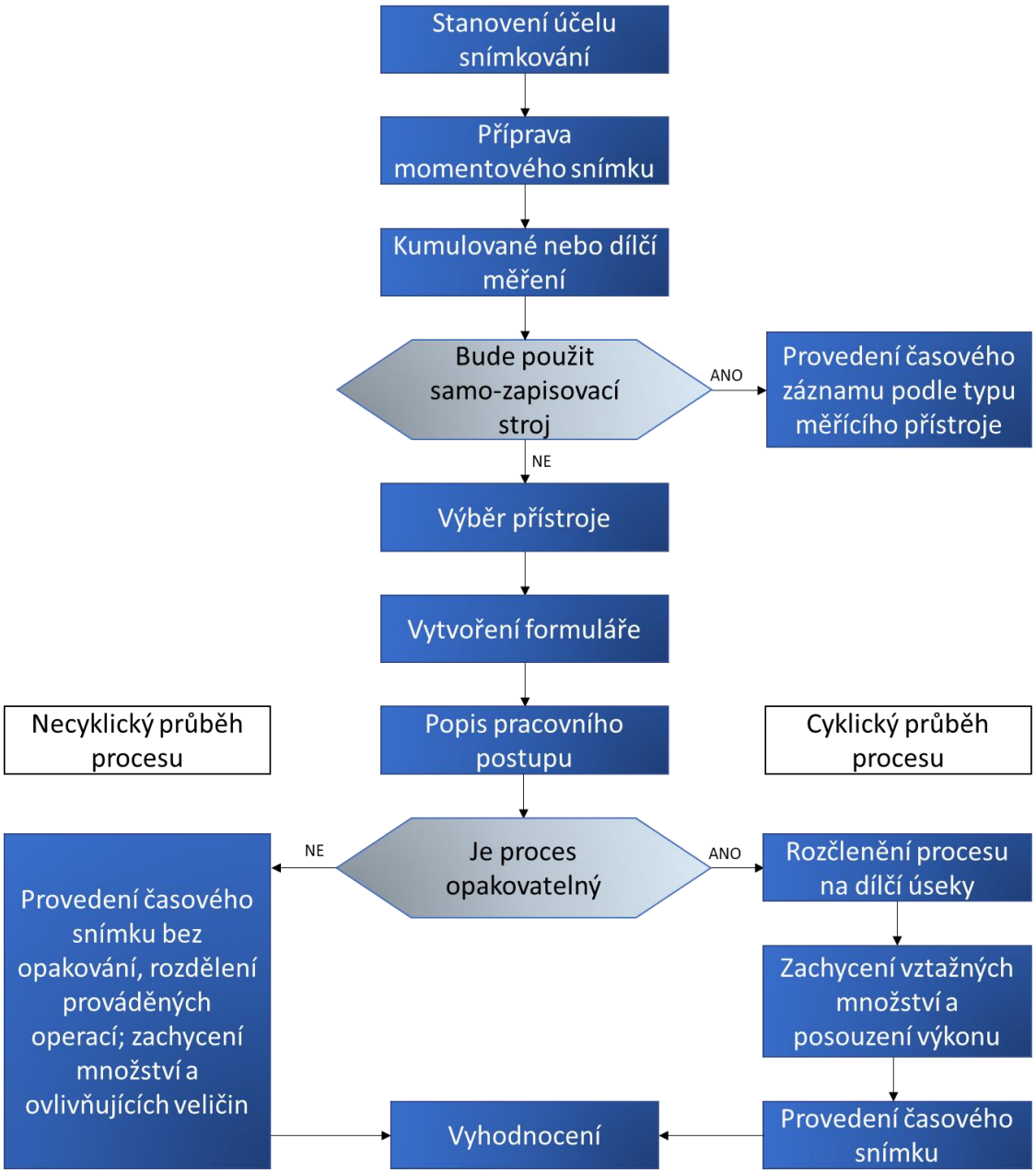

**Obrázek 2-6 Přehled přístrojů na měření časů, upraveno dle [36]**

Časové snímky spočívají v popisu pracovního systému, zvláště pracovního postupu, pracovní metody a pracovních podmínek, a v zachycení vztažných množství, ovlivňujících veličin, stupňů výkonů a skutečných času pro jednotlivé úseky procesu. Jako u studií ekonomiky práce i u časového snímků závisí postup velice silně jak na druhů zkoumaného pracovního úkolu, tak i na cíli zkoumání. Tak jsou na časový snímek kladeny jiné nároky, když se požadované časy zjištěné při snímku mají použít pro odměňování, než když například mají sloužit jako základ pro lepší využití provozních prostředků. Právě tak je rozdíl, zda zjišťované časy se předběžně budou používat často ve formě plánovaných časů nebo zda se budou používat jen jednou nebo příležitostně. Obrázek 2-6 popisuje přehled přístrojů při provádění časových náměrů. [38]

### 2.1.5 Časová studie REFA

Důležité je, že časový snímek musí být dle údajů na formuláři časového snímku reprodukovatelný. Průvodní okolnosti, za kterých změřené časy vznikly, musí být rovněž pečlivě zachyceny, stejně jako časy samotné. Přitom je třeba vycházet z následující představy – *pokud osobě zjišťující data bude předán časový snímek, musí být tato osoba s jeho údaji schopná, vybudovat nový pracovní systém, který poskytne srovnatelné výsledky, jaké se vyskytly na pozorované pracovním systému.* [36] Pokud je tato podmínka splněna, lze říct, že časový snímek představuje vyobrazení pozorovaného pracovního systému a je tedy reprodukovatelný. Na obrázku 2-7 můžeme vidět přehled postupu aplikace metody REFA. U účelu použití je vedle několikrát zmiňovaných možností (plánování, řízení, kontrolování a odměňování) především třeba stanovit, zda se má časový snímek vyhodnotit pro tvorbu plánovaných času nebo ne. Mimo to má v mnoha případech časový snímek (nebo momentový snímek) smysl pouze tehdy, pokud je zkoumaný proces utvářen tak, aby se vyskytovaly v budoucnu u stejného pracovního

postupu stejné pracovní metody a za podobných pracovních podmínek. Celý proces standartního snímku REFA je znázorněn na obrázku 2-7.




**Obrázek 2-7 Standartní postup momentového snímku REFA, upraveno dle [36]**

Při provádění časových snímků je třeba dodržet určité předpisy, například informovat monitorované osoby. Dále je třeba před momentovým snímkem provést některé úvahy o postupu měření času, použitém přístroji a měření času a formuláři časového snímků. Většinou jsou v jednotlivých podnicích tyto otázky již rozhodnuty. Část formuláře časového snímku je třeba vyplnit již v přípravném kroku. Jedná se o zaznamenání názvu pracoviště, názvu procesu popisu procesu a dalších doplňujících informací, které mohou sloužit pro dohledání a k vyhodnocení časového měření. u sériové práce se také jedná o rozbor pracovních činností

na jednotlivé úseky tyto činnosti jsou dále analyzovány formou časových náměrů, které se posléze vyhodnotí. [30][28][36]

Podle dostupných literatur se dá technika a nároky na správné vytvoření časového snímků REFA obecně popsat následujícími body:

1) Pozorovatel musí být odborně schopen odstranit a posoudit proces. Dále musí ovládat techniku časového snímku a v případě potřeby posouzení stupně výkonu.
2) Pozorovatel by se měl umístit, tak aby byl pozorovaný pracovník co možná nejméně ovlivňován a omezován. Na druhé straně, aby bylo možno mít dobrý přehled o pracovním procesu.
3) Během procesu časového snímku je třeba pokud možno zamezit diskusím s pozorovanou osobou i s třetími osobami, aby bylo možno plynule sledovat dění v pozorovaném systému.
4) Je třeba dodržet tarifní a případně podniková ustanovení o informovanosti pracovně nadřízeného.
5) Časové snímky se nesmí provádět bez vědomí pozorovaného pracovníka je proto potřebné před zahájením zkoumání pozorovaného zaměstnance poučit o účelu.
6) Musí být zajištěno dodržení bezpečnostních předpisu.

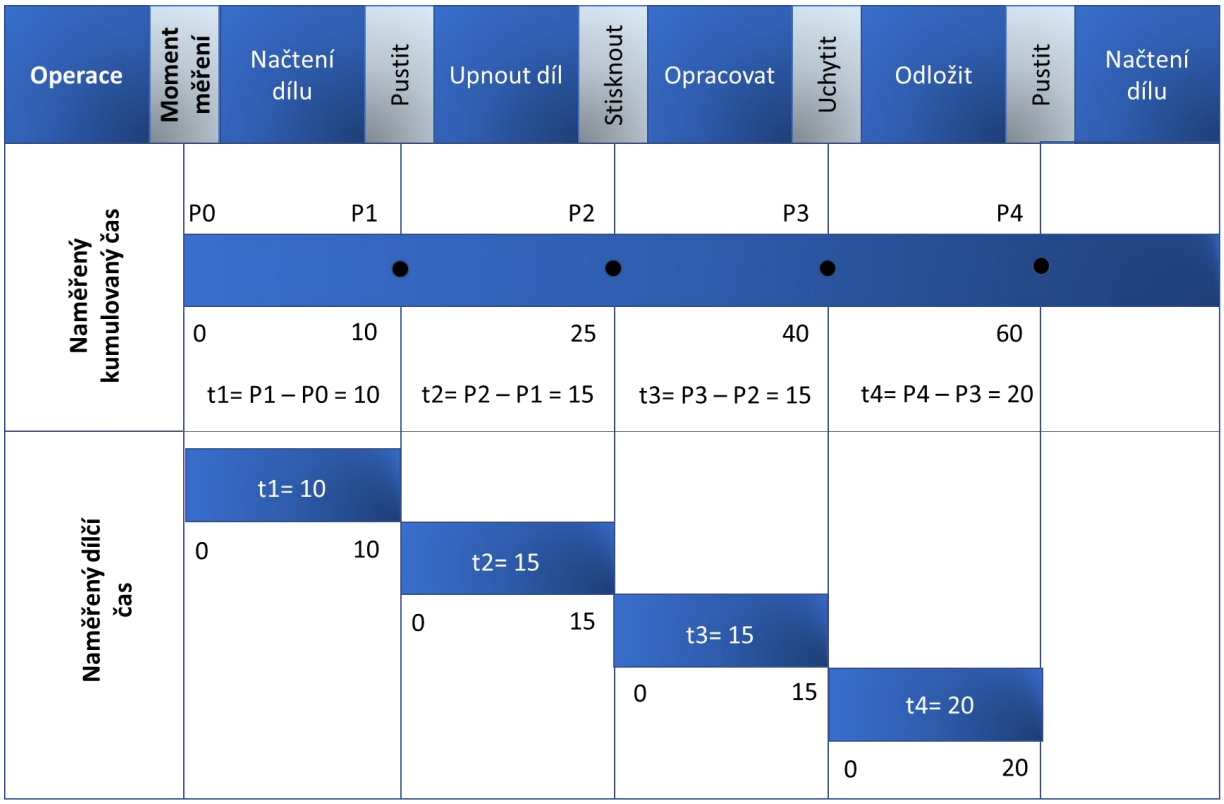
Všechny výše zmíněné body je nutné přesně dodržovat při tvorbě časového snímku REFA. Hlavní výhodou použití metodiky REFA oproti klasickému snímkování (tedy zapisování průběhu operací) je, že se zde pracuje s momentem měření a průběhem pracovního postupu při měření. Každý úsek procesu začíná počáteční událostí a končí konečnou události. Konečná událost zachyceného úseku je zároveň počáteční událostí následujícího úseku. [24]

Počáteční událost na začátku každého úseku je dána začátkem prvního úseku operace (například *úsek uchopit* nebo *upnout*; počáteční událost je uchopení dílu). Událost na konci úseku procesu je dána koncem posledního prvku operace (například *přerušení dotyku* nebo *puštění*). Moment měření u časových snímků je vždy konečná událost v úseku procesu. Je charakterizován prvkem operace. Výjimku z tohoto pravidla představuje začátek časového snímku, který se shoduje s počáteční událostí prvního úseku procesu. [36]

Pro správný postup při měření se rozlišují měřené kumulované časy a měřené dílčí časy. Kumulované časy jsou časy mezi začátkem časového snímku a konečnými událostmi jednotlivých úseků procesu. Přístroj na měření času se uvede do chodu na začátku časového snímků a běží během celého trvání časového snímku. Podle stanovených momentů měření, odečte pozorovatel kumulovaný čas z přístroje na měření času na konci každého úseku procesu a zapíše do formuláře časového snímku. Trvání jednoho úseku procesu se vypočítá jako rozdíl mezi kumulovaný mi časy dvou po sobě jdoucích momentů měření. Toto trvání se označuje jako dílčí čas $t_i$.

$$t_i = P_{i+1} - P_i \qquad 2.11$$

Dílčí čas $t_i$ je doba trvání jednoho jednotlivého úseku procesu. U měření času, podle postupu měření dílčího času, se přístroj na měření času spustí v prvním momentu měření a v dalším momentu měření procesu se znovu vypne, takže se každý úsek procesu měří zvlášť. U tohoto postupu je potřeba, aby byla zaručena plynulost měření dílčích časů po sobě jdoucích úseků procesu vhodnými přístroj na měření časů a aby se provedlo dostatečné měření celkového času trvání snímků pro kontrolu součtu dílčích časů. Obrázek 2-8 popisuje měření kumulovaného času a měření dílčího času. [26][27][36]




**Obrázek 2-8 Rozdíl mezi kumulovaným a mezi dílčím měřením času, [zdroj autor]**

Oba způsoby měření času mají své výhody a nevýhody mezi výhody měření kumulovaného času patří například:

- Plynule měření času.
- Chyba při odečtu se srovná při následující měření času.
- Neexistuje ovlivnění při posuzování stupně výkonu tím, že je dílčí čas známý.
- Je možné použít mechanických stopek u dlouhotrvajících úseků jako například ve stavebním průmyslu lze pro měření času použít kapesní nebo náramkové hodinky se sekundovou ručičkou.

Nevýhody měření kumulovaného času:

- Musí se vypočítat dílčí časy.
- Při použití mechanický stopek je potřebná větší koncentrace pozorovatele na přesné odečtení setin sekundy.

Zdroj [35] uvádí mezi výhody měřících času například:

- Nemusí se provádět výpočet dílčí časů.
- Zamezení chyb při výpočtu dílčích časů.
- Rozptyl naměřených hodnot v důsledku nepravidelnosti průběhu práce je okamžitě patrný.

Mezi nevýhody se řadí:

- Možné ovlivnění úsudku stupně výkonu tím, že je trvání úseku procesu známé.
- Je nutné dodatečné měření času pro trvání časového snímku operace.
- Vyšší náklady na přístroje na měření času výkonnosti práce.

Primární cíl podniku je udržení a zvyšování konkurenceschopnosti. Pro splnění tohoto cíle je nezbytný rozsáhlý datový a časový základ jako nástroj managementu, rozprostírající se ve všech úrovních podniku. Použitím tvorby procesu podle principu komplexního výrobního systému (CPS Comprehensive Production System) je možné, vytvořit závazné standardy pro strategické a operativní plánování v rámci podnikových cílů. Zároveň je možné definovat náročnost a produktivitu práce na svých pracovištích. [36][37]

Jak již bylo popsáno v obrázku 2-5, tak momentový snímek REFA se pohybuje téměř na samém vrcholu pomyslné pyramidy, která představuje přesnost vypovídajícího hodnocení měření časové náročnosti a produktivity práce. Přesnější a spolehlivější údaje představují pouze systémy předem stanovených časů. Právě metoda MTM, která se řadí mezi nejpřesnější systémy předem stanovených časů, bude níže popsána a její metodika bude použita V praktické části.

### 2.1.6 **Systém předem stanovených časů – MTM**

Systémy předem stanovených časů (dále SPSČ) jsou postupy, pomocí kterých lze evidovat ovlivňující veličiny a stanovit požadované časy pro pohybové prvky, které může člověk plně ovlivnit. Pomocí SPSČ lze tedy určit v rámci zjišťování normovaného času ovlivnitelné časy činností. Základní myšlenka všech SPSČ je založena na poznatku, že pomocí omezeného počtu pohybových prvků, lze popsat každý manuální pracovní proces. Analýza pracovních postupů s pomocí těchto definovaných prvků procesu, a tedy podrobný popis pracovní metody je nejdetailnější způsob ve studiu práce. [37] Podrobný popis se využívá pro utváření práce a pro utváření provozních prostředků, které s tím souvisejí, i pro utváření pracovních předmětů vhodných pro montáž. Rovněž při popisu měřících bodů v rámci časových snímků a vysvětlení účinnosti a intenzity v rámci posuzování stupně výkonu jsou pojmy a metoda MTM cenou

pomocí. V rámci zjišťování časových údajů získávají SPSČ zvláštní význam, protože s jejich pomocí umožní zjištění normovaných časů již ve stádiu plánování. Kromě toho se nabízejí na základě jejich systematického sestavení, spočívajícího v kombinovatelných prvcích, pro utváření plánovaných času.

V průmyslových zemích získaly význam v podstatě dva postupy. Postup WF (Work – Factor), poprvé zveřejněné v roce 1945 a postup MTM (Methods Time Measurement), poprvé zveřejněné v roce 1948. Rozdíly mezi WF a MTM nespočívají ani tak v analýze pohybového procesu, jako spíše ve způsobu, jak se přihlíží k ovlivňujícím veličinám a jak se provádí přiřazení času. [37][38] Zjednodušeně lze říct:

- U WF se vyskytují převážně takové ovlivňující veličiny, jejichž určení je možno provést v číslech získaných z měření pracoviště, pracovních předmětů a zařízení.
- U MTM se oproti tomu nacházejí vedle takových kvantitativně měřitelných ovlivňujících veličin také kvalitativní, tedy ovlivňující veličiny, které musí být posuzovány.

Oba postupy se používají v moderních průmyslových podnicích v elektromechanickém průmyslu a průmyslu jemné mechaniky, v automotivu a v mnoha jiných odvětvích. Těžiště použití je v oblasti utváření práce. Použití SPSČ se vyplatí především při sériové a hromadné výrobě, ale i při malosériové výrobě a při výrobě jednotlivých kusů mohou být SPSČ smysluplně využity pro analýzu a utváření manuálních pracovních postupů. Omezení použití SPSČ pro velké počty kusů není proto dáno, protože je možné z nejmenších časových stavebních kamenů elementárních buněk, sestavovat větší stavební kameny. Tento vývoj takzvaných standartních dat pokročil dopředu především u MTM. Zde jsou již časové stavební kameny tvořeny v takové velikosti, že jejich pomocí lze vytvářet hospodárným způsobem dokonce časy pro výrobu jednotlivých kusů. [38]

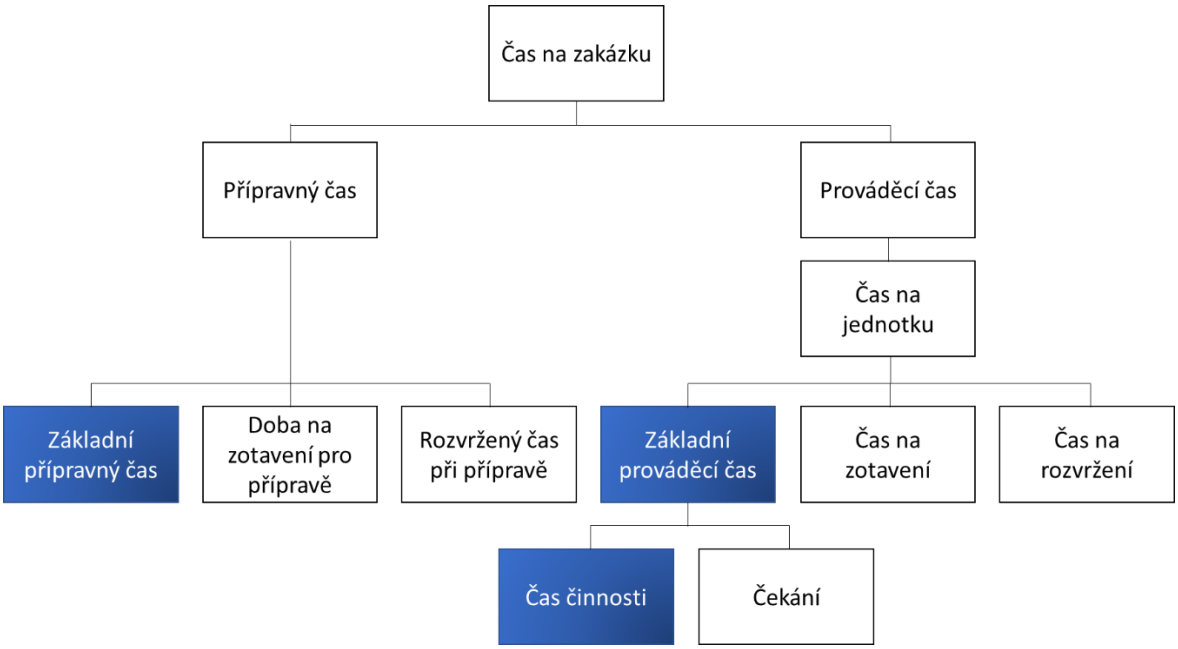
MTM je postup při němž se manuální postupy člení do svých základních pohybů. Ke každému základnímu pohybu se přiřazuje hodnota normovaného času, která je (před)určována ve své výši evidovanými číselnými hodnotami a třídami ovlivňujících veličin. Postup při určování požadovaných časů pro manuální postupy pomocí SPSČ se skládá v podstatě z následujících kroků:

- Skutečné nebo požadované postupy zařadit do pohybových prvků.
- Číselné hodnoty kvantitativních ovlivňujících veličin, popř. kvalitativních ovlivňujících veličin prvků pohybu.
- Vyčíst a popřípadě vypočítat požadované individuální časy karty hodnot a normovaného času pro prvek pohybu.
- Sečíst individuální požadované časy pro prvky pohybu.

Analýza postupu spočívá v rozložení pracovního postupu např. montážního procesu do prvků pohybu. Často se označuje také jako analýza pohybového procesu. Zakladatel studia pohybu F.B. Gilberth [47] zjistil vyhodnocením filmových snímků, že 17 různých prvků procesu stačí

k tomu, aby mohly být popsány všechny druhy pracovních postupů. Tyto prvky procesu pojmenoval Gilbert názvem, který vznikl obrácením jeho jména „Therbligs“. Zakladatelé SPSČ vycházeli z této myšlenky a zjistili, že pro analýzu pracovních postupů stačí mnohem menší počet prvků pohybu. Základní pohyby jsou prvky pohybu prováděné člověkem. U postupu MTM se rozlišuje 8 základních pohybů ruky a prstů, dvě zrakové funkce a řada pohybů těla, noh a chodidel. Hodnoty normovaného času platné pro provádění pohybu jsou shrnuty celkem do 10 tabulek, do karty hodnot normovaných času MTM. [37] Vedle toho obsahuje tato karta tabulku pro přepočet časů a rozhodovací tabulku o tom, zda lze provést více základních pohybů oběma rukama současně nebo pouze následně po sobě. Nejdůležitějšími prvky pohybu jsou při montážních procesech operace: sahání, uchopení, podávání, vyrovnání, spojení a pouštění. Jako další doplňující prvky pohybu jsou používány například: oddělení, tlačení, zkoušení, a pohyby těla (např. chůze a ohnutí). Čas pro provádění jednotlivých prvků pohybu člověkem závisí na ovlivňujících veličinách. V normovací tabulkách časových hodnot SPSČ jsou časy pro prvky procesu uváděny v závislosti na ovlivňujících veličinách. Počet a druh těchto veličin u jednotlivých prvků pohybu jsou různé. U sahání a podávání je například ovlivňujícím faktorem délka pohybu. **Čím větší je dráha, tím delší je čas,** který je potřebný pro sahání, popřípadě podávání. Kromě toho je čas pro sahání a podávání určován vynaloženým úsilím na kontrolu potřebnou pro cíl pohybu. [35][38][73]

Kombinování metody MTM a metod průmyslového inženýrství (Lean) ve fázích analýzy a vyhodnocení, dovoluje při využívání průběžného datového konceptů a použití vhodných metod a nástrojů, účelovou redukci plýtvání v analyzovaném procesu. MTM zastává pojem úroveň metody, s jejíž pomocí se rozhoduje, jaký standard tvorby popisuje skutečnost nebo plánovaný výrobní postup s dostatečnou přesností. MTM neposkytuje tedy pouze jeden standard, nýbrž mnoho různých standardů na různých úrovních tak, aby bylo možné vyhovět rozdílům ve zmíněné úrovni metody, například pro sériovou montáž nebo například při montáži pracovníků s různými antropometrickými rozměry. Rozbor časů MTM je na obrázku 2-9. SPSČ se doplňují v pracovní studijním a postupy jako je např.: měření času, multimomentové studie, odhady, porovnání, výpočty nebo pracovní snímky. V následujícím přehledu označují modrá pole ty druhy času, které se stanoví obvykle při určování době zakázky pomocí SPSČ. Sice se nechají také doplňkové časy pomocí stanovit pomocí těchto metod, ale pro jejich stanovení převažuje použití jiných technik jako jsou časově snímky nebo momentové snímky REFA. [68]




**Obrázek 2-9 Rozbor časů MTM, upraveno dle [39]**

V současnosti platné vydání karet normovaných časových hodnot základních postupů MTM vychází z MTM-Data-Card 101 A, vydání 1955, U. S. - Canada MTM Association. Z originální karty MTM 101 A vycházejí národní karty uznávané mezinárodním ředitelstvím. [81] Tím je zjištěn soulad na mezinárodní úrovni, pouze palcové míry byly přeneseny do metrické soustavy. Časové hodnoty základních pohybů jsou uvedeny v postupech MTM v časových jednotkách:

$$1/100\,000 = 1\ TMU \tag{2.12}$$

TMU je zkratka pro Time Measurement Unit a znamená přeloženo doslova – jednotka měření času. Hodnoty v jednotkách TMU bývají pak následně připočítány dle následují rovnice [81]:

$$1\ TMU = 0{,}0036\ sec \tag{2.13}$$

### 2.1.7 Výkonnostní křivky

Ochrana člověka před přetížením nebo vůbec před poškozením zdraví v důsledku práce je prvním charakteristickým znakem utváření práce, příznivé pro člověka, a tedy i prvořadý cíl utváření pracovního prostředí. Podkladem pro jeho splnění jsou znalosti účinků podmínek pro práce na člověka a rovněž využití těchto znalostí pro utváření pracovního systému. Vyvozením z mechaniky se v ergonomii prosadil koncept zatížení a námahy, přičemž zatížení označují působení práce a okolního prostředí na člověka námaha a potom označuje reakce člověka. Tyto reakce, jak fyzické, tak mentální jsou ve svém druhu a své síle ovlivňovány vlastnostmi a schopnostmi člověka. Znalost této souvislosti zatížení a námahy je proto zásadním základem utváření práce, orientovaného též na potřeby pracujících lidí. [42][68]

Pracovní zatížení je soubor registrovatelných vlivů, které působí v pracovním systému na člověka (DIN 33 400). Na rozdíl od hovorového jazyka je zatížení v ergonomii bezhodnotovým pojmem. Zatížení mohou mít v různých situacích a pod různými aspekty na člověka vliv, který je považován za pozitivní, neutrální nebo negativní. Pracovní zatížení jako celek registrovatelných vlivů na člověka v pracovním systému popisuje zatížení člověka pracovním úkolem a okolním prostředím. Zatížení lze označit jejich druhém, výší a trváním jejich působení na člověka. [87][69]

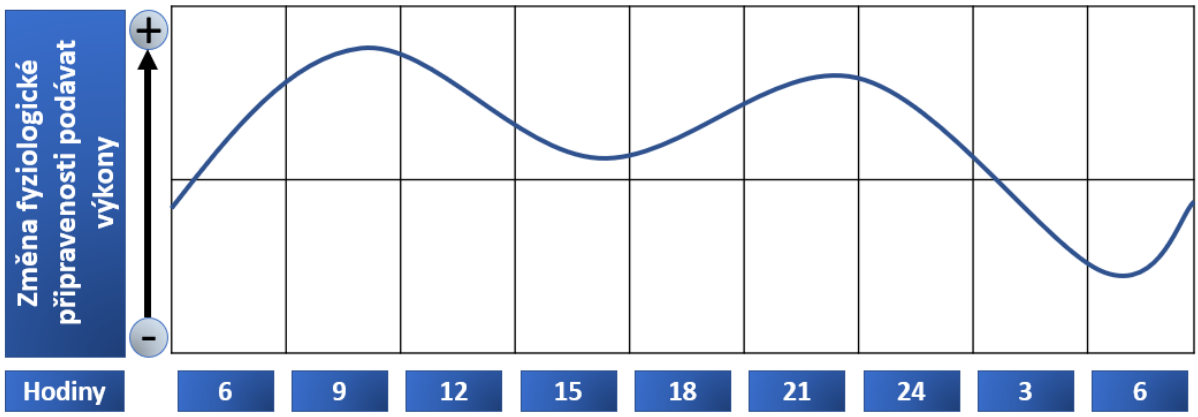
O jaké zatěžující vlivy se jedná, lze objasnit pomocí popisu pracovního systému, tj. pracovního úkolu a pracovního postupu různých podmínek. Pracovní podmínky jsou fyzikální, chemické, biologické organizační a sociální veličiny působení, které ovlivňují chování systému a vlastnosti elementu, zvláště lidí a provozních prostředků a technické a ekonomické vlivy, které mohou ovlivnit člověka při plnění úkolů. Pracovní podmínky mohu mít charakter stimulu nebo požadavku v závislosti na druhu a charakteristice podmínek jejich subjektivním hodnocení pracovníkem a na individuálně připravených předpokladech pro výkon. Stimuly lze odvodit z významu činnosti pro produkt nebo pro celkový průběh ze zodpovědnosti za průběh, ze zpětného potvrzení dobrého plnění úkolu. Vedle toho se utvářejí například účast členů personálu na zlepšování pracovních podmínek, individuálně vyjadřovaný sklon k obsahu činností například: touha po vývoji osobnosti učit se něco nového využít znalostí, což popisuje ve své studii Hacker [39].

Vědomé hodnocení výkonu může vycházet z pracovního výsledku: odchylky od skutečného a požadovaného stavu mohou zvýšit motivaci pro následné provádění prací, aby se dosáhlo lepšího pracovního výsledku. Rostoucí shoda mezi skutečným a pozorovatelným stavem může vést ke stabilizaci schopností (praxe, učení) a ve vlastním hodnocení může poskytnout i větší uspokojení z práce. Pokud nelze i přes větší úsilí dosáhnout plánovaného pracovního výsledku, může to být naopak příčinou toho, že pracovní podmínky jsou hodnoceny negativněji a klesá připravenost plnit optimálně pracovní úkol. [30][31]

Při utváření pracovních úkolů a pracovních procesů je zapotřebí brát v úvahu jak interindividuální, tak intraindividuální rozložení. Pouze ve vzácných případech, když jsou například prováděna opatření pro utváření práce pro přibližně stejné skupiny osob, se může pracovník, který práci utváří, orientovat podle průměrných hodnot. Jinak musí místo toho brát v úvahu rozsahy rozložení znaku způsobilosti nebo osob. Řada znaků způsobilosti závisí vzájemně na sobě, tak například velikost těla a dosah paží, profesní zkušenost a věk, stejně jako fyzické síly a pohlaví. [68] Tyto závislosti mohou sloužit ke snížení rozdílů výkonu v důsledku individuálních rozdílů, popřípadě změn v znacích způsobilosti. Tak může být například menší dovednost kompenzována věcí větší pracovní zkušeností. Mnoho orgánových funkcí člověka vykazuje závislosti na denní době změnu, která se periodicky opakuje v rytmu cca 24 hodin. Patří sem například krevní tlak a chování krevního oběhu, tělesná teplota a vodivost kůže. Tělesná teplota vykazuje například dopoledne zhruba mezi 8:00 až 11:00 své absolutní maximum a dosahuje druhého relativního maxima odpoledne mezi 16:00 a 19:00. Mezitím je relativní minimum mezi 13:00 a 15:00 a absolutní minimum v průběhu noci zhruba mezi 1:00

a 4:00. Tento vrozený denní rytmus je synchronizován vlivy okolního prostředí na 24hodinový rytmus. [34][35][68]

Důležité pro tuto synchronizaci jsou vedle střídání světla a tmy především sociální ukazatele času, jako jsou stanovené pracovní doby, doby pro jídlo, doby pro možnosti mezilidských kontaktů a činnosti prováděné ve volném čase. Tyto doby jsou ve vztahu k denní době. Střídáním všech těchto časových ukazatelů se může přizpůsobit lidský organismus posunu. Pracovní pokusy ukázaly průběh pracovního výkonu, který odpovídá průběhu denního rytmu orgánových funkcí, například průběh pracovní rychlosti nebo tomu opačný průběh počtu pracovních chyb během denní doby. Tato složka nabídky výkonu, spočívající ve fyziologických procesech byla označena jako fyziologická připravenost k výkonu.




**Obrázek 2-10 Biologický denní rytmus během 24 hodin, upraveno dle [36]**

Denní rytmus má vliv také na průběh úrazů a chybných jednání. Nelze zde však očekávat jednoduše křivku, která je protikladem křivky na obrázku 2-10. Místo toho dochází v hodinách příznivé dispozice k výkonu s odpovídajícími intenzivními a rychlými pracemi také k vyššímu počtu chybných úkonů. Pokud naproti tomu předepisuje pracovní systém konstantní pracovní tempo, musí se počítat během fází zmenšené připravenosti podávat výkony s vyšším počtem chybných úkonů, popřípadě úrazů. Při utváření práce by se mělo přihlížet k průběhu biologického rytmu. Vedle křivky fyziologické připravenosti podávat výkony musí být současně brány v úvahu i oblasti automatizovaných výkonů, rezervy pracovního nasazení související s vůlí a rezervy pro nouzový případ, nesouvisející s vůlí. O co více se pracovník přesunuje od automatizovaných výkonů, které mu umožní výcvik v činnosti, do oblasti rezerv pracovního nasazení, souvisejících s vůlí, o to větší je očekávaná únava. [78][69]

Zákoník práce, paragraf 78 až 99 popisuje časový interval pro vymezení pracovního úkonu a čas na odpočinek. Jedná se tedy konkrétně o definování nucených přestávek v pracovním procesu, který může být maximálně 40 hodin týdně. Samozřejmě do toho vstupuje věk a typ pracovního poměru. Důležité je, že při plánování není důležité plánovat na základě pracovní doby, ale na základě fyzické náročnosti pracovního úkonu. Zároveň by toto rozdělení pracovního úkonu mělo odpovídat pracovnímu rytmu pracovníka. Nejčastější rozdělení pracovníků podle pracovního rytmu je rozdělení na takzvané sovy a skřivany.

Lidé, kteří dávají přednost častým začátkům pracovních dob jsou označováni jako skřivani a ti kteří upřednostňují noční směny, respektive odpolední pracovní vytížení jsou nazýváni sovami. Pro sladění křivky pracovního výkonu se v průběhu práce používají přestávky. Režim a naplánování je nutné definovat tak, aby se co nejvíce zamezilo úpadku pracovního výkonu. V České republice je definováno, že zákonem udaná je jedna 30minutová přestávka a dvě malé na jednu 8hodinovou směnu. Rozdíly těchto jedinců lze pozorovat také v mnoha dalších fyziologických, behaviorálních a genetických rytmech, ke kterým dochází během téměř 24 hodin. Například chronotyp určuje čas uvolnění melatoninu. U ranních skřivanů může melatonin stoupat kolem 18:00, takže se budou cítit unavení do 21:00 nebo 22:00. U nočních sov se melatonin může zvýšit v 22:00 nebo 23:00 nebo i později, což znamená, že mnozí nejsou unavení do 2:00 nebo 3:00. Studie uvádí, že skřivani si vedou nejlépe dříve během dne (cca 6:30 až 14:00 ve fyzických úkolech) a v těchto dobách bývají o 7 % až 8% produktivnější než noční sovy. Noční sovy si vedly nejlépe mezi 17:00 až 21:00. Výkonnostní křivky mají tu moc odhalit výkon pracovníka, který je možné definovat například mezi 85 až 100 %. Výkonnostní maximum například pro 110 % je z hlediska pracovního výkonu nepřijatelné a může být pro pracovníka rizikové, protože při větším výkonu je více náchylný na chybovost a na možné úrazy z pracovního procesu. [65]

### 2.1.8 Chyby při hodnocení výkonu

Hodnocení pracovního výkonu musí být založeno na evidenci objektivních ukazatelů a parametrů, pokud tomu tak není, je toto hodnocení vystaveno nebezpečí zkreslení. Chyby v hodnocení jsou faktory, které nás v procesu hodnocení zavádějí nebo oslepují. Armstrong [13] varoval, že hodnotitelé se musí mít na pozoru před vším, co narušuje realitu, ať už příznivě nebo nepříznivě. Toto je 10 chyb hodnocení nejčastěji. Jsou tam, kde se manažeři a další hodnotitelé s největší pravděpodobností dostanou na stopu. [58][57]

- Centrální tendence. „Škatulkování“ všech do středních výkonnostních kategoriích, aby se zabránilo extrémům dobrého nebo špatného výkonu. Takové hodnocení je snadné, ale taky špatné. Není fér vůči zaměstnancům, kteří se opravdu snaží plnit svou práci precizně, a může to být demoralizující.
- Protekce. Přes osobní sympatie hodnotitel nevidí chyby a tím je jeho hodnocení subjektivně ovlivněno.
- Halo efekt. Halo efekt je jednou z nejčastějších chyb při hodnocení výkonu. Pozorovatel je ovlivněn faktorem, který se mu líbí a tím opouští od celkového hodnocení. Například: jedna osoba v týmu vždy rok co rok zasáhne své prodejní cíle a překročí očekávání. Během hodnocení může tím být zamlčen úsudek jejich nadřízeného a hodnotí zaměstnance jako vynikajícího ve všech aspektech, aniž by pečlivě zkoumal jejich výsledky v jiných oblastech. Nejlepší způsob, jak to zmírnit, je použití metody hodnocení, která je co nejpřesnější a která umožní hodnotit pozorovatelné a měřitelné akce, aniž by vznikl prostor pro interpretaci. [53]

- Stereotypizace je koncept, myšlenka nebo model připisovaný lidem nebo skupinám, které se vytvářejí po určitou dobu. Obvykle používáme tato klišé k tomu, abychom osobu zastrčili a automaticky předpokládáme, že sdílejí stejné rysy a vlastnosti jako ostatní lidé v této skupině. I když existují pozitivní stereotypy, častěji neodpovídají předsudkům nebo štítkům vytvořeným zobecněným a negativním způsobem. Stereotypy se stávají problémem při hodnocení výkonu zaměstnance, protože to bude podléhat předem vytvořené představě o skupině, ve které jsme je označili. Volba hodnotící stupnice může být dobrým řešením této chyby. Ve skupině, zejména při hodnocení, musíme opustit stereotypy a poznat každého zaměstnance individuálně a objektivně. Musíme se dívat za hranice etiket a hodnotit pracovníka prostřednictvím zavedených výkonnostních standardů a jejich skutečných úspěchů. [53]
- Efekt obrazu. Opak halo efektu. Jeden negativní pracovní faktor nebo chování, které se pozorovateli nelíbí, utvoří názor na jiné faktory. Hodnotitel si tak vytvoří za určitou dobu nějakou představu, kterou nemění, i když se výkon hodnoceného změní.
- Aktuálnost. Hodnocení pouze nedávného výkonu, dobrého nebo špatného. Údaje by měly být reprezentativní pro celé období kontroly. Pokud neexistují dobré poznámky a evidence na poslední měření, je nutné ho opakovat. Armstrong poznamenal: „ujistěte se, že provádíte hodnocení průběžně, protože jedině tak je možné adekvátně popsat výkon za celé období“. [53]
- Chyby podobnosti. Existují zaměstnanci, kteří v mnoha organizacích vypadají podobně jako jejich manažeři různými způsoby. Někteří manažeři mohou dokonce upřednostňovat tyto zaměstnance ve srovnání s těmi, kteří se chovají nebo myslí jinak. Cítit se více v pohodě s lidmi, o kterých si myslíme, že jsou si podobní, je normální; pokud však nebudeme opatrní, může tento pocit narušit proces hodnocení. Toto se nazývá chyba podobnosti. K odstranění tohoto faktoru je nezbytná objektivita a řada názorů při hodnocení výkonu. [52][53]
- Chyba kontrastu. Tato chyba vzniká, když odhadce porovnává výkon dvou zaměstnanců namísto použití absolutních měření výkonu pro každého z nich. Jeden zaměstnanec, který vychází jako „vynikající“, by mohl udělat jiného s „dobrým“ hodnocením, na pohled průměrně. Každý zaměstnanec je jedinečný, a proto má různé silné a slabé stránky, které je odlišují od profesionála. Hodnocení nikdy nebude spravedlivé, pokud se pokusíme porovnat schopnosti jedné osoby s jinou. Je důležité hodnotit každého zaměstnance z hlediska jeho výkonu ve vztahu k individuálně stanoveným standardům a kritériím. [52]
- Atribuce je proces, při kterém jednotlivec vychází z důvodů nebo motivů konkrétních akcí nebo chování někoho jiného. Atribuční chyby proto vycházejí ze subjektivních závěrů. Například při kontrole výkonu může dojít k chybě atribuce, když zaměstnanec odpoví na otázku záporně a odhadce předpokládá, že má ke své práci negativní postoj. Nikdy není dobrý nápad předpokládat reakci zaměstnance nebo konkrétní chování a nechat se tím ovlivnit po zbytek procesu kontroly. [52]

Pokud se vyvarujeme těchto chyb při měření a určování pracovního výkonu, pak jsme schopni analyzovat data a zpracovávat je do takové podoby, kde uvidíme dynamicky měnící se pracovní výkon pracovníka. [48]

## 2.2 Ergonomie pracoviště

Průmyslové organizace dnes čelí mnoha výzvám, jak udržet zdraví a s tím i výkon zaměstnanců při stálém zavádění nových technologií a implementaci nových pracovních stylů. Je proto nutné lépe porozumět požadavkům zaměstnanců související s jejich pracovní oblastí a poté vyhodnotit jejich pracovní zatížení a provést změny, které vyžadují udržení zdravé pracovní síly. Důvodem je dále potřeba zabránit zranění, zlepšit produktivitu, udržet si zaměstnance nebo dodržovat místní systémové požadavky. Vždy tu byla nutkání organizovat a vykonávat práci, která povede k menší únavě a ztrátám energie. [42]

Ergonomie je proces navrhování nebo uspořádání nábytku, produktů, systémů, pracovišť a zařízení tak, aby vyhovovaly lidem, kteří je používají, aby minimalizovaly riziko zranění nebo poškození. Cílem je vytvořit pohodlný, bezpečný a produktivní pracovní prostor spojením zdraví a designu s umístěním a přizpůsobením na základě věcí, jako jsou [41]:

- Velikost těla
- Výška
- Síla
- Dovednost
- Rychlost
- Senzorické schopnosti (zrak, sluch)

Každý jedinec je jiný, takže nejlepším způsobem, jak vychovávat a používat správnou ergonomii, je osobní posouzení pracovní situace. Neexistuje žádné univerzální řešení ergonomie, takže jde o analyzování každého pracovního cyklu a určení jeho požadavků. To může provést specialista nebo určený pracovník, který je tomu proškolen.

Ergonomie je věda vycházející ze stále přítomných ambicí pracovníků optimalizovat své úsilí za účelem dosažení svých cílů. Část této ambice je také zaměřena na optimální návrh pracoviště se zohledněním schopností pracovníka. Co nejlépe využít prostor prostřednictvím optimálního umístění zařízení, integrace lidského faktoru do designu pracoviště, a účinné sladění pracoviště s okolním prostředím jsou identifikované cíle ergonomického designu pracoviště. Ergonomie může mít silný dopad na jakoukoli organizaci a zároveň přináší následující výhody jejího použití [60]:

- Snížení nákladů snížením výskytu úrazů pracovníků.
- Dobré výsledky držení těla, menší námaha a méně pohybů pracovníků.
- Lepší kvalita, protože špatná ergonomie vede k frustrovaným a unaveným pracovníkům, kteří pak neodvádějí svou nejlepší práci.

- Pokud zaměstnanec během pracovní doby nepociťuje únavu a nepohodlí, může to mít za následek snížení absencí, lepší pracovní morálku a větší zapojení zaměstnanců.
- Lepší výkon organizace díky bezpečné a zdravé kultuře vytvořené v organizaci.

Pracoviště by měla být navržena tak, aby většina lidí mohla bezpečně a efektivně provádět požadované činnosti a úkoly. Při návrhu je třeba vzít v úvahu určitá kritéria pro aplikaci ergonomického pracoviště, jako jsou dosahy, antropometrická velikost, rozměry, svalová síla, schopnost a vizuální schopnosti. [66][67]

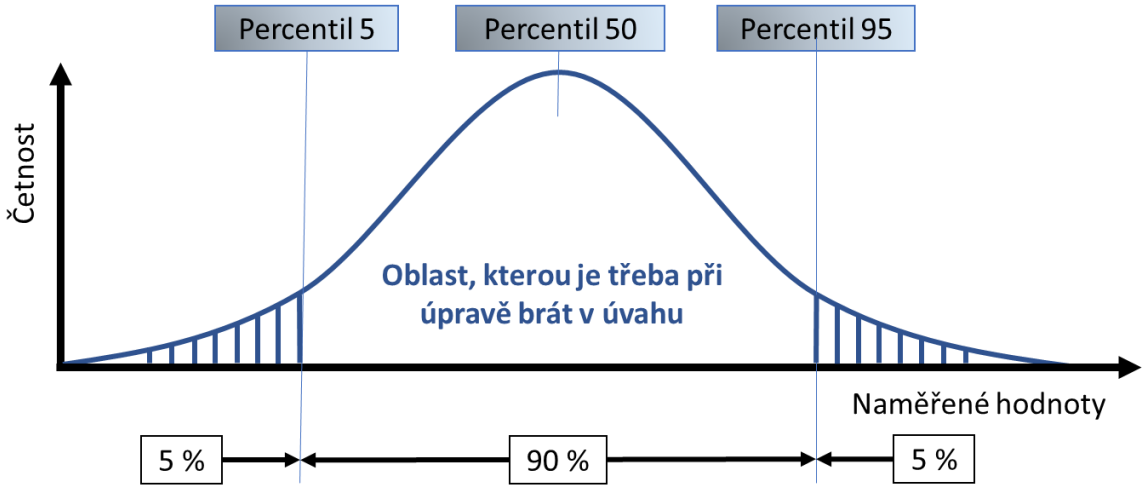
### 2.2.1 **Antropometrické aspekty pracoviště**

Utváření pracovišť a pracovních operací je těžištěm činnosti návrháře vytvářejícího pracovní prostředí. Prioritou je přitom úprava pracovišť v rámci pracovních systémů ve výrobě. Pracoviště je prostorová oblast v pracovním systému, ve které jsou plněny pracovní úkoly. Požadavky na hospodárnost a přihlédnutí k lidskému faktoru jsou při úpravě pracoviště do značné míry splněny tehdy, když je vytvořeno pracoviště, které zajišťuje:

- Hospodárný množstevní výkon,
- dostatečná kvalita,
- nízké časové závislé náklady,
- snesitelné zatížení a nároky na pracujícího,
- předepsaná bezpečnost práce.

Antropometrie je nauka o stanovení a aplikaci tělesných rozměrů člověka. V rámci utváření pracovišť tato metodika slouží především k tomu, aby bylo umožněno optimální prostorové a tvarové uzpůsobení prvku pracoviště lidem, kteří v něm pracují. [72]

Uzpůsobení pracoviště člověku vyžaduje především přihlédnutí k tělesným rozměrům lidí při dimenzování pracoviště. Jelikož se mohou tělesné rozměry různých osob silně lišit, musí být pracoviště vytvářeno pro rozsah různých velikostí, a nikoliv pro jednotlivou velikost postavy. Rozměry pro klidovou polohu a pohyb těla jsou určovány délkou kostí, velikostí svalové a tkáňové vrstvy a tvarem a mechanikou kloubů. Pro utváření pracoviště je zapotřebí znát nejdůležitější délky částí těla a potřebný prostor pro pohyb rukou a nohou. Základem pro všechny relevantní rozměry u daných středních hodnot je rozložení. které je znázorněno na obrázku 2-11.




**Obrázek 2-11 Rozložení tělesných rozměrů (normální rozdělení), upraveno dle [68]**

Kromě průměrných hodnot se ve většině případů uvádí také procentuální hodnota. Procentuální hodnota udává, kolik procent lidí v určité skupině obyvatelstva je vzhledem k určitému tělesnému rozměru větších, případně menších, než je příslušná udávaná hodnota. Tělesné rozměry a tělesné proporce jsou od člověka k člověku skutečně velmi rozdílné průměrná hodnota tělesné výšky u žen ve stáří 26 až 40 let činí asi 163 cm, u mužů ve stejném věku činí tato výška 175 cm. Při utváření pracovního prostředí však nelze brát v úvahu pouze průměrné hodnoty, také malí i velcí lidé očekávají dobré pracovní podmínky. [68]

Německá norma DIN 33402-2 obsahuje nejen aritmetický průměr, nýbrž také dolní a horní mezní polohu. Mezní polohy jsou zvoleny tak, že pouze 5 % veškerých měřených osob vykazuje nižší hodnoty než dolní mezní hodnotu (5. percentil) a pouze 5 %vykazuje vyšší hodnoty než horní mezní hodnotu (95. percentil). [86]

Aritmetický průměr tělesného rozměru může být použit pro utváření pracovního prostředí pouze za předpokladu, že odchylky od těchto středních hodnot nahoru a dolu mají pro lidi stejnou platnost. Často tomu však tak není. Výška sedací polohy židle se například řídí vzdáleností od země k dolní straně stehna. To znamená délkou stehna s nohou. Odchýlení výšky sedací plochy od průměrné hodnoty nahoru je pro většinu lidí nepřijatelné, stejně jako stejně velká odchylka směrem dolů. Při stanovení výšky sedací plochy se proto musí především přihlížet k lidem s krátkýma nohama. [80]

Na pracovišti se dá v podstatě uvažovat s polohou těla ve stoje a vsedě, kromě toho mohou mít významy polohy vleže, v kleče, v dřepů. U těchto tělesných pozic je rozdílné držení těla, což jsou varianty tělesného postoje (např. je možné skloněný nebo sehnutý postoj). Účelnost jedné či druhé tělesné polohy je nutno posuzovat ze dvou stran z hlediska zadané práce a z hlediska zatížení pracovníka. Především z povahy pracovní úlohy lze často snadno rozhodnout, která tělesná pozice je výhodnější. Všude tam, kde je velmi času zapotřebí pohybu těla a paží nebo vynaložení velké síly, je výhodnější práce ve stoje, protože tak může být práce s použitím pohybu těla a využitím hmotnosti těla usnadněna. Naproti tomu je mnoho prací, které vyžadují klidnou ruku a velkou pozornost, a proto by měly být prováděny pouze v sedě. [69][72]

Literatura často udává, že pakliže je vycházeno z psychologického hlediska je třeba obecně dávat přednost práci vsedě před prací vestoje, protože při sezení je zatížení menší. Při stání dochází k silnému hromadění krve v nohách, které narušuje krevní oběh a může vyvolat křečové žíly. Za tímto účelem jsou v mnoha společnostech využívány ergonomické podložky, které mají za úkol odlehčit a odpružit váze pracovníka při pohybu a pracovním procesu ve stoje. Dlouhodobým sezením může ovšem zase docházet k městnání krve a k zažívacím potížím. Pokud to pracovní zadání dovoluje spočívá optimální řešení pracovišť v tom, že pracovník střídá podle libosti nebo závislosti na průběhu práce, v práci vsedě a ve stoje. Skutečně existuje celá řada prací, které mohou být vykonávány jak ve stoje, tak vsedě. Zejména při velmi jednotvárný v činnostech, které však obvykle vyžadují určitou míru pozornosti je toto střídání velmi vhodné, protože je tím podporováno udržení pozornosti. [72]

Na místech, která jsou vhodná pro práci vsedě tak i ve stoje, se pracovní výška řídí výškou stroje. Jako přibližná hodnota platí, že v tomto případě musí být výška sedadla zvýšena o 40 až 45 cm nad normální hodnotu. To znamená, že v této výšce je také nutná opěra nohou. Tato opěra musí nohám umožňovat dostatečný prostor pro pohyb. Aby bylo zajištěno, že se takováto možnost změny postoje také bude využívat, je nutno dbát na to, aby oči a ruce při obou pozicích byly přesně ve stejné výšce a židle byla lehce pohyblivá. [66][67]

### 2.2.2 **Nastavení pracoviště při práci ve stoje**

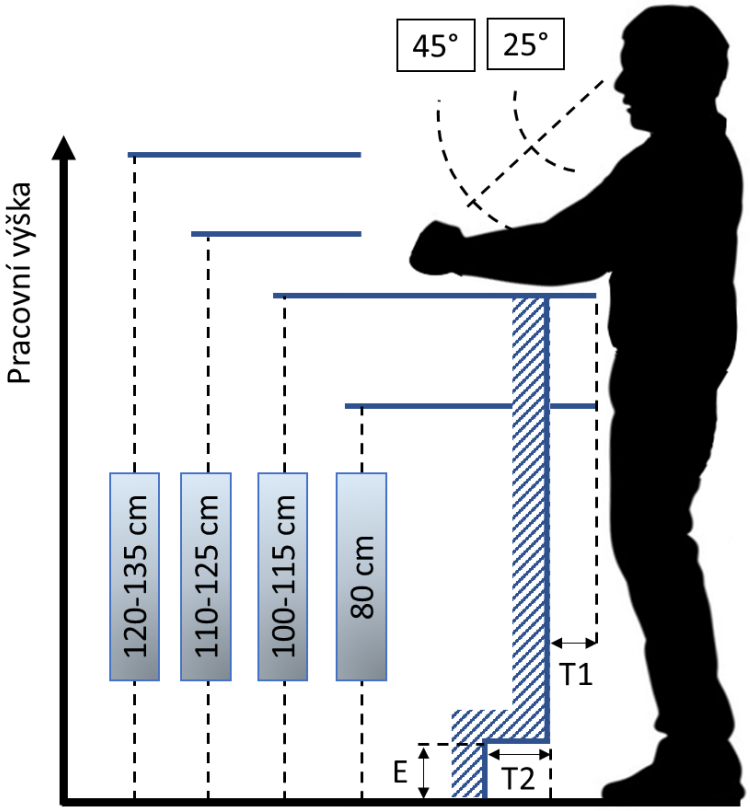
Jestliže jsou povahou práce dány předpoklady pro práci ve stoje je nutno dbát na to, aby mohl každý pracovník pracovat bez obtíží, s co nejmenší únavou a co největším pohodlím. Zejména muskulatura beder, ramenního pletence a zad může být nesprávnými rozměry pracoviště přetěžována. Rozměry pracovní výšky a pracovního dosahu spolu navzájem velmi úzce souvisejí, a proto musí být vždy posuzovány společně. [67]

Při práci ve stoje se pracovní výška měří od podlahy. Uzpůsobení pracovní výšky stojícímu člověku je obtížnější, než přizpůsobení při práci v sedě. Rozdíl mezi oběma výškami stolu, které jsou uzpůsobeny pro malé pracovníky a velké pracovníky, činí při stejné práci asi 25 cm. Protože výšky stolů a strojů nejsou zpravidla výškově přestavitelné, musela by se pracovní výška řídit podle velkých pracovníků, zatímco pro všechny ostatní by se muselo počítat s podstavci. Jelikož toto obvykle naráží na praktické obtíže, je doporučováno směřovat pracovní výšku podle průměrných hodnot, které jsou uváděny ergonomických normách.

Prostor nad deskou stolu, který lze bez námahy dosáhnout je individuálně omezen délkou paží. Udává prostor v dosahu. Ne všechny oblasti tohoto prostoru dosahu jsou stejně dobře dosažitelné. Souhra kloubů umožňuje více či méně výhodné dráhy pohybu. Maximální prostor dosahu je vždy o něco větší, než je velikost dosažitelné plochy. Při běžných pracích leží hrana stolu 5 až 10 cm před trupem. Pracovní střed rukou přitom leží u přípravku s neopřenými pažemi asi 25 až 30 cm. Při prací s podepřenými pažemi 30 až 40 cm před trupem. Tyto vzdálenosti jsou ovšem odvíjeny od velikosti používaného přípravku nebo od montovaného výrobku. Špatně dosažitelné jsou boční zóny pod oblasti pohybu loktu. Nástroje, díly a součásti jsou dobře dosažitelné tehdy, když leží při natažené paži pod dlaní nebo blíže k trupu. Prostor

ve středu velký asi 10 x 10 cm se vyznačuje tím, že v něm mohou být rozpoznány bez posunutí pohledu dva i více pracovních předmětů. [79][85]

Prostor dosahu paží není při práci ve stoje jiný než při práci v sedě. Při práci ve stoje může být ještě rozšířen o krok do strany. Je nutno brát v úvahu prostor pro pohyb nohou, protože musí být dána dostatečná volnost pohybu pro špičky nohou (viz obrázek 2-12), aby mohla být noha umístěna dopředu při pokrčeném kolenu a případně při sešlápnutí pedálu. V zásadě by však neměly být při způsobu práce ve stoje instalovány vůbec žádné pedály, protože noha vestoje je tím nadměrně namáhána. [42][48][52]




**Obrázek 2-12 Pracovní výška při práci ve stoje pro muže, upraveno dle [70]**

Při nastavování pracovní výšky stolu při práci ve stoje se uvažují 4 základní rozměry. Vychází se zde z pracnosti, z kvality a přesnosti prováděných úkolů. Pro případ, kdy musí být objekty trvale pozorovány například při kontrolních operacích, by měla být výška pracovního stolu nastavená pro muže mezi 120 a 135 cm, pro ženy je udáván rozměr 110 a 125 cm. Při použití nástroje se pro muže nastavuje výška 110 až 125 cm, pro ženy 100 až 115. V případě ručních prací, kde není vyžadována přesná vizuální kontrola je pro muže nastavení pracovní výšky 100 až 115 cm, pro ženy 90 až 105 cm. Pracovní výška při manipulaci s těžkými předměty se nastavuje na 80 cm. [51]

Rozměry volného prostoru na pracovištích, na kterých se pracuje vestoje se podle normy DIN 33 406 uvádí, že výška volného prostoru pro nohy (obrázek 2-12 T1) by měla být větší než 8

cm. Hloubka prostoru pro chodidla (obrázek 2-12 T2) by měla být větší než 15 cm a výška volného prostoru (obrázek 2-12 E) větší než 12 cm.

Podklady k pohybově technickému hledisku při utváření pracoviště tvoří Gilberthovy práce o studiu pohybu. Pomocí filmových záběrů mohl dokázat, že k úplnému popisu komplexních průběhů pohybu slouží několik málo obecných pohybových prvků. Gilberth [47] proto navrhl rozložení průběhu pohybu do prvků pohybu a v důsledku toho využití stávajících rezerv ke zvýšení produktivity systému práce. Systémy předem určených dob (SPSČ), které jsou dnes sériových výrobách stále populárnější, jsou založeny na základní Gilberthově myšlence studia pohybu. Vytváří pracovní předpis z analýzy průběhu pohybu a z tabulek časových hodnot. S přihlédnutím k těmto předpisům jsou členěny průběhy pohybu do standardizovaných prvků pohybů, zároveň jsou evidovány příznaky a ovlivňující činitelé při provádění pohybu a přiřazovány z těchto tabulek časové hodnoty pro tyto prvky pohybu viz kapitola 2.1.6.

S těmito metodami studie pohybu muže navrhovatel nového pracoviště navzájem porovnávat různé možnosti utváření průběhu práce již ve fázi plánování. Po přezkoumání průběhu pohybu, to znamená vzdálenosti pohybu, hmotnosti souběžně se pohybujících částí těla a hmotnosti, tvaru a velikostí pohybujících se částí, zjistí nutnou dobu pro tento úsek průběhu při různých variantách úprav, a tak najde pracovně technicky nejlepší řešení. Toto řešení je definováno jako základní, holý proces, který udává 100 % zatížení člověka při pracovním pohybu bez možnosti plýtvání.

Pro prostorovou úpravu pracovišť jsou v praxi vhodné metody, které se shrnují pod pojmem somatografie. Somatografie je grafická metoda pro znázornění lidského těla v technických výkresech v zadaném měřítku. Při sestavení těchto výkresů se používají odpovídající pomůcky, například šablony obrysu těla, podle příslušných státních norem. Umožňují zjednodušený a rozměrově přesný výkres člověka ve třech pohledech s přihlédnutím k dispozici těla a anatomickým a antropometrickým skutečnostem. [43][59]

### 2.2.3 **Metody prostorové úpravy pracoviště s využitím 3D softwarových nástrojů**

Rozšířené používání výkonných počítačů zesiluje tendenci zvládat problémy při utváření pracoviště metodami s využitím počítače. Ty umožňují grafické znázornění člověka a pracoviště v digitálním obraze. Základní výhodou je rychlost, se kterou mohou být zpracovány problémy vytváření pracoviště, například zkoumání stavu montáže a průběhu pohybu na pracovištích. Mohou být zhotovovány výkresy v zadaných perspektivách. Integrací do systému CAD lze získat přístup do stávajících databank, čímž je umožněno flexibilní využití.

Existuje spousta softwarů, které poskytují řešení, jak navrhnout ergonomické pracoviště. Jeden z nejpopulárnějších softwarů je Jack Siemens. Tento software nabízí ergonomické aspekty ručních operací v raných fázích navrhování produktů a výrobních procesů. Zaměřuje se na zlepšování bezpečnosti, efektivity a pohodlí pracovního prostředí pomocí digitálních lidských modelů. [12] Lidské modely představují širokou škálu populace pracovníků a také testují stávající návrhy pro více faktorů, včetně rizika úrazu, pohodlí uživatele, dosažitelnosti, zorného pole, výdeje energie, limitů únavy a dalších důležitých lidských parametrů. Použití Jacku může

ušetřit čas a snížit náklady. Výstupy se odrazí ve zlepšení kvality produktů a proveditelnosti procesu v rané fázi životním cyklu produktu. [16]

Mezi výhody softwaru patří:

- Lidská interakce během fáze návrhu, výroby a prodeje životního cyklu produktu je nevyhnutelná a Jack pomáhá s hodnocením lidského prvku v celém životní cyklu produktu.
- Jack šetří čas a peníze a umožňuje vytváření návrhů, které jsou přátelštější k lidem.
- Jack poskytuje kompletní prostředí pro všechny potřeby ergonomie a lidských faktorů a nabízí komplexní sadu analytických funkcí.
- Může odhalit problémy s lidským výkonem a proveditelností v rané fázi procesu návrhu, což umožňuje získat velké úspory z malé investice.
- Jack umožňuje efektivně komunikovat problémy a vizualizovat potenciálního řešení.

Řešení Tecnomatix Jack poskytuje nejnovější možnosti simulace člověka. Task Simulation Builder, který umožňuje používat příkazy na vysoké úrovni k výuce modelu člověka ve 3D, virtuálním produktu a pracovním prostředí. Tato schopnost je rychlá animace pro vývoj různých scénářů. Jakmile je definována posloupnost úkolů, model může testovat různé scénáře typu „co kdyby“ zaměněním na různorodost lidských postav, různých velikostí, různého pohybu předmětu v prostředí nebo různou změnou hmotnosti předmětu. Lidské polohy a pohyby jsou automaticky přepočítány tak, aby odrážely aktualizovanou scénu. Simulace dokonce poskytuje ergonomické zprávy a čas odhadovaný na základě standardních časových tabulek. [75][79]

**Obrázek 2-13 Model pracovníka v programu Tecnomatix Jack, [zdroj vlastní]**

Jack se může pochlubit těmi nejsofistikovanějšími metodami pro digitální manipulaci a predikci držení těla, které jsou dostupné na dnešním trhu. Mezi další výstupy a analýzy softwaru Jack patří:

- Schopnost předpovídat držení těla na základě námahy rukou.
- Pokročilé modelování ruky, které poskytuje špičkové řešení pro reprezentaci ruky antropometrie a další funkce ručního modelování.
- Možnost přizpůsobení, které zahrnuje snadno přístupné skriptovací / programovací rozhraní k vytvoření doplňků pro analýzu a rozhraní, které lze použít k rozšíření a přizpůsobení Jacka.
- Snadná možnost vkládání vymodelovaných prvků.

Existuje mnoho metod, které vyvinuli odborníci, aby mohli posoudit a analyzovat rizika MSD (poškození muskuloskeletálních poruch) při držení těla. Jednou z těchto metod je RULA (Rapid Upper Limb Assessment), kterou vytvořil v roce 1993 Dr. Lynn McAtamney a Dr. Nigel Corlett z University v Nottinghamu ve Velké Británii. [77] RULA je velmi účinná metoda pro hodnocení úrovně rizika činnosti, které dominuje pohyb horních končetin, jako jsou ruce, paže, ramena, krk a záda. Metoda RULA poskytuje úplné a podrobné hodnocení na každé části těla, existuje skupina A (horní část paže, dolní část paže, zápěstí, zápěstí) a skupina B (krk, trup a nohy), použití svalů (statické nebo opakované). Na základě výsledků průzkumu, který byl proveden společností Dempsey, et.al., metoda RULA je nejrozšířenější metodou a mezinárodní ergonomičtí odborníci jí využívají, protože její postup je vhodný a snadno použitelný. [76][77]

Analýzy pracovního postoje pomocí metody RULA byly široce rozšířeny a aplikovány v různých typech průmyslových podniků. Provedená analýza pracovních pozic pomocí metody RULA u operátorů navrhuje lepší pracovní polohu, která usnadňuje pracovní zatížení. RULA může zajistit bezpečnější pracovní pohyby, aby se snížilo riziko poranění zad. Tato metoda byla také použita Pangaribuanem [46] ke zlepšení podpůrných zařízení pro zaměstnance pracující v univerzitní knihovně, aby již tito zaměstnanci netrpěli nadměrnou únavou v důsledku nepřirozeného pracovního postoje.

# 3 SHRNUTÍ POZNATKŮ A TEORETICKÝCH VÝCHODISEK PRÁCE

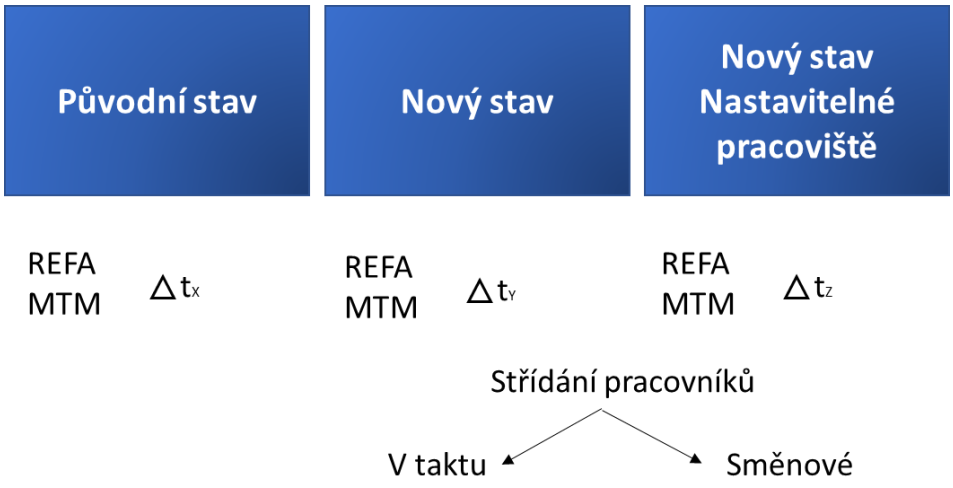
První část práce se zabývá důkladnou rešerší v oblasti produktivity. Nejprve popisuje, jak je chápán pracovní výkon, navazuje produktivita práce, která popisuje metodiky měření výkonnosti pracovníka a faktory, které mají vliv na jeho nevyváženou produktivitu. Na faktory výkonnosti pracovníků plynně navazují metody měření výkonu. Ty se zaměřují zejména na metodiku REFA a systémy předem stanovených časů, které budou použity v praktické části této studie. Výkonnostní křivky, které jsou také součástí rešerše, dávají znalostní podklad vlivu průběhu pracovní doby na kolísající pracovní výkon. Druhá část rešerše se zabývá teoretickými podklady v oblasti ergonomie, antropometrickým aspektům pracovníků a individuálními nastavení pracovních podmínek pro každého pracovníka. Na základě prostudované literatury a výše uvedených rešerší je poskytnut ucelený pohled na problematiku výkonnosti pracovníků a změny pracoviště. Díky těmto znalostem mohly být zformulovány následující teze práce.

## 3.1 Teze disertační práce

- Pracovní prostředí má vliv na výkonnost pracovníka.
- Hodnota pracovního výkonu se odráží od spokojenosti zaměstnance.
- Pracovní výkon je v průběhu pracovního dne proměnný.
- Racionalizace pracoviště představuje takovou změnu parametrů pracoviště, která přinese zvýšení produktivity na pracovišti.
- Změnu v uspořádání pracovního prostoru chápeme jako racionalizaci pracoviště.
- Racionalizace pracoviště vedoucí k ergonomickému uspořádání a vybavení pracovního místa přispívá k pocitu pracovního komfortu.
- Změnou uspořádání pracovního prostoru dochází ke změně potřebného času na realizaci procesu. (dokazujeme propočtem MTM-1 a představuje to deltu změny mezi původním a inovovaným stavem).
- Analýza procesu MTM-1 představuje proces pro 100% zatížení pracovníka.
- Standardizované pracoviště (standardizované výšky manipulačních ploch) je komfortní pouze pro určitý percentil pracovníků.

## 3.2 Shrnutí poznatků z teorie

V praxi se mohou vyskytovat tři různé druhy stavů pracoviště. Tyto stavy jsou rozděleny na původní stav pracoviště, na stav, kdy je pracoviště univerzální a stav kdy pracoviště je nastavitelné. Rozdělení je vidět na obrázku 3-1.

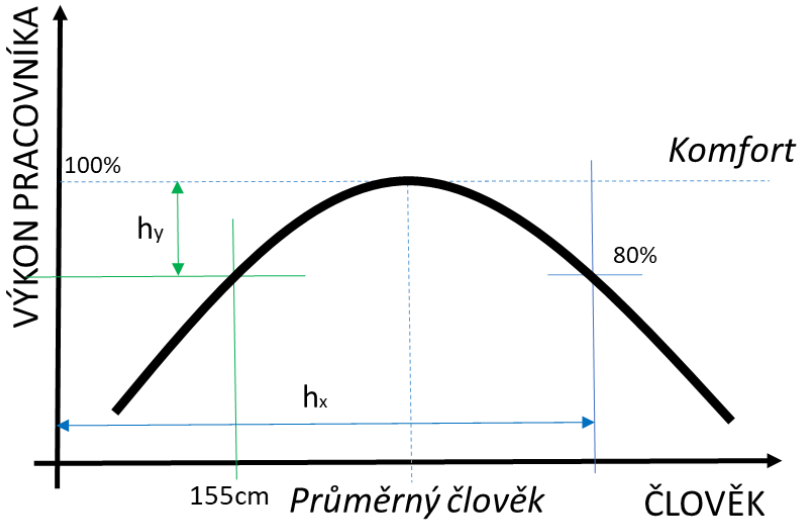



**Obrázek 3-1 Tři stavy pracoviště, [zdroj autor]**

Jako **původní stav** pracoviště je možné chápat pracoviště, které není podrobeno metodám průmyslového inženýrství. Takové pracoviště nevyhovuje ani ergonomickým ani racionalizačním aspektům. Pokud bychom na tomto pracovišti provedli analýzu MTM nebo MOST a porovnali ji s metodikou REFA, rozdíl $t_x$ by byl vysoký.

**Nový – univerzální stav** pracoviště ukazuje stav, kdy je pracoviště upraveno po zásahu racionalizačních a ergonomických metod dne normativu a antropometrických údajů na průměrného (univerzálního) člověka. Výška a vzdálenosti jsou nadefinovány pro osobu unisex (výška 170 cm).

**Komfortní stav** pracoviště je stav, kdy pracovník na tomto pracovišti sám nastavuje nebo mu je pracoviště nastaveno dle jeho fyzických proporcí. Takové pracoviště je nastavitelné a zároveň pracuje s racionalizačními opatřeními. Tento typ pracoviště je nejlepší způsob, jak zabránit nemocem z povolání a zároveň udělat toto pracoviště štíhlé.




**Obrázek 3-2 Závislost výkonosti na typu pracovníka, [zdroj autor]**

Obrázek 3-2 názorně popisuje, jak teorie definuje závislost typu pracovníka na výkonnosti. Na grafu je možné vidět, že pokud bychom uvažovali průměrného pracovníka na univerzálním pracovišti, jeho výkonnost bude maximální, tedy 100 %. Ovšem pokud by byl na pracovišti jiný pracovník, pak hodnota měla teoreticky klesat. Například pokud bychom chtěli vědět, jakou má výkonnost pracovník, který měří 155 cm, tak odpověď by měla být že 100 % - $h_y$. Obráceně lze polemizovat, jaký pracovník dosáhne pouze 80 % výkonnosti na konkrétním pracovišti. Křivka, která je znázorněna na obrázku obsahuje pouze teoretický základ, ale nebyla nikým skutečně ověřena. Sestavení této křivky by měl být jedním z dílčích cílů této disertační práce.

# 4 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Z uvedených východisek a dílčích tezí disertační práce plyne, že pracovní prostředí má vliv na pracovníka. Pokud se provede racionalizace pracoviště, tak stoupne i výkonnost a produktivita. Otázka ovšem nastává, jaká vznikne závislost mezi původní produktivitou pracovníka a novou produktivitou, kde bude uvažováno nastavitelné komfortní pracoviště pro každého pracovníka. Cílem práce je proto stanovit závislost mezi komfortem pracoviště a produktivitou pracovníka, který na tomto pracoviště pracuje.

**Cílem disertační práce je prokázat závislost mezi komfortem pracoviště a výkonností pracovníka.**

**Hypotéza 1:**

Uspořádání pracoviště dle antropometrických parametrů pracovníka přináší zvýšení pocitu komfortu na pracovišti.

**Hypotéza 2:**

Existuje závislost mezi mírou komfortu a výkonností pracovníka.

**Hypotéza 3:**

Komfort na pracovišti ovlivňuje výkonnost pracovníka až o 15 %.

## 4.1 Dílčí cíle

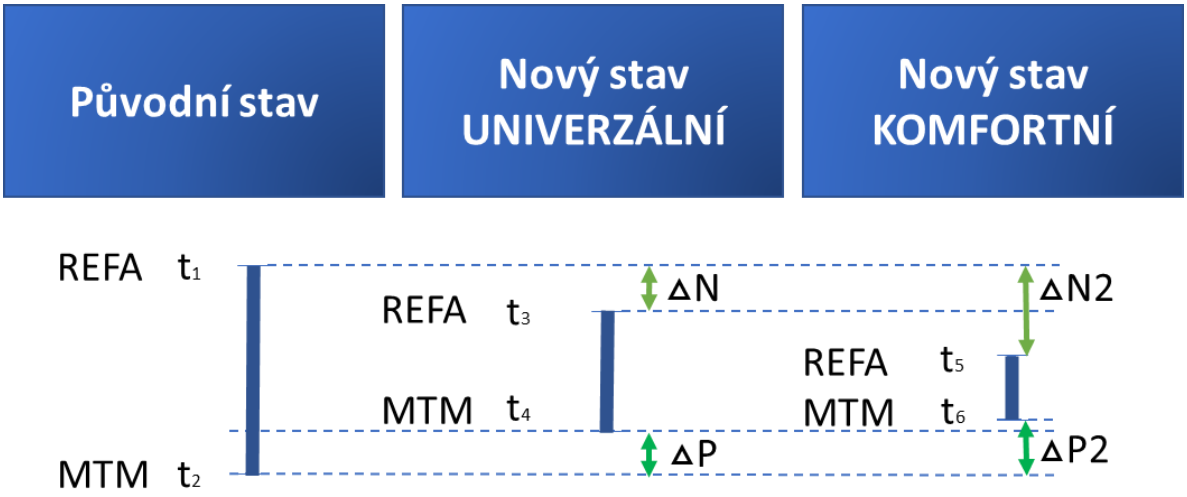
- Ověřit vliv racionalizace pracoviště na výkonnosti pracovníka z pohledu potřebných časů na realizaci pohybů v procesu výroby.
- Ověřit vliv racionalizace pracoviště na pocit komfortu na pracovišti, pro pracovníky různých antropometrických rozměrů.
- Provést analýzu a měření výkonnosti pracovníků různých antropometrických rozměrů na pracovišti před a po racionalizaci.
- Stanovit graf závislosti a model výpočtu výkonnosti pracovníka na komfortu pracoviště při zohlednění antropometrických parametrů pracovníka.

## 4.2 Postup

Pro úspěšné splnění cíle disertační práce je nutné splnit řadu dílčích úkolů. Jejich níže uvedená posloupnost tvoří nutné kroky pro dosažení hlavního cíle.

- Výběr vhodné metodiky měření výkonnosti pracovníka.
- Stanovení obecného modelu pro měření výkonosti pracovníka – produktivity práce.

- Výběr pracovního procesu, kde bude možné pozorovat vlivy komfortu pracoviště na výkonnosti pracovníka.
- Vybrání vhodných přístupů pro racionalizaci pracoviště ve vazbě na antropometrické parametry pracovníka (nastavení pracoviště dle antropometrie pracovníka).
- Sumarizace faktorů vstupujících do algoritmu.
- Validování algoritmu vlivu komfortu pracoviště na výkonnost pracovníka.




**Obrázek 4-1 Časové analýzy na pracovištích, [zdroj autor]**

Na obrázku 4-1 je vidět rozpad analýz, které budou prováděny na pracovištích. Na základě teoretických východisek je možné vidět v původním stavu největší rozdíl mezi $t_1$ a $t_2$. V univerzálním stavu pak pracujeme s myšlenkou pro rozdíl ΔP, tedy že $t_2>t_4$. V tomto případě by mělo dojít k racionalizačním a ergonomickým zlepšením. Pro průměrného člověka (170 cm) bude v tomto stavu pak rozdíl časů $t_3$ a $t_4$ menší než rozdíl mezi $t_1$ a $t_2$. Pro třetí stav by mělo dojít k tomu, že pro průměrného člověka by se produktivita jeho práce měnit neměla, tedy ΔP=ΔP2 a zároveň ΔN=ΔN2. Pro ostatní pracovníky by mělo dojít ke zlepšení, tedy ΔP<ΔP2, které představuje komfortní nastavení pracovních podmínek. Toto zlepšení by mělo být pozorovatelné na rozdílu měřených časů $t_3$ a $t_5$. Při třetím uvažovaném komfortním nastavení se uvažuje s minimálním rozdílem mezi časy $t_5$ a $t_6$.

# 5 POUŽITÉ VĚDECKÉ METODY

Kapitola použité vědecké metody v krátkosti představuje vědecké přístupy a metody, které jsou v práci požity. Členění následujících kapitol odpovídá členění kapitol v této práci. Nejprve je popsán seznam obecných vědeckých metod, na který navazuje seznam specifických metod. Právě specifické vědecké metody jsou využity v praktické části této studie. Pro popis použitých metod je použita především literatura [89][90].

## 5.1 Obecné vědecké metody

Obecné vědecké metody uvádějí jako výstup vědecké studie měřitelný a kvantifikovatelný výstup. Na základě tohoto tvrzení je snadné tyto metody vyhodnotit. Co autor to různý seznam používaných metod. V následujícím seznamu budou sepsány ty nejčastěji využívané a hlavně ty, které budou využity v rámci této studie. Rozdělení obecných vědeckých metod se kategorizuje do dvou skupin. V první jsou empirické metody, které představují experimentální přístup k řešené problematice ovšem s teoretickým základem. Druhou skupinu tvoří takzvané logické metody, v ní budou popsány metody indukce, dedukce apod.

### 5.1.1 **Empirické metody**

Empirické metody jsou řešeny pomocí za pomocí smyslů pozorovatele. Zkoumaný jev, či objekt je analyzován objektivním posouzením každého pozorovatele.

- Měření – tento typ se využívá při možném srovnávání čí ověřování vlastností nastavených procesů.
- Pozorování – musí být dobře naplánováno a cílevědomě provedeno. Metoda pozorování pak ve výsledku poskytuje informaci o analyzovaném jevu či objektu, který bude nebo byl předmětem dalšího výzkumu.
- Experiment – jinými slovy pokus, je metoda, při které jsou záměrně simulované stavy tak, aby mohl vytvářet stavy a které jsou požadované.

### 5.1.2 **Logické metody**

Logické metody pracují s využíváním logiky a logickým myšlením pozorovatele. Mezi nejčastější se uvádí následující seznam. [90]

- Generalizace – neboli zobecňování je činnost, při které jsou data z jednoho objektu (hlavního představitele) přiřazena celé skupině. Základní myšlenkou je přiřazení vlastností objektu či skupině objektů širší skupině objektů.
- Analýza – je proces rozčlenění jevu na dílčí části, které jsou dále samostatně analyzovány.
- Abstrakce – Je metoda, která spočívá v definování podstatných charakteristik zkoumaného objektu. Nepodstatné, které se mohou nazývat obecné se neuvažují.

Pomocí této metody je možné zjistit obecné vlastnosti a separovat je od vlastností specifických.

- Konkretizace – je opačný přístup než v případě abstrakce. Tady je kladen velký důraz na detailní popis a rozbor konkrétních vlastností a jevů daného procesu či objektu.
- Syntéza – je logické spojení myšlenek v ucelenou představu o zkoumaném jevu.
- Indukce – představuje postup, při kterém je na základě empirických dat a detailním poznání zkoumaného jevu vytvořen obecný závěr.
- Dedukce – tato metoda vychází z myšlenkového procesu, při kterém je z obecného tvrzení vyvozeno konkrétní, specifické tvrzení.
- Metoda komparace je jednou z nejpoužívanější metod. Jedná se o metodu, kdy jsou výstupy jevů porovnávány mezi sebou.
- Analogie je metoda, při které je zkoumaný jev porovnáván s již vyhodnocenými jevy a na základě společných znalost jsou zkoumanému jevu přisuzovány stejné vlastnosti.

## 5.2 Specifické vědecké metody

Vedle obecných vědeckých metod existují i specifické vědecké metody, které jsou v různých vědeckých studiích použity. V následujícím obsahu jsou stručně popsány metodiky, které byly použity v této práci. [89][90]

Soubor dat sám o sobě je velmi těžké interpretovat. Existuje spousta informací, které jsou obsažené v datech, ale je těžké je popsat. Pro tuto potřebu jsou vytvořeny způsoby porozumění, které důležité vlastnosti a data shrnují je smysluplným způsobem. Použití grafů a souhrnných statistik je pro pochopení dat důležitý první krok při provádění jakékoli statistické analýzy. Například je to užitečné pro pochopení hlavních výsledků dat, pro detekci mezních hodnot a dat, které jsou rozdílové nebo která byla nesprávně zaznamenána.

### 5.2.1 **Statistika**

Statistika, jak ji definuje Americká statistická asociace (ASA) je věda o učení se z dat, získaných pomocí náměrů a kontrolních měření. Statistici musí být schopni uvažovat několika způsoby: statisticky, matematicky a výpočetně. Ve statistice někdy mluvíme také o řešení reálných (nebo praktických) problémů.

Postupy ve statických vědeckých disciplínách je možné rozdělit na dva typy, mezi konfirmační analýzy a mezi explorační analýzy. Hlavní je rozdíl mezi těmito dvěma druhy je, že v případě konfirmační analýzy je nejprve zformulována hypotéza a následně na základě naměřených dat je tato hypotéza potvrzena nebo vyvrácená. V explorační analýze je hypotéza vytvořena na základě získané ho množství dat. Z toho je patrné že pro případ této disertační práce je použito konfirmační analýzy, protože nejprve byly stanoveny hypotézy a na základě vědeckého výzkumu budou tyto hypotézy vráceny nebo potvrzeny.

Normální rozdělení, nazývané také Gaussovo rozdělení, je nejčastější distribuční funkcí pro nezávislé, náhodně generované proměnné. Jeho známá křivka ve tvaru zvonu je všudypřítomná ve statistických zprávách, od analýzy průzkumu a kontroly kvality až po alokaci zdrojů. Graf normálního rozdělení je charakterizován dvěma parametry:

- Průměrem, což je maximum grafu a kolem kterého je graf vždy symetrický.
- Směrodatnou odchylkou, která určuje míru disperze od průměru.

Malá standardní odchylka (ve srovnání se střední hodnotou) vytváří strmý graf, zatímco velká standardní odchylka (opět ve srovnání se střední hodnotou) vytváří plochý graf.

### 5.2.2 **Experiment**

Experiment je kontrolovaná studie, ve které se pozorovatel pokouší porozumět vztahům, příčinám a následkům. Ve fázi analýzy výzkumník porovnává skupinově získaná data a některé závislé proměnné. Na základě analýzy výzkumník dospívá k závěru, zda studie

Statistický experiment je náhodný nebo nedeterministický experiment. Mezi jeho vlastnosti patří:

- Každý experiment je možné opakovat donekonečna za v podstatě nezměněných podmínek.
- Ačkoli pozorovatel obecně není schopen určit jaký bude výsledek, je schopen popsat soubor všech možných výsledků experimentu.
- Vzhledem k tomu, že experiment se provádí opakovaně, výsledky se zdají nahodilé. Jak se však experiment opakuje mnohokrát, objeví se určitý pohled nebo pravidelnost.

Na experimentální studie je možné pohlížet ze dvou směrů. Buď se jedná o experiment v oblasti fyzikálních nebo chemických věd nebo v oblasti společenských věd. Ve fyzikálních vědách se pak pozorují parametry, které ovlivňují monitorovaný proces. Aby mohl být experiment požadován za dostatečně relevantní, je nutné, aby byl podrobně popsán včetně přesných postupů charakteristických vlastností a použitých nástrojů při měření. Experiment je jednou z nejdůležitějších částí této studie, protože je nutné provést simulační stavy k získání potřebných dat, ze kterých bude vyvozen závěr formou vyvrácení či potvrzení stanovených hypotéz. [89]

# 6 VÝZKUM VLIVU KOMFORTU PRACOVIŠTĚ NA VÝKONNOST PRACOVNÍKA

Tato kapitola se zabývá výzkumem komfortu pracoviště a je klíčovou částí této práce. Je zde metodicky popsán postup pro vytvoření výkonnostního grafu. Jeho sestavením se stanoví základ pro uvažování komfortních vlivů pro pracovníky s různými antropometrickými hodnotami. Celý postup je rozdělen na několik částí, z nichž těmi nejdůležitějšími jsou vhodný výběr pracoviště a pracovníků pro prováděné experimenty, mapování současného stavu pracovišť a optimalizace pracovišť na univerzální a následně na komfortní úroveň.

Disertační práce se zabývá problematikou zvyšování produktivity práce na pracovišti. V dnešní době je toto téma stále více aktuální, neboť konkurence na trhu roste a pokud se společnosti nebudou zabývat inovacemi a s tím spojenou vyšší produktivitou, mají na trhu minimální šanci na úspěch.

Zvýšit produktivitu práce s neomezenými prostředky není tak složité. Může to být řešeno formou velkých investic do nových strojů, přípravků nebo robotizace. V této práci je popsán výzkum, který se sice zabývá zvýšením produktivity práce, ovšem se zohledněním nastavitelnosti pracoviště, individuálními pracovní podmínky a s minimálními investicemi.

Celkem bylo analyzováno šest různých montážních pracovišť, na kterých se vystřídalo šest antropometricky různých pracovníků. Každý pracovník byl podroben testování metodikou REFA a MTM-1 na současném, universálním a komfortním pracovišti.

Hlavním cílem celé disertační práce je pak prokázání závislosti mezi ergonomickým nastavením pracoviště na komfortní úrovni, což představuje individuální nastavování dle antropometrických údajů a produktivitou práce pozorovaných pracovníků.

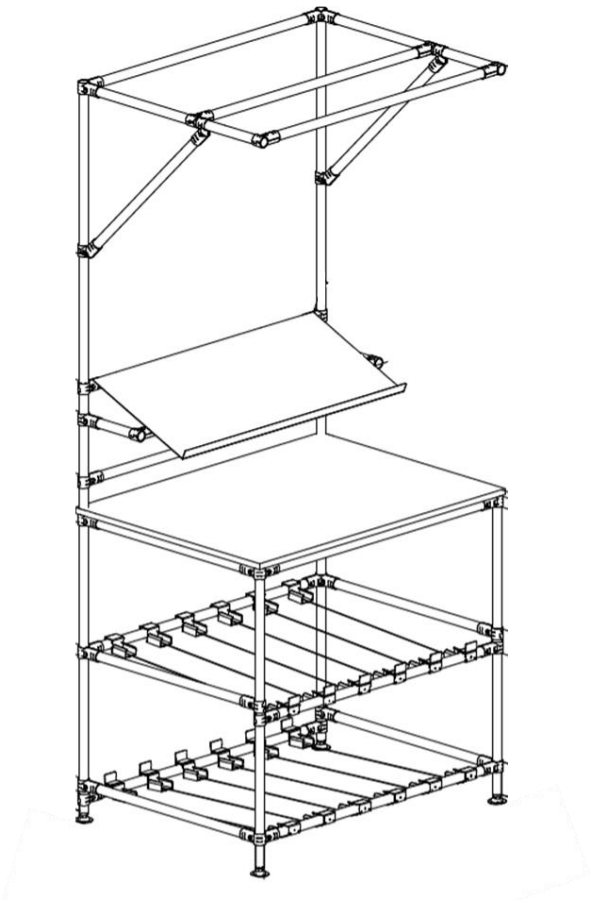
## 6.1 Výběr analyzovaného procesu

Celý výzkum byl koncipován v montážní sériové výrobě. Právě v této oblasti strojírenských podniků budou výsledky nejvíce patrné. Základem bylo nalézt problematická pracoviště, na kterých probíhá sériová výroba. Z důvodu využívání metodiky SPSČ, konkrétně MTM-1, bylo nutné nalézt pracoviště, jehož takt time se pohybuje do 40 s. Tato podmínka byla stanovena z důvodu využití již zmíněné metodiky MTM-1, která se právě v těchto časových hodnotách využívá. Souhrn podmínek analyzovaného pracoviště je popsán následujícím seznamem:

- Práce ve stoje
- Sériová výroba, případně dávková výroba
- Takt na pracovišti cca 40 s
- Ideální klimatické a akustické podmínky
- Intenzita osvětlení dle ergonomických norem
- Jasná vizualizace pracoviště

- Aplikována metodika 5S
- Flexibilita pracoviště

Výše zmíněná flexibilita pracoviště je jedním z hlavních důvodů, proč byla tato studie vytvořena. V případě, že by nebylo možné pracoviště přizpůsobit pracovníkům nebo by tato změna vyžadovala velké investiční náklady, celá studie by ztrácela smysl. Jedním z dílčích cílů této studie je, dosažení maximální produktivity výroby s minimálními náklady. Proto byla vybrána pracoviště, která jsou tvořena z creformových tyčí, a je tedy možné na nich snadno provádět úpravy.



**Obrázek 6-1 Základní koncept flexibilního pracoviště, [zdroj autor]**

Ukázka základního konceptu flexibilního pracoviště z creformových tyčí je na obrázku 6-1. Montážní desku, případně police s materiálem, je možné nastavovat na různou pracovní výšku pomocí imbusových spojů, které při povolení umožňují vertikálně a horizontálně pohybovat s dosahovými a pracovními vzdálenostmi. Analyzované montážní postupy a typy pracovišť bylo nutné vybrat tak, aby byl pracovní postup u každého pracoviště odlišný. Tím bylo docíleno, že výsledek je relevantní a může s ním být zacházeno jako s výstupním údajem při navrhování pracovních systémů.

Jakmile byla vybrána pracoviště bylo nutné zvolit postup pro výběr analyzovaných pracovníků.

## 6.2 Výběr pracovníků

V této kapitole je popsán postup, který byl použit při výběru analyzovaných pracovníků, tedy pracovníků, kteří se podílejí na prováděném experimentu. Při výběru bylo nutné dbát na dostatečnou různorodost v antropometrických údajích. Pokud se podíváme do průmyslových podniků, je možné spatřit, že poměr mužů a žen v těchto společnostech je naprosto vyvážený. Ženy jsou stále častěji přibírány na technická pracoviště a bez problémů vykonávají stejnou práci jako muži.

Z důvodu, že dnešní společnost, která vnímá genderovou politiku stále více jako aktuální téma, je i táto práce koncipována tak, že nejsou kladeny důrazy na rozdíly mezi mužem a ženou. V pracovním procesu může nastat případ, kdy nároky na manipulační sílu s břemeny jsou na může větší než na ženu, ale to v tomto výzkumu není uvažováno. V případně nastavení pracoviště je nutné zohlednit různou výšku postavy. Co se týká průměru mužů a průměru žen ve výšce postavy, jsou výsledné hodnoty různé. Tato studie se snaží nalézt ideální průměr mezi výškovými průměry pro obě pohlaví, a je tedy provedena jako univerzální výzkum.

Aby práce dosahovala odpovídajících a kvalitních výsledků, bylo nutné správně vybrat montážní pracovníky, kteří splňují následující požadavky:

- Pracovník je dostatečně proškolen v montážím procesu.
- Pracovník není ovlivněn vnějšími vlivy.
- Pracovník je kmenový zaměstnanec společnosti.
- Pracovník souhlasí se zpracováním jeho osobních údajů.

Jakmile byli pracovníci vybráni dle výše uvedených požadavků, bylo nutné dále detailněji vybrat pracovníky, kteří splňují požadavky výzkumu. Proto byli vybráni pracovníci, kteří:

- Mají různou antropometrickou výšku
    - Nejvyšší pracovník měřil 191 cm
    - Nejnižší pracovník měřil 153 cm
- Jsou proškoleni na všechna analyzovaná pracoviště
- Pracovníci různého pohlaví
    - Analyzovány 2 ženy
    - Analyzováni 4 muži

Norma rozměrů těla (DIN 33402 [87]) slouží jako základ pro údaje o designu pracoviště. Norma obsahuje tři měření, která jsou uvedena pro muže a ženy. Uvádí ideální metrické vzdálenosti pro nastavení pracoviště a manipulačních vzdáleností. Měření je omezeno na 5. (pouze 5 % je nižších), 50. a 95. (pouze 5 % je větších) percentil. Hodnoty se proto v této normě pohybují od 154 cm (5. percentil žen) do 186 cm (95. percentil mužů).

Definované manipulační oblasti mohou být užitečné právě pro vybavení a úpravu pracovišť. Například manuální činnosti vyžadující vysoký stupeň požadavků na světlo a kontrolu, tj. veškerý pohled, který je na výrobek, by měly být prováděny co nejblíže u těla. Přesné pohyby se stávají obtížnějšími se zvětšující se vzdáleností od těla. Je tak zřejmé, že práce s těžkými břemeny by neměla být prováděna v dostatečné vzdálenosti od těla, protože pak je dosaženo pákového efektu. Všechny tyto podmínky musí být uvažovány při výběru měřících technik.

## 6.3 Použité techniky měření

V této kapitole jsou shrnuty uplatněné metodiky a postupy, které byly použity při provádění měřících a analytických úkolů na pozorovaných pracovištích

### 6.3.1 **Videozáznamy**

Nejdetailnější metodou pro pozorování a zachycení pracovních procesů je bezesporu využití videozáznamu. Nasbíraná data mohou sloužit k doložení již zanalyzovaných dat, k ověření a kontrole analýz, a také jako připomínka analyzovaného procesu. Videa, která byla natočena, byla podrobena analýze MTM-1, která potřebuje velmi detailní pohled na pracovní proces. Z tohoto důvodu byla právě technika videozáznamu využita i v této práci.

Před samotným natáčením bylo nutné informovat všechny zúčastněné osoby v procesu, tedy pracovníky, kteří prováděli montážní proces. Od pozorovaných pracovníků bylo nutné získat jejich souhlas s natáčením, aby nedošlo k porušení ochrany osobních dat GDPR (General Data Protection Regulation).

### 6.3.2 **Časové analýzy**

Analýzy byly provedeny pomocí snímků pracovního postupu dle metodiky REFA, viz kapitola 2.1.5. Každý analyzovaný proces obsahuje REFA analýzu, která byla provedena vždy minimálně na 10 výrobcích. Tím bylo zajištěno dostatečné množství dat pro získání průměrných hodnot. Na obrázku 6-2 pro názorný příklad zanalyzovaný proces pracoviště SF1-P2.

Ve formuláři REFA jsou zapsána všechna data, která jsou nutná pro časovou analýzu. Formulář obsahuje jméno pozorovatele, směnu, na které byl proveden záznam, výšku analyzovaného pracovníka (na obrázku 6-2 je to pracovník s výškou 191 cm), název pracoviště, na kterém byl prováděn záznam a odkaz na pracovní postup pro případ, kdyby došlo k nedodržení pracovního postupu. Je tedy pak možné přes identifikační název dohledat pracovní postup a ověřit správnost prováděných činností. REFA formulář také obsahuje přesný průběh montážního procesu, který je uzavřen cyklicky tak, aby nebyla vynechána žádná prováděná operace z pracovního postupu. Hlavní částí formuláře REFA je výsledek průměrného času každé operace a jejich výsledný součet, který představuje průměrný čas analyzovaného procesu na pracovišti.

| Formulář pro plynulou chronometráž | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Analýza | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| datum : | 12.11.2020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | list č. | 1 | REFA | | | |
| jméno pozorovatele | Pavel Kábele | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Výsledek: | | | | | |
| celkový popis činnosti: | SF1 - EWA - 0104 - B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 32,9 | 1910 | | | |
| | SF1 - EWA - 0152 - A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Směna | Ranní | | | | |
| výrobek, zakázka: | Montáž BF MCW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | pracoviště | SF1-P2 | | | | |
| pracoviště linky (popis) | | | | | pracoviště linky (popis) | | | | | pracoviště linky (popis) | | | | | pracoviště (popis) | | | | | pracoviště linky (popis) | | | | |
| Nalepení výrobního štítku na díl v regále. | | | | | Picking dílu a usazení do přípravku. | | | | | Nasazení zátky a krytu na díl. | | | | | Otočení dílu a nalepení 3x sealing. | | | | | Otočení a odložení dílu. | | | | |
| MB začátek | Puštění dílu | | | | MB začátek | Puštění etikety | | | | MB začátek | Puštění dílu | | | | MB začátek | Puštění krytu | | | | MB začátek | Puštění sealingu | | | |
| MB konec | Puštění etikety | | | | MB konec | Puštění dílu | | | | MB konec | Puštění krytu | | | | MB konec | Puštění sealingu | | | | MB konec | Puštění dílu | | | |
| | čas | mn | $L_g$ | $t_g$ | | čas | mn | $L_g$ | $t_g$ | | čas | mn | $L_g$ | $t_g$ | | čas | mn | $L_g$ | $t_g$ | | čas | mn | $L_g$ | $t_g$ |
| 1 | 3,9 | 1 | 100% | 3,9 | 1 | 3,4 | 1 | 100% | 3,4 | 1 | 5,7 | 1 | 100% | 5,7 | 1 | 15,8 | 1 | 100% | 15,8 | 1 | 4,2 | 1 | 100% | 4,2 |
| 2 | 3,7 | 1 | 100% | 3,7 | 2 | 3,5 | 1 | 100% | 3,5 | 2 | 5,8 | 1 | 100% | 5,8 | 2 | 15,4 | 1 | 100% | 15,4 | 2 | 4,0 | 1 | 100% | 4,0 |
| 3 | 3,7 | 1 | 100% | 3,7 | 3 | 3,6 | 1 | 100% | 3,6 | 3 | 5,6 | 1 | 100% | 5,6 | 3 | 15,4 | 1 | 100% | 15,4 | 3 | 4,2 | 1 | 100% | 4,2 |
| 4 | 3,9 | 1 | 100% | 3,9 | 4 | 3,5 | 1 | 100% | 3,5 | 4 | 5,9 | 1 | 100% | 5,9 | 4 | 16,2 | 1 | 100% | 16,2 | 4 | 4,5 | 1 | 100% | 4,5 |
| 5 | 4,3 | 1 | 100% | 4,3 | 5 | 3,4 | 1 | 100% | 3,4 | 5 | 5,6 | 1 | 100% | 5,6 | 5 | 15,6 | 1 | 100% | 15,6 | 5 | 4,2 | 1 | 100% | 4,2 |
| 6 | 4,1 | 1 | 100% | 4,1 | 6 | 3,4 | 1 | 100% | 3,4 | 6 | 5,6 | 1 | 100% | 5,6 | 6 | 15,0 | 1 | 100% | 15,0 | 6 | 4,4 | 1 | 100% | 4,4 |
| 7 | 3,9 | 1 | 100% | 3,9 | 7 | 3,4 | 1 | 100% | 3,4 | 7 | 5,5 | 1 | 100% | 5,5 | 7 | 15,4 | 1 | 100% | 15,4 | 7 | 4,5 | 1 | 100% | 4,5 |
| 8 | 3,7 | 1 | 100% | 3,7 | 8 | 3,1 | 1 | 100% | 3,1 | 8 | 5,8 | 1 | 100% | 5,8 | 8 | 16,1 | 1 | 100% | 16,1 | 8 | 4,3 | 1 | 100% | 4,3 |
| 9 | 3,6 | 1 | 100% | 3,6 | 9 | 3,6 | 1 | 100% | 3,6 | 9 | 5,9 | 1 | 100% | 5,9 | 9 | 15,6 | 1 | 100% | 15,6 | 9 | 4,2 | 1 | 100% | 4,2 |
| 10 | 4,1 | 1 | 100% | 4,1 | 10 | 3,6 | 1 | 100% | 3,6 | 10 | 5,6 | 1 | 100% | 5,6 | 10 | 15,4 | 1 | 100% | 15,4 | 10 | 4,2 | 1 | 100% | 4,2 |
| Ø tg | 3,9 | | | | Ø tg | 3,5 | | | | Ø tg | 5,7 | | | | Ø tg | 15,6 | | | | Ø tg | 4,3 | | | |

**Obrázek 6-2 REFA formulář, [zdroj autor]**

### 6.3.3 **Ergonomické návrhy**

K projektování ergonomicky vhodného pracoviště, jeho rozměrům a možným úpravám buď ve stadiu přípravy výroby nebo ve stádiu optimalizace pracovních procesů slouží mimo jiné tzv. digitální modely člověka. Digitální modely člověka jsou trojrozměrná modelová zobrazení skutečného lidského těla. V současné chvíli je jedním z nejznámějších a nejpoužívanějších digitálních modelů člověka model, obsažen v softwaru Tecnomatix Jack.

Tecnomatix Jack je komplexní 3D simulační program, který umožňuje simulovat, kontrolovat a následně vyhodnocovat působení pracovní činnosti a pracovního prostředí na pracovníka. Pro plnou funkcionalitu tohoto programu je nutné zhotovení 3D modelů v CAD systému a jejich následný export do vhodného formátu. Pro tyto účely slouží SW SketchUP. K provedení samotné ergonomické analýzy byla použita metoda RULA. [76]

RULA (Rapid Upper Limb Assessment-Rychlé hodnocení horních končetin) je metoda, která se zabývá analýzou a hodnocením postoje a pozic horní poloviny těla, zejména horních končetin. Metoda RULA se zaměřuje především na biomechanické a polohové zatížení těchto oblastí. [77]

Hodnocení se zapisuje do pracovních listů-tabulek, tzv. RULA Scorecard. Hodnotí se jednotlivé parametry na základě metodického postupu a výsledek je uvedený jako skóre polohy. Hodnota zmíněného skóre určuje následný postup optimalizace.

Vyhodnocení vyžaduje jen málo času na dokončení a vygenerovaná skóre se porovnávají se seznamem akcí, který označuje požadovanou úroveň zásahu. Užitečný bodovací systém RULA umožňuje pořídit snímek pracovní pozice s nejvyšším rizikem přijaté polohy těla během provádění pracovního úkolu. Bodovací systém je rozdělen na čtyři úrovně akcí s údaji, které stanovují naléhavost na provedení úprav pracoviště.

**Tabulka 6-1 Hodnocení skóre RULA, upraveno dle [77]**

| KATEGORIE | SKÓRE | VÝSLEDEK |
|---|---|---|
| 1. | 1-2 | ŽÁDNÉ RIZIKO – úprava není potřeba |
| 2. | 3-4 | MALÉ RIZIKO – mohou být prováděny úpravy |
| 3. | 5-6 | STŘEDNÍ RIZIKO – nutné provést brzké změny |
| 4. | 7 | VYSOKÉ RIZIKO – nutné provést okamžité změny |

Analyzovaly se především kritické dosahy zaměstnanců na monitorovaných pracovištích. Z výsledků vykrystalizovaly ergonomicky nevhodné polohy, které daly základní impuls pro optimalizaci pracovišť. Příklad nevhodné polohy na analyzovaném pracovišti je možný vidět na obrázku 6-3. Takový model poskytl data pro vyhodnocení RULA a k technickým návrhům na optimalizaci v rámci úpravy pracoviště.

**Obrázek 6-3 Model analyzovaného pracoviště, [zdroj autor]**

### 6.3.4 Systém předem stanovených časů

Jelikož metodika REFA poskytuje reálný a okamžitý pohled na produktivitu práce, kterou je možné spočítat ze závislosti na časovém vytížení při prováděných činnostech, bylo nutné mít tuto hodnotu s čím porovnat. Proto byla v této studii využita metodika MTM-1 viz kapitola 2.1.6. Časová studie MTM-1 se zaměřuje na cyklicky se opakující proces, ale lze ji také

ojediněle aplikovat v kusové výrobě. Výstup z analýzy v kusové výrobě vyžaduje vysokou úroveň detailu a rozboru prováděných operací. Toto využití ovšem není tak běžné.

Pomocí MTM-1 byly všechny základní pohyby detekovány v referenční linii hnízdové výroby. V analýzách byla definována vyhrazená ruka („L“ / „R“) a atribut pro vzdálenosti montážních a dosahových ploch. Každému jednotlivému pohybu v každém montážním procesu byl přidělen identifikační kód, který byl sestaven z datové karty MTM-1.

Vyhodnocený formulář také zohledňuje operace, které lze provádět současně a tím pak zkrátit prováděné operace. Samotný seznam identifikačních kódů a jejich vysvětlivky vytváří ideální pracovní postup pro montážní proces. Hodnoty získané z analýzy MTM-1 představují 100 % vytížení pracovníka v pracovním procesu, a tvoří tedy základ pro porovnání s reálnými hodnotami.

MTM-1

**Pozorovací analýza**

| Sledoval: | Pavel Kábele | Vyhodnotil | Pavel Kábele |
|---|---|---|---|

| Datum: | Refa: | Linka: | Pracoviště: |
|---|---|---|---|
| 22.07.2020 | 26s | SF3 | P4 |

**Popis operace:**

Začátek montáže stabilizátoru začíná namontováním kolíku, nasazením 2ks lamel a nasazením sealingu na lamely. Finální sestava je umístěna do odkladové bedny na finální díly.

| Přípravek: | Proces: | Směna: | Operátor |
|---|---|---|---|
| Ano | Montáž | Ranní | 191 cm |

| Popis, levá ruka | Četnost pohybů | Kód | TMU | Kód | Četnost pohybů | Popis, pravá ruka |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ke stabilizátoru | | R30A | 9,5 | | | |
| Ke stabilizátoru | | R10C | 8,4 | | | |
| **Součty v TMU** | | | 675,5 | | | |
| **Přepočet v sekundách** | | | **24,318** | | | |

**Obrázek 6-4 Formulář MTM-1, [zdroj autor]**

Pozorovací formulář MTM-1 (viz obrázek 6-4) obsahuje stejně jako formulář REFA ty nejdůležitější údaje, které je nutné zaznamenat při pozorování pracovního procesu. Je zde uvedeno jméno pozorovatele i toho, kdo snímek vyhodnotil. Důležité je datum, výška pozorovaného pracovníka, zda byl použit přípravek či nikoli a v neposlední řadě kompletní popis pracovní operace. Celý formulář je zakončen přepočtem hodnot identifikačních kódů na hodnotu v sekundách.

## 6.4 Původní stav pracovišť

V této kapitole je popsána první část prováděcí části této práce. Jedná se o detailní analýzu vybraných pracovišť, která budou předmětem ověření či vyvrácení stanovených hypotéz.

Konkrétně jsou zde popsány následující podkapitoly:

- Popis vybraných pracovišť
  - Rozbor montážního procesu
  - Stav nastavení montážních rovin
- Analýza RULA původních pracovišť
  - Analýza kritických operací
  - Analýza pro 95% percentil muže
  - Analýza pro 5% percentil ženy
- Časová analýza REFA montážních procesů
- Rozbor pohybů na identifikační kódy MTM-1

Všem výše zmíněným bodům je nutné přikládat velkou důležitost, protože se jedná o prvotní analýzy a pokud by zde nastal problém nebo například chyba v měření, hrozilo by, že tato chyba bude provázet celou práci.

Všechna data a analýzy jsou součástí přiložených příloh. Pro popis postupu výzkumu je v této práci uveden vždy jeden případ s konkrétní analýzou a dále jsou již uvedeny finální souhrny všech analýz.

### 6.4.1 **Popis vybraných pracovišť**

Při výběru pracoviště bylo nutné vybrat takové pracoviště, které nebude svou složitostí omezovat pracovní proces při jeho analýze a na kterém pracují pracovníci, kteří jsou dostatečně proškoleni a kteří splňují požadavky z kapitoly 6.2.

Pro analýzu byla vybrána pracoviště, která vychází jako vzorová a splňují název **montážní pracoviště**. Na těchto pracovištích je pracovní proces prováděn v dávkové výrobě. Jedná se o pracoviště, na kterých pracovníci pracují v pozici ve stoje a je tedy vhodné podrobit tyto pracoviště analýzám a provést na nich případné optimalizace. Pro výběr správného pracoviště hraje velkou roli i to, zda je pracoviště permanentně využíváno. Tedy, zda jeho optimalizace přinese kýžený efekt, který bude možné pozorovat téměř okamžitě. Taková pracoviště byla vybrána po diskusích s manažery výroby a s vedoucími z příslušných oddělení.

Konkrétně byla vybrána pracoviště z montážních linek SF1, SF2 a SF3. Tato pracoviště sice jsou součástí výrobní linky, ale je možné na nich pracovat jako na buňkovém pracovišti. Při analyzovaném procesu byla tato pracoviště uvažována jako samostatná pracoviště, tedy bez tvorby bufferu. Na žádost společnosti, ve které byla studie prováděna a z důvodu zachování interních dat, bylo nutné upravit názvy pracovišť. Měřená data a hodnoty z nich vycházející ovšem představují skutečný, reálný a nezkreslený pohled na zkoumaný proces.

Vybraná pracoviště:

- SF1-P5
- SF1-P2
- SF2-P2
- SF3-P4
- SF1-P1
- SF3-P2

Pro potřeby prvotních analýz byl každému pracovišti přidělen jeden pracovník, který je veden v analýzách jako prvotní subjekt měření na tomto pracovišti. Zároveň se k danému pracovníkovi vztahují hodnoty naměřené při časových analýzách.

Na pracovišti SF1-P5 probíhá proces, který je nazýván jako picking. Při pickingu pracovník odebírá díl, který je vybrán systémem tak, aby došlo k dodržení správného montážního postupu. Systém zašle signál do světelné signalizace a pracovník podle toho ví jaký díl má na danou sestavu namontovat. Tento systém je nazýván jako Pick to Light. Pro ukončení pickingu je nutné, aby pracovník zatáhl za signalizační splachovadlo nebo potvrdil odebrání dílu stisknutím tlačítka. Tím je zaslána informace o odebrání dílu. Po procesu pickingu dochází k montáži rozměrově větších dílů. Je tedy vyžadován značný prostor na manipulaci. Na tomto pracovišti byla naměřena výška manipulační roviny 943 cm. Tato hodnota neodpovídá ergonomicky navrhovaným rozměrům.

Pracoviště SF1-P2 obsahuje také proces picking. Pracoviště ovšem bylo zvoleno z důvodu manipulace s velkým dílem a využitím montážního přípravku. Tento přípravek je pevně přimontován k pracovní rovině. Výška pracovní roviny byla na tomto pracovišti naměřena na 870 cm.

Pracoviště SF2-P2 reprezentuje montážní proces, při kterém je kompletována sestava z malých dílů. V tomto případě není využíván picking, protože se na pracovišti vyskytují pouze díly, které jsou vždy namontovány. Pracovní rovina v tomto případě byla ve výšce 943 cm.

Třetí analyzované pracoviště s názvem SF3-P4 popisuje začátek montáže stabilizátoru. Na tomto pracovišti je manipulováno s rozměrově malými a lehkými díly ovšem v procesu je využíván montážní přípravek, který zaručí správné usazení montovaného dílu do stanovené pozice. Změřená výška byla stejná jako pro pracoviště SF2-P2, tedy 943 cm.

Proces výroby na pracovišti SF1-P1 je prováděn kompletací sestavy pohonných motůrků. Výrobní proces je prováděn pomocí montáže malých dílů za využití přípravku. Rozdílem oproti procesu SF2-P2 je, že na tomto pracovišti je využíván elektrický šroubovák pro dotažení šroubovaných spojů. Šroubovák je zavěšen na rolovacím balancéru, který má nastavitelnou výšku klidové polohy. Výška pracovní roviny byla na tomto pracovišti 950 cm.

Poslední analyzované pracoviště SF3-P2 představuje montážní proces předvýroby. V tomto procesu je kompletována sestava dvou dlouhých dílů a následně je tato sestava odložena na odkladové místo. Naměřená výška pracovní roviny byla na tomto pracovišti 943 cm.

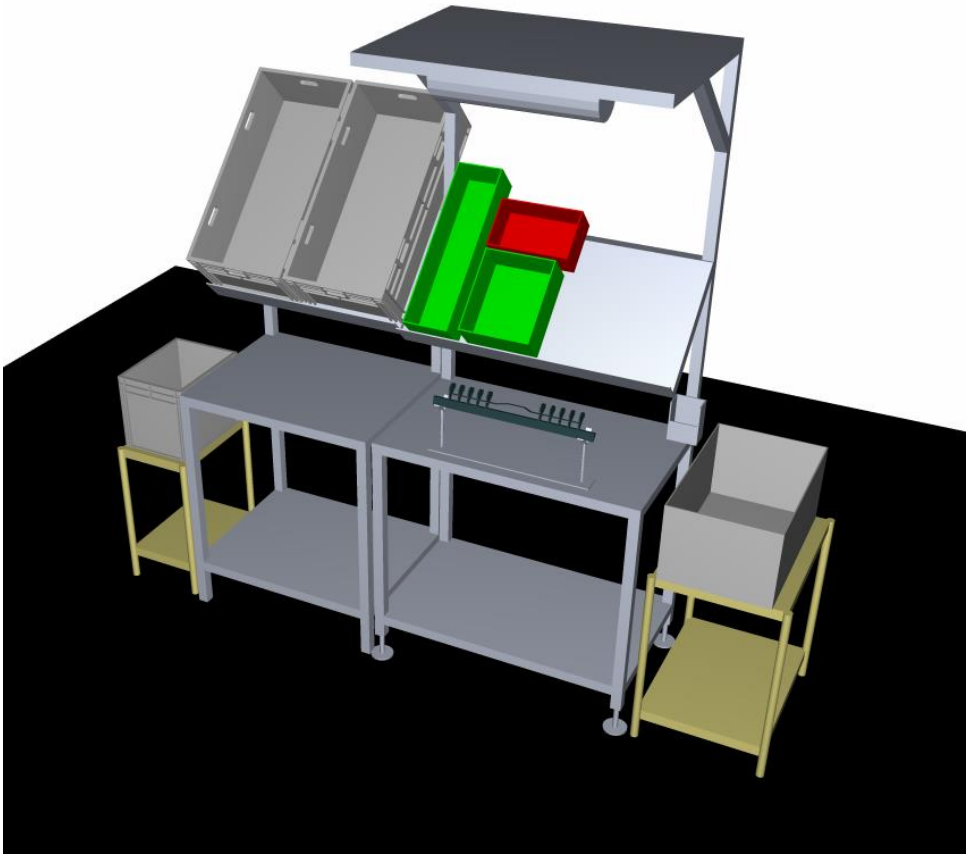
Stanovení správných rozměrů pracovišť není otázka pouze výšky pracovní roviny, ale také dosahových vzdáleností. Dosahové vzdálenosti jsou nastavovány dle universálního nastavení

pro universálního pracovníka nebo dle rozměrů konkrétního pracovníka. Při měření výšky pracovních rovin bylo zjištěno, že žádné pracoviště neodpovídá universálnímu nastavení.

### 6.4.2 **Ergonomické analýzy**

Analýza RULA byla pro tento výzkum zvolena z toho důvodu, že jejím výstupem jsou jasná data pro optimalizaci, a také z důvodu její dostupnosti na ZČU. Vybraná pracoviště a pracovní procesy byly podrobeny detailnímu rozboru prováděných činností a na základě tohoto rozboru došlo k vytyčení problematických a neergonomických pracovních úkonů, pro které byla vytvořena analýza RULA. Výsledky měly odhalit možná zlepšení a navrhnout úpravu pracovišť pro percentil pracovníků 5 % a 95 %. [77]

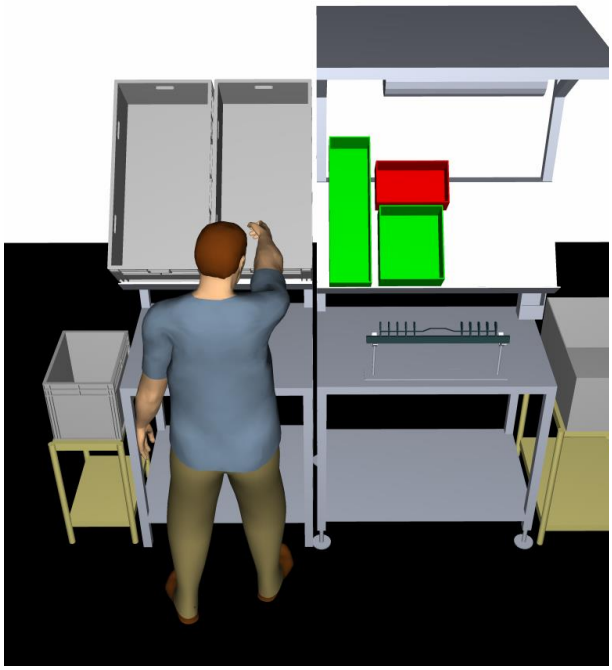
Pro ergonomické analýzy byl vybrán, univerzitou přístupný SW, Tecnomatix Jack. Pro plnou funkcionalitu toho programu bylo nutné zhotovení 3D modelů. Modely byly vytvořeny v softwaru společnosti Dassault Systemes, konkrétně v programu Catia, z něhož byly přeformátovány do typu souboru, který bylo možné otevřít v Tecnomatixu. Výsledný model pro pracoviště SF3 – P4 je možné vidět na obrázku 6-5. Analýza pro pracoviště SF3 – P4 představuje vzorovou analýzu, která je stejným způsobem provedena i na ostatních pracovištích. Výsledky analýz a jejich obrázky jsou součástí příloh disertační práce.



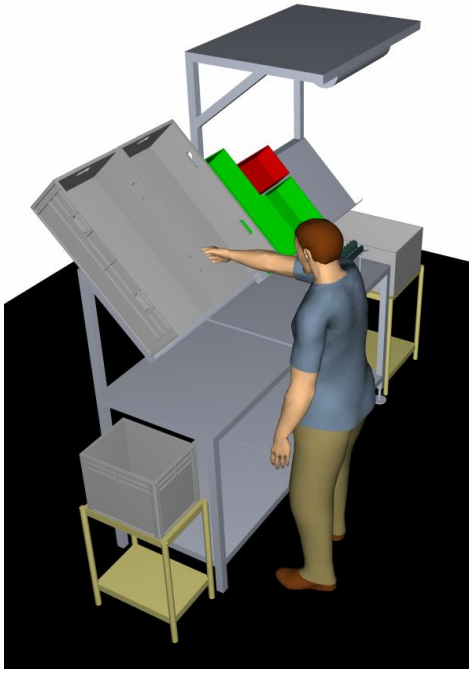
**Obrázek 6-5 Model pracoviště, [zdroj autor]**

**Průběh analýzy procesu na pracovišti SF3-P4 pro 95 % percentil muže:**

První pozicí zkoumanou na pracovišti SF3-P4 byla poloha, při níž byl operátorem odebírán jeden z prvotních dílů pro sestavu (viz obrázek 6-6 a obrázek 6-7). Tento díl byl uložen v KLT boxech, umístěných v horním patře prvního pracovního stolu. Operátor byl nucen pro získání dílu z KLT boxu natáhnout celou svojí paži a následně díl uchopit a vyjmout z boxu. Tato pozice byla vybrána z toho důvodu, že operátorem byla vyvíjena pohybová činnost paže ve výši přibližně ramenního kloubu, což bylo z hlediska pravidelné pohybové činnosti nežádoucí, neboť tím docházelo k značnému namáhání pohybového a kosterního aparátu zejména v oblasti krční páteře, ramene, trapézového svalu, mezi-lopatkových svalů, dvouhlavého svalu pažního (biceps) a svalů předloktí a nadloktí.

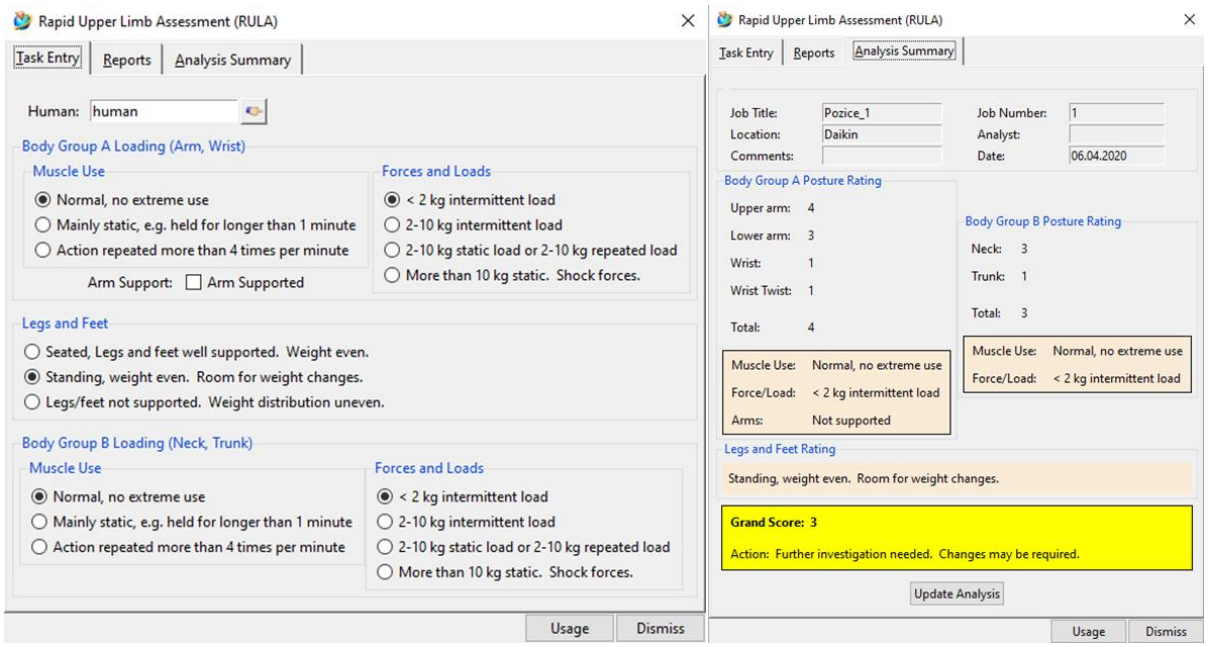


**Obrázek 6-6 Poloha pozice 1 – zezadu, [zdroj autor]**



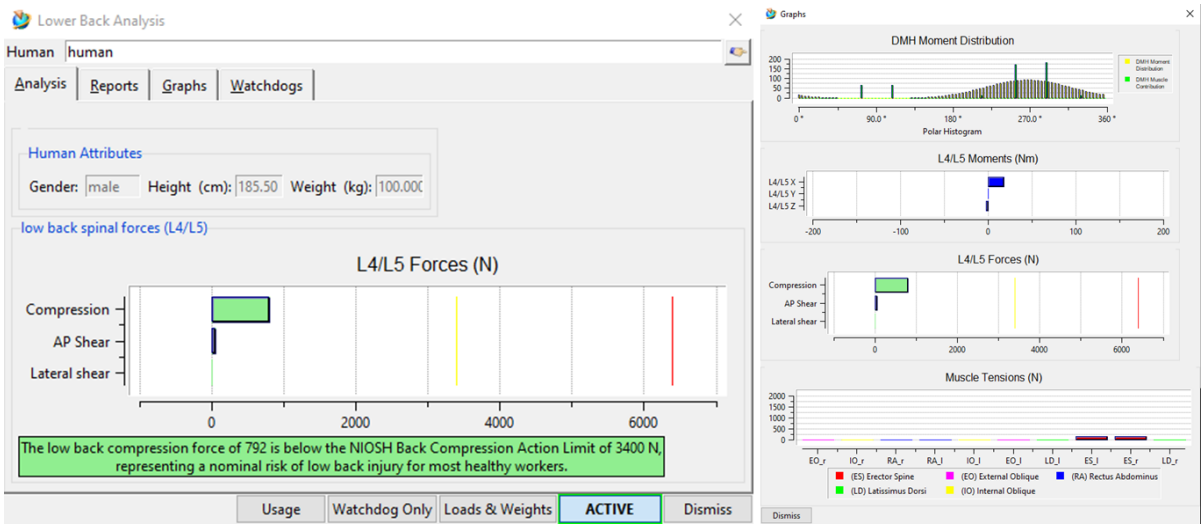
**Obrázek 6-7 Poloha pozice 1 – zboku, [zdroj autor]**

První analýzou pro tuto pozici byla analýza RULA, jež byla nastavena podle obrázku uvedeného níže – viz levá část obrázku 6-8. Výsledkem analýzy byly poté hodnoty znázorněné na pravé části obrázku 6-8. Dle očekávání, byly podle výsledků nejvíce namáhané svalové skupiny, jež byly vyjmenovány výše. Nejvíce byla namáhána oblast krku a horní části paže. Výsledek ovšem neuvádí hodnotu pro oblast ramen, která byla také značně namáhána. Na základě hodnocení všech svalových skupin bylo možné stanovit celkové hodnocení dané polohy, jež má hodnotu čísla 3. Toto číslo znamená, že poloha je pro dlouhodobé namáhání nepříliš vhodná a bylo tedy potřeba provést do budoucna nějaké změny pracoviště, aby bylo možné vykonávat pracovní operace s menším namáháním a pracností. Jedním z možných řešení bylo snížení horního patra s KLT boxy, čímž by bylo docíleno snížení pracovní roviny pod úroveň ramenního kloubu.




**Obrázek 6-8 Nastavení a výsledek analýzy RULA – muž 95 %, [zdroj autor]**

Druhou analýzou byla analýza namáhání spodní oblasti zad neboli vzpřimovačů páteře. Tyto svaly hrají důležitou roli pro správné držení stavby těla a jejich dlouhodobým namáháním je možné docílit i trvalých zranění, jež mohou vést k omezení pohyblivosti operátorů. Tyto svaly jsou nejvíce namáhány při pohybech typu úklon a při zvedání těžkých břemen ze země, případně z nízko umístěných pracovních rovin (např. KLT na paletě). Z výsledků analýzy Lower Back, které je možné vidět na obrázku 6-9, bylo patrné, že tato poloha vůči namáhání spodní oblasti zad byla šetrná a nebylo tedy v tomto směru třeba dělat nějaká opatření.

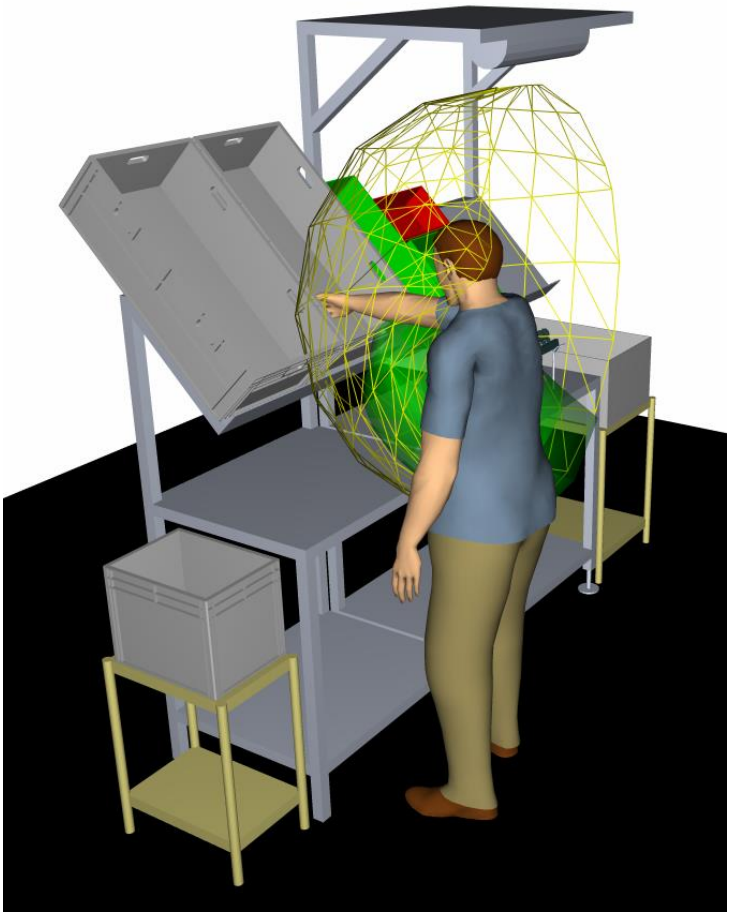



**Obrázek 6-9 Výsledek analýzy Lower Back – muž 95 %, [zdroj autor]**

Poslední analýzou provedenou v rámci této pozice byla analýza tzv. dosahových zón, kdy je vyšetřována schopnost operátora přirozeně dosáhnout do určité požadované polohy. Tato analýza je znázorněna na obrázku níže (viz obrázek 6-10) a na základě výsledků bylo patrné,

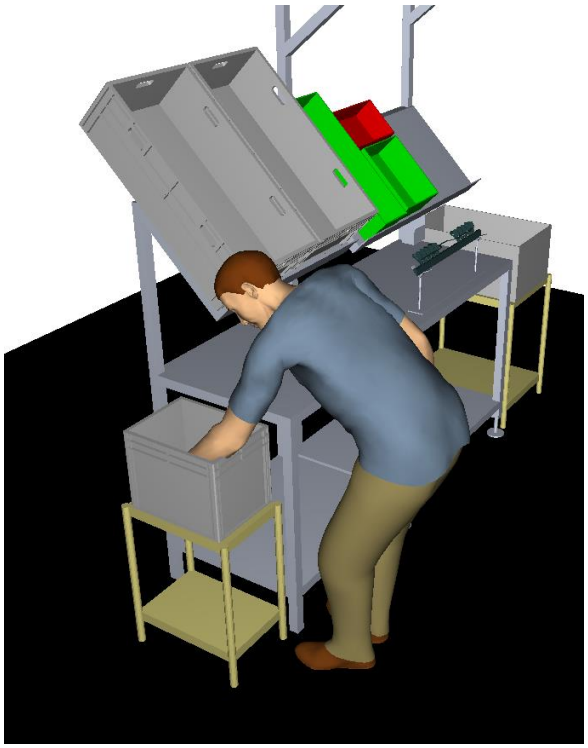
že operátor byl nucen sáhnout pro potřebný předmět dále, než bylo přirozené pro lidské tělo. Zelená „zóna“ na obrázku znázorňuje oblast, která je pro lidské tělo přirozená, zatímco žlutá „zóna“ představuje oblast, ve které je pohyb operátora již více náročný. Jelikož byl KLT box umístěn ve žluté oblasti, tak bylo zjevné, že vzdálenost této pracovní roviny nebyla vhodná pro pravidelnou a dlouhodobou činnost.

Výsledek dosahových zón představuje hlavní zdroj informací pro nastavení ergonomicky komfortního pracoviště.

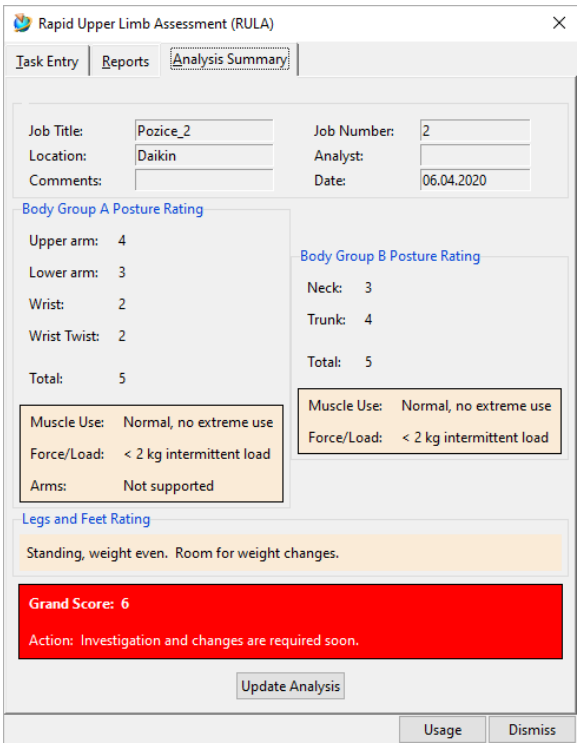


**Obrázek 6-10 Dosahové zóny pozice 1 – muž 95 %, [zdroj autor]**

Druhou pozicí, které byla věnována pozornost v rámci analýzy pracoviště SF3-P4 byla pozice, při níž byl operátorem odebírán další díl do montážního procesu. Tento díl byl umístěn v KLT boxu, jež byl položen na malém stolku vedle pracovního stolu. Oproti předchozí analýze byla v tomto případě pracovní rovina umístěna nízko pod úrovní pracovního stolu. Operátor byl tedy nucen vykonat úklon, respektive ohnutí ve spodní oblasti zad, aby mohl dosáhnout na příslušný předmět (viz obrázek 6-11).



**Obrázek 6-11 Poloha pozice 2 – muž 95 %, [zdroj autor]**

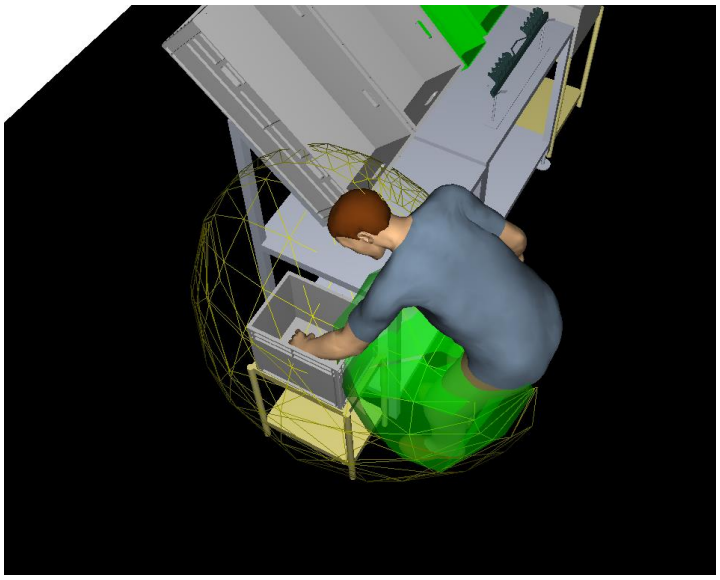



**Obrázek 6-12 Výsledek analýzy RULA 2 pozice – muž 95 %, [zdroj autor]**

Dle výsledků analýzy RULA (viz obrázek 6-12) bylo vidět, že nejvíce namáhanými částmi pohybového aparátu byly zejména zádové svaly, především pak jejich spodní polovina a opět oblast krční páteře a horní končetiny. Obecně byla tato poloha velmi nevhodná pro dlouhodobé a opakované namáhání a bylo třeba provést okamžité změny, při kterých by operátor nebyl nucen dělat podobně kriticky namáhané pohyby.

Výsledky druhé analýzy byly také podpořeny faktem, že při této pozici docházelo ke zvýšené aktivaci svalů spodních zad a byla na ně vyvíjena velká zátěž. Je ovšem třeba poznamenat, že zvedaný předmět (díl) má velice malou hmotnost. Z toho důvodu je celková zátěž na spodní záda ještě v normě a neměla by vést k vážnějším úrazům i při častém vykonávání pracovní činnosti. Tento fakt ovšem nemění nic na tom, že byla daná pracovní pozice nevhodná, neboť svaly byly zatíženy častým pohybem, což vedlo ke kumulaci napětí a tenze ve svalech, jež se mohl projevit na poklesu pracovní výkonnosti operátora.

Na základě výsledků z analýzy dosahových zón (viz obrázek 6-13) bylo možné vidět, že operátor byl nucen vykonat delší pohyb pro získání dílu z KLT boxu, než bylo přirozené. Zde bylo ovšem možné dosahovou vzdálenost ovlivnit mírou, respektive hloubkou ohnutí v zádech, čímž bylo možné dosahovou vzdálenost zkrátit. Je možné tvrdit, že čím větší bude ohnutí v zádech, tím bude kratší dráha dosahu.



**Obrázek 6-13 Dosahové zóny pozice 2 – muž 95 %, [zdroj autor]**

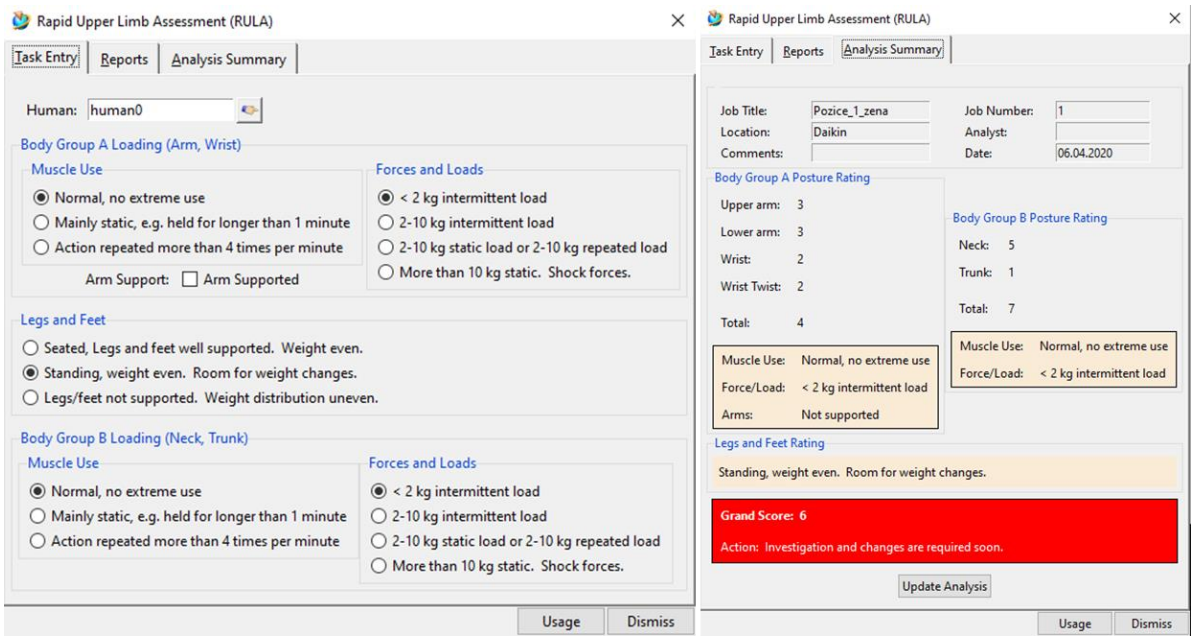
Třetí pozicí byla hlavní pracovní poloha operátora. V této pozici byla operátorem vykonávána hlavní část montáže finálního výrobku, jež byl následně položen do KLT boxu umístěného po pravé straně pracovního stolu. Samotná montáž výrobku byla provedena na montážním přípravku, který je přimontován ke stolu. Operátor zde provedl zacvaknutí stabilizační tyče mezi lamely, jež byly nasazeny na hlavním těle produktu. Zacvaknutí se provádělo prostřednictvím palce a ostatní prsty byly používány pro uchopení lamel, aby byl vyvinut tlak proti palci. Dle výsledků RULA analýzy bylo patrné, že nejvíce namáhanou částí těla byla oblast krční páteře. To bylo způsobeno tím, že operátor byl nucen neustále koukat na sestavu, jež byla umístěna v přípravku. Celkové skóre analýzy byly 3 body, což znamená, že bylo vhodné udělat v budoucnu nějaké změny na zlepšení současného stavu.

Druhá analýza byla opět zaměřena na spodní část zad a po jejím vyhodnocení bylo zjištěno, že zátěž kladená na tuto část lidského těla je plně v normě a nebylo tedy třeba dělat nějaké změny v tomto směru. Poslední analýzou byla opět analýza dosahových zón, na základě jejichž výsledků bylo stanoveno, že pracovní rovina je umístěna v dobré pozici vůči člověku a že je možné pracovní úkony provádět v přirozené poloze z hlediska dosahu.

**Průběh analýzy procesu na pracovišti SF3-P4 pro 5 % percentil ženy:**

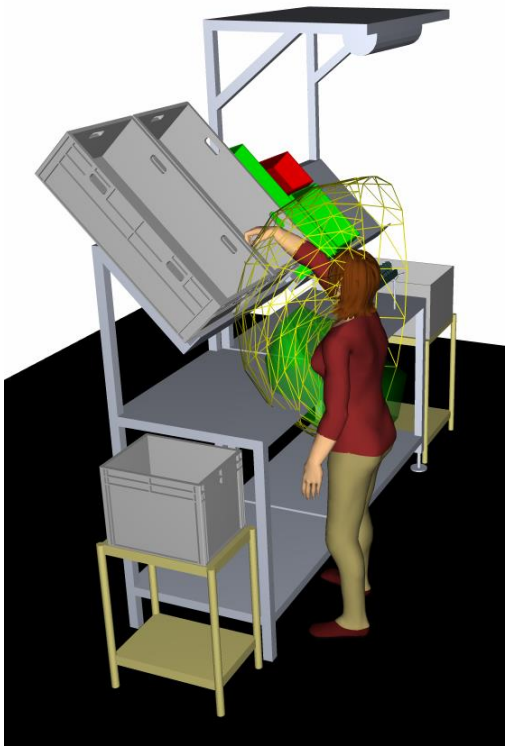
První pozice pro ženu byla analyzována úplně totožně, jako v případě mužského operátora. Byl zde tedy zahrnut stejný postoj a poloha těla a jediné co bylo změněno je velikostní percentil. Stejný princip byl aplikován i u zbylých pozic.

Nastavení a výsledky analýzy RULA, které jsou vidět na obrázku 6-14, jsou v porovnání s výsledky získanými pro muže velmi rozdílné. U ženy docházelo k mnohem většímu zatížení všech namáhaných svalových skupin, neboť byla výška ženy mnohem menší, než výška muže a tím pádem byla pro ni pracovní rovina umístěna výše. Žena se tedy musela více „natáhnout“, aby získala požadovaný díl z KLT boxu. Celkové hodnocení analýzy představovalo 6 bodů, což bylo velmi nepříznivé a bylo třeba udělat okamžité změny.



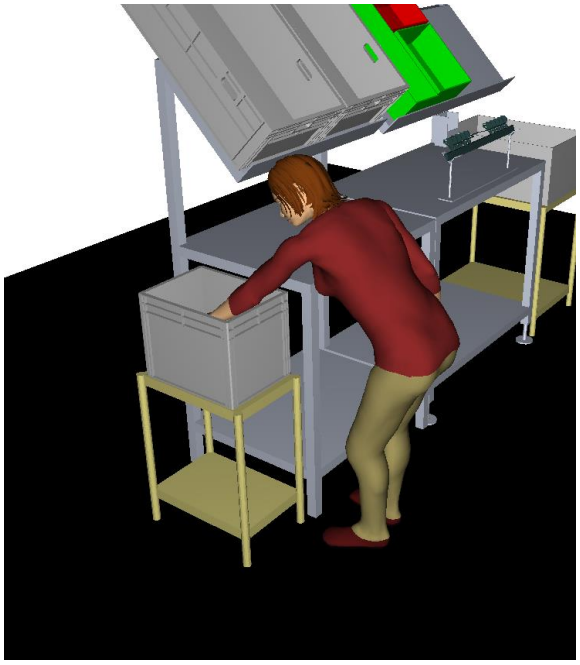

**Obrázek 6-14 Nastavení a výsledek analýzy RULA 1 pozice – žena 5 %, [zdroj autor]**

Druhá analýza zaměřená na spodní část zad byla dle výsledků podobná jako v případě mužského typu člověka a celkově výsledky vyšly této analýzy jako uspokojivé. Během zkoumání dosahových zón v poslední analýze bylo zjištěno, že pracovní rovina se nachází poměrně daleko za komfortní (zelenou) zónou a bylo tedy nemožné přirozeně dosáhnout na předmět v její úrovni. Prostor vymezených dosahových zón je znázorněn na obrázku 6-15.

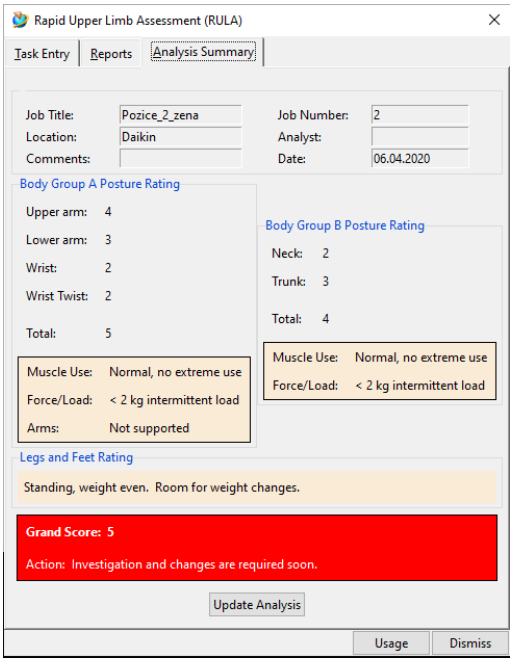


**Obrázek 6-15 Dosahové zóny pozice 1 – žena 5 %, [zdroj autor]**

Druhá pozice byla opět koncipována stejně jako v případě muže. Dle první analýzy (viz obrázek 6-16) bylo patrné, že pracovní poloha nebyla vhodná, neboť zde docházelo k nadměrnému zatěžování svalových partií, a to zejména v oblasti spodních zad, krku a také horní končetiny.

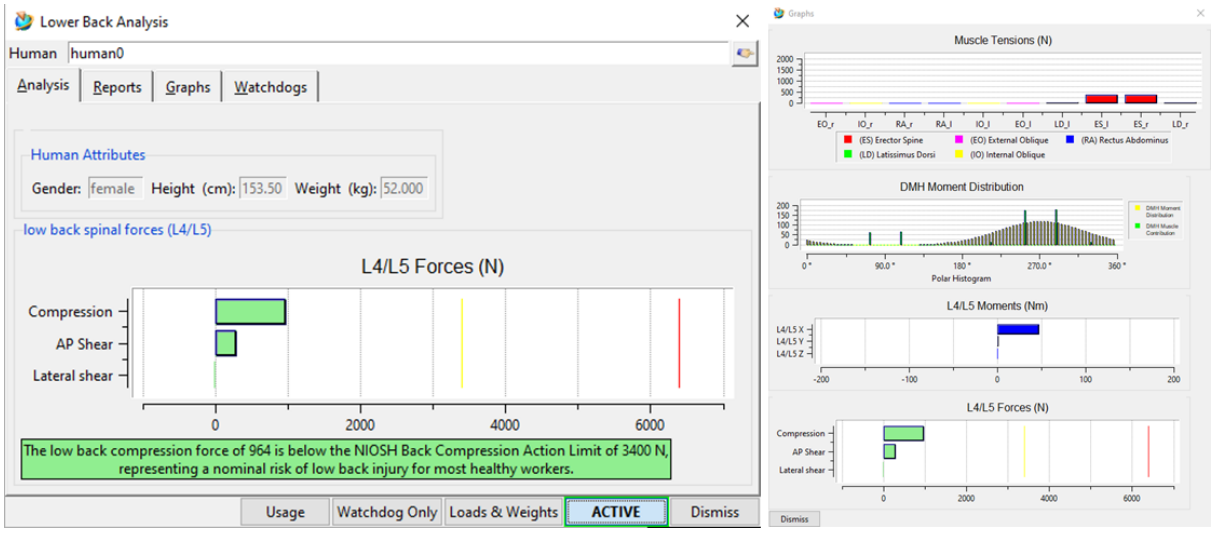


**Obrázek 6-16 Poloha pozice 2 – žena 5 %, [zdroj autor]**



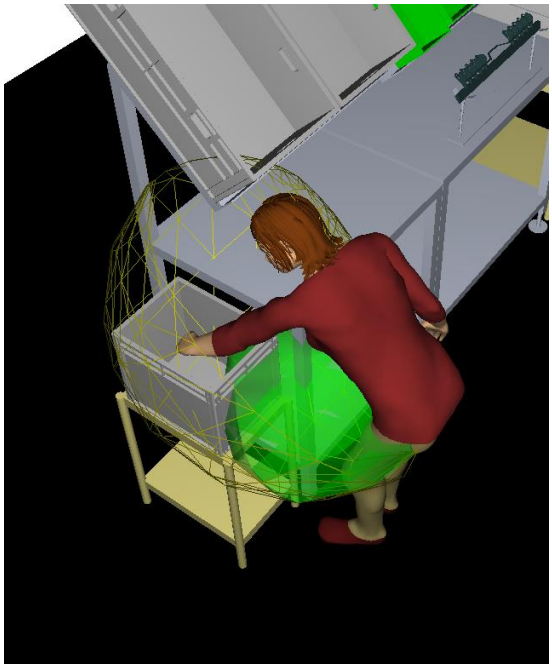

**Obrázek 6-17 Výsledek analýzy RULA 2 pozice – žena 5 %, [zdroj autor]**

Celkové skóre vyšlo 5 (viz obrázek 6-17), to znamená, že bylo třeba provést změny. Bylo ovšem nutné poznamenat, že díky nižší růstové výšce ženy, bylo toto namáhání menší než v případě muže, neboť dráha pohybu byla kratší. To bylo prokázáno také ve druhé analýze, kde výsledky pro ženu byly o něco lepší než v případě výsledků pro muže. Výsledek analýzy Lower Back je na obrázku 6-18.




**Obrázek 6-18 Výsledek analýzy Lower Back – žena 5 %, [zdroj autor]**

To samé platí také pro dosahové zóny, které byly pro ženu lépe dosažitelné. Obrázek 6-19 znázorňuje dosahové vzdálenosti v kritické poloze pro ženu s výškou 5 % percentilu. Ovšem stále byla pracovní rovina v nepříliš dobré poloze a bylo tedy třeba provést úpravy pracoviště.



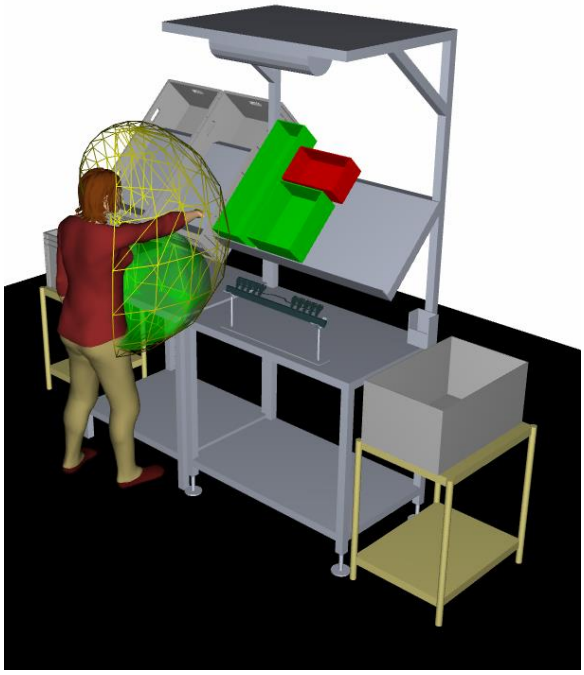
**Obrázek 6-19 Dosahové zóny pozice 2 – žena 5 %, [zdroj autor]**

Výše zmíněný průběh analýzy RULA byl vytvořen pro každé analyzované pracoviště. Pro vytvořené kritické pohyby a výrobní operace byla vytvořena vyhodnocení, ze kterých bylo možné navrhnout nápravná opatření. Nápravná opatření se týkala zejména rozměrů pracoviště a dosahových ploch. Výsledky pro 5% percentil ženy a 95% percentil muže daly základní podnět k reorganizaci a k přestavbě pracoviště.

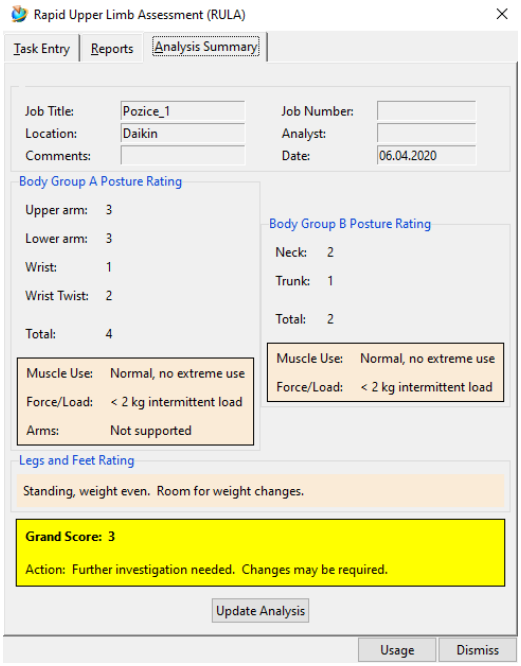
**Návrhy na úpravu pracovišť**

V případě návrhu na úpravu pracoviště byla provedena opětovná analýza metodikou RULA, která měla za úkol ověřit kladný dopad úpravy pracoviště na pracovníkovo namáhání. Každé pracoviště bylo podrobeno touto analýzou za účelem získání představy o optimalizaci pracoviště.

Například pro výše zmíněnou analýzu pracoviště SF3-P4, pro kritickou pozici č. 1, bylo pro průměrnou ženu zapotřebí KLT boxy posunout o 15 cm níže z důvodu velkého zatížení horních končetin a z důvodu špatné dosahové vzdálenosti. Výsledky analýzy RULA byly v porovnání s první analýzou, kdy byl KLT box umístěn výše, příznivější. Analýza dosahových zón je v tomto případě také lepší, pracovníci malého vzrůstu se již nemusí tolik „natahovat“ pro díly umístěné v KLT boxu. Z výsledku je patrné, že došlo ke značnému zlepšení. Ovšem v tomto případě představoval návrh pouze zlepšení pro průměrně vysokého pracovníka nikoli pro pracovníkovi konkrétní antropometrické hodnoty.



**Obrázek 6-20 Dosahové zóny pozice 1 – návrh na úpravu pracoviště, [zdroj autor]**




**Obrázek 6-21 výsledek analýzy RULA 1 pozice – návrh na úpravu pracoviště, [zdroj autor]**

### 6.4.3 Analýza MTM-1 původní

Po zpracování ergonomických analýz v softwaru Tecnomatix Jack bylo v rámci dalšího postupu nutné získat hodnotu pro 100 % produktivitu práce pracovníka, pracujícího na konkrétním pracovišti. Proto byl každému konkrétnímu pracovišti přiřazen jeden konkrétní pracovník. Následně byli všichni pracovníci pracující na pracovištích podrobeni měření své výšky a jejich antropometrické rozměry byly uvažovány v rámci analýzy MTM-1.

U každého pracovníka byla změřena výška postavy a následně byly přes kalkulovaný vzorec spočteny rozměry pracovníkova těla. Vzorec používaný pro výpočet rozměrů těla je [37]:

$$V_x = V_T \times x \qquad 6.1$$

kde:

$V_t$ … Výška těla [cm]

x … koeficient z tabulky 6-2

Po přiřazení pracovníků jednotlivým pracovištím, bylo stanoveno, že na pracovišti SF1-P5 pracuje žena o výšce 163 cm. Na pracoviště SF1-P2 byla přiřazena pracovnice o výšce 153 cm. Analyzovaná práce muže o výšce 175 cm byla na pracovišti SF2-P2. Na pracovišti SF3-P4 pracoval muž s výškou 191 cm. Montážní pracoviště SF1-P1 bylo přiřazeno muži s výškou 185 cm. A poslední pracoviště SF3-P2 obsluhoval muž s výškou 165 cm.

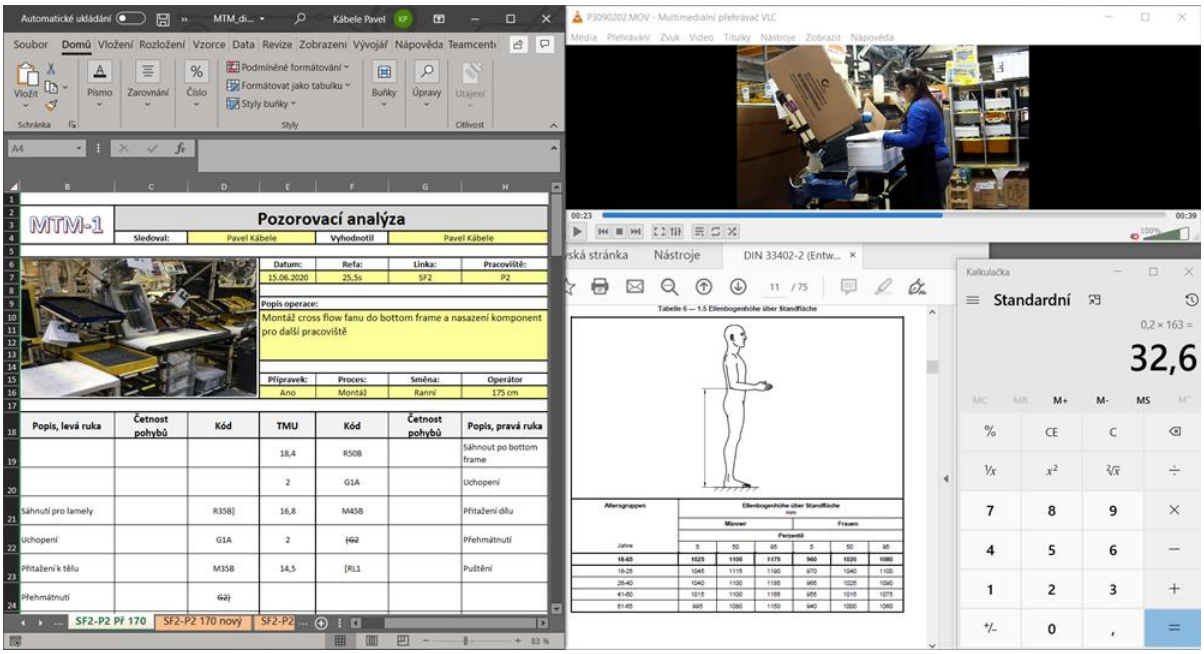
**Tabulka 6-2 Tabulka koeficientů na výpočet rozměrů těla, upraveno dle [81]**

| | koeficient | | muži - percentil | | | ženy - percentil | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| rozměry [cm] | muž [%] | žena [%] | 5. | 50. | 95. | 5. | 50. | 95. |
| 1- tělesná výška | 100 | 100 | 165 | 175 | 185,5 | 153,5 | 162,5 | 172 |
| 2 -výška očí | 94 | 93 | 153 | 163 | 173,5 | 143 | 151,5 | 160,5 |
| 3 -výška ramen | 82 | 81 | 134,5 | 145 | 155 | 126 | 134,5 | 142,5 |
| 4 - výška lokte | 62 | 62 | 102,5 | 110 | 117,5 | 96 | 102 | 108 |
| 5 - výška úchopu | 44 | 44 | 73 | 76,5 | 82,5 | 67 | 71,5 | 76 |
| 6 - výška kolen | 27 | 26 | 43 | 46 | 48 | 40 | 42,5 | 45 |
| 7 - hloubka těla | 17 | 18 | 26 | 28,5 | 38 | 24,5 | 29 | 34,5 |
| 8 - šířka ramen | 27 | 24 | 44 | 48 | 52,5 | 29,5 | 43,5 | 48,5 |
| 9 - šířka hrudníku | 22 | 23 | 37 | 40,5 | 43,5 | 34,5 | 37 | 40 |
| 10 - šířka v bocích | 21 | 23 | 34 | 36 | 38,5 | 34 | 36,5 | 40 |
| 11 - dosah dopředu od stěny | 43 | 42 | 68,5 | 74 | 81,5 | 62,5 | 69 | 75 |
| 12 - výška vsedě nad sedadlem | 52 | 53 | 85,5 | 91 | 96,5 | 81 | 86 | 91 |
| 13 - výška očí nad sedadlem | 45 | 46 | 74 | 79,5 | 85,5 | 70,5 | 75,5 | 80,5 |
| 14 - výška ramen nad sedadlem | 35 | 36 | 57 | 62,5 | 67 | 54 | 59 | 63 |
| 15 - výška lokte nad sedadlem | 14 | 14 | 21 | 24 | 28,5 | 18,5 | 23 | 27,5 |
| 16 - výška kolena | 31 | 31 | 49,5 | 53,5 | 58,5 | 46 | 50 | 54,5 |
| 17 - výška podkolení jamky | 26 | 25 | 41 | 45 | 49 | 37,5 | 41,5 | 45 |
| 18 - tlousťka stehna v sedě | 8,5 | 9 | 13 | 15 | 18 | 12,5 | 14,5 | 17,5 |
| 19 - délka loket – úchop | 20 | 20 | 32,5 | 35 | 39 | 29,5 | 31,5 | 35 |
| 20 - délka hýždě – podkolení | 28 | 30 | 45 | 49,5 | 54 | 43,5 | 48,5 | 53 |
| 21 - délka ruky dlaňová | 11 | 11 | 17,5 | 18,9 | 20,7 | 16,2 | 17,7 | 19,3 |
| 22 - délka dlaně | 6,5 | 6 | 10,4 | 11,1 | 12,1 | 9,2 | 10 | 10,8 |
| 23 - šířka dlaně | 6 | 5,5 | 9,8 | 10,7 | 11,7 | 8,2 | 9 | 9,9 |
| 24 - délka chodidla | 15 | 15 | 24,5 | 26,5 | 28,5 | 22,5 | 24,5 | 26 |
| 25 - šířka chodidla | 5,8 | 5,7 | 9,2 | 10,1 | 11,1 | 8,3 | 9,2 | 10,2 |
| 26 - délka hlavy | 11 | 11,3 | 18,5 | 19,5 | 20,5 | 17 | 18,5 | 19,5 |
| 27 - šířka hlavy | 8,8 | 9,2 | 14,5 | 15,5 | 16,5 | 14 | 15 | 16 |
| váha [kg] | | | 63,5 | 79 | 100 | 52 | 66 | 87 |

Výpočet rozměrů těla byl také kontrolován dle německé normy DIN 33402-2 (Entwurt), ve kterých se ovšem vyskytují pouze limitní osoby, tedy 5 %, 50 % a 95. % percentil pro muže a ženy.

Pro získání kalkulovaného výsledku pro 100% výkon bylo nutné dle současných rozměrů pracoviště a rozměrů pracovníka vytvořit analýzu MTM-1, která představovala původní montážní proces převedený na soubor identifikačních kódů. Tím vznikla jakási norma výkonu prováděných činností na původním pracovišti. Tato norma mohla být porovnána s reálnou normou získanou metodikou REFA.

Z důvodu obsáhlého výpočtu analýz MTM-1, jsou všechny tyto analýzy součástí příloh a tato studie popisuje pouze postup práce s jejich výsledky. V samotné práci se také vyskytují pouze zkrácené analýzy MTM-1, které souží jako názorný příklad pro celou analýzu. Postup při tvorbě analýzy MTM-1 je znázorněn na obrázku 6-22, kde je možné vidět čerpání dat z norem, výpočtu rozměrů těla, záznamu pracovního procesu a samotný zápis do formuláře.




**Obrázek 6-22 Proces při tvorbě analýzy MTM-1, [zdroj autor]**

Výsledky analýz MTM-1 pro původně prováděný proces jsou zapsány v následující tabulce.

**Tabulka 6-3 Výsledky analýz MTM-1 původní, [zdroj autor]**

| PRACOVIŠTĚ | PRACOVNÍK | VÝŠKA [cm] | Analýza MTM-1 původní [s] |
|---|---|---|---|
| SF1-P5 | Žena | 163 cm | 22,2 |
| SF1-P2 | Žena | 153 cm | 41,34 |
| SF2-P2 | Muž | 175 cm | 32,3 |
| SF3-P4 | Muž | 191 cm | 34,62 |
| SF1-P1 | Muž | 185 cm | 37 |
| SF3-P2 | Muž | 165 cm | 17,7 |

### 6.4.4 Analýza REFA původní

Mapování montážních procesů na původním pracovišti probíhalo formou videozáznamů, které byly následně rozklíčovány dle metodiky REFA. Díky využití videozáznamů bylo možné separovat činnosti, které nemají být součástí výrobního procesu. Tyto videozáznamy slouží jako doklad analyzovaných procesů a k opětovnému ověření provedených náměrů. Každé pracoviště bylo podrobeno několikahodinovému pozorování tak, aby bylo stanoveno, kdy bude proveden první videozáznam. Z tohoto náměru byl stanoven průměrný čas výroby na jeden výrobek pro konkrétního pracovníka na konkrétním pracovišti.

**Formulář pro plynulou chronometráž**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | datum : | 10.06.2020 | list č. |
| | jméno pozorovatele | Pavel Kábele | 6 Výsledek: |
| | celkový popis činnosti: | SF - EWA - 0093 - 1A - 2A | 20,0 |
| | | SF - EWA - 0075 - 1B - 2B | Směna |
| | výrobek, zakázka: | Stabilizátor BMS | pracoviště |

**Analýza**

| | |
|---|---|
| 1 | |
| 1630 | REFA |
| Ranní | |
| SF1-P5 | 7 |

| pracoviště linky (popis) | | | | | pracoviště linky (popis) | | | | | pracoviště linky (popis) | | | | | pracoviště (popis) | | | | | pracoviště linky (popis) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 Otevření jednotky a nalepení vytiské etikety. | | | | | Nasazení dvou filtrů a stisk maguchi tlačítka. | | | | | Zavření jednotky a postavení na sůl kolmo. | | | | | Odebrání digramu a stisk tlačítka. | | | | | Nalepení diagramu do jednotky a navrácení do vodorovné polohy | | | | |
| MB začátek | 3 Sáhnutí na víko | | | Puštění etikety | MB začátek | Puštění etikety | | | Puštění 2. filtru | MB začátek | Puštění 2. filtru | | | Puštění jednotky | MB začátek | Puštění jednotky | | | Položení diagramu | MB začátek | Položení diagramu | | | Puštění diagramu |
| MB konec | | | | | MB konec | | | | | MB konec | | | | | MB konec | | | | | MB konec | | | | |
| | čas | mn | $L_g$ | $t_g$ | | čas | mn | $L_g$ | $t_g$ | | čas | mn | $L_g$ | $t_g$ | | čas | mn | $L_g$ | $t_g$ | | čas | mn | $L_g$ | $t_g$ |
| 1 | 4,6 | 1 | 100% | 4,6 | 1 | 5,3 | 1 | 100% | 5,3 | 1 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 1 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 1 | 5,4 | 1 | 100% | 5,4 |
| 2 | 4,7 | 1 | 100% | 4,7 | 2 | 5,2 | 1 | 100% | 5,2 | 2 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 2 | 3,3 | 1 | 100% | 3,3 | 2 | 4,5 | 1 | 100% | 4,5 |
| 3 | 4,7 | 1 | 100% | 4,7 | 3 | 5,1 | 1 | 100% | 5,1 | 3 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 3 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 3 | 4,4 | 1 | 100% | 4,4 |
| 4 | 5,0 | 1 | 100% | 5,0 | 4 | 5,1 | 1 | 100% | 5,1 | 4 | 2,7 | 1 | 100% | 2,7 | 4 | 2,0 | 1 | 100% | 2,0 | 4 | 4,4 | 1 | 100% | 4,4 |
| 5 | 5,0 | 1 | 100% | 5,0 | 5 | 5,1 | 1 | 100% | 5,1 | 5 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 5 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 5 | 4,4 | 1 | 100% | 4,4 |
| 6 | 5,0 | 1 | 100% | 5,0 | 6 | 5,0 | 1 | 100% | 5,0 | 6 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 6 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 6 | 4,3 | 1 | 100% | 4,3 |
| 7 | 4,9 | 1 | 100% | 4,9 | 7 | 5,6 | 1 | 100% | 5,6 | 7 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 7 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 7 | 4,9 | 1 | 100% | 4,9 |
| 8 | 4,3 | 1 | 100% | 4,3 | 8 | 5,3 | 1 | 100% | 5,3 | 8 | 3,3 | 1 | 100% | 3,3 | 8 | 2,8 | 1 | 100% | 2,8 | 8 | 4,6 | 1 | 100% | 4,6 |
| 9 | 4,3 | 1 | 100% | 4,3 | 9 | 5,4 | 1 | 100% | 5,4 | 9 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 9 | 3,3 | 1 | 100% | 3,3 | 9 | 4,7 | 1 | 100% | 4,7 |
| 10 | 4,6 | 1 | 100% | 4,6 | 10 | 5,4 | 1 | 100% | 5,4 | 10 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 10 | 3,5 | 1 | 100% | 3,5 | 10 | 4,7 | 1 | 100% | 4,7 |
| 11 | 4,4 | 1 | 100% | 4,4 | 11 | 4,8 | 1 | 100% | 4,8 | 11 | 2,7 | 1 | 100% | 2,7 | 11 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 11 | 4,1 | 1 | 100% | 4,1 |
| 12 | 4,7 | 1 | 100% | 4,7 | 12 | 5,1 | 1 | 100% | 5,1 | 12 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 12 | 3,3 | 1 | 100% | 3,3 | 12 | 4,4 | 1 | 100% | 4,4 |
| 13 | 4,1 | 1 | 100% | 4,1 | 13 | 5,6 | 1 | 100% | 5,6 | 13 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 13 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 13 | 4,9 | 1 | 100% | 4,9 |
| 14 | 4,1 | 1 | 100% | 4,1 | 14 | 5,6 | 1 | 100% | 5,6 | 14 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 14 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 14 | 4,9 | 1 | 100% | 4,9 |
| 15 | 4,6 | 1 | 100% | 4,6 | 15 | 5,1 | 1 | 100% | 5,1 | 15 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 15 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 15 | 4,4 | 1 | 100% | 4,4 |
| 16 | 4,6 | 1 | 100% | 4,6 | 16 | 5,1 | 1 | 100% | 5,1 | 16 | 2,7 | 1 | 100% | 2,7 | 16 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 16 | 4,4 | 1 | 100% | 4,4 |
| 17 | 5,1 | 1 | 100% | 5,1 | 17 | 5,1 | 1 | 100% | 5,1 | 17 | 2,7 | 1 | 100% | 2,7 | 17 | 2,0 | 1 | 100% | 2,0 | 17 | 4,4 | 1 | 100% | 4,4 |
| 18 | 4,6 | 1 | 100% | 4,6 | 18 | 5,6 | 1 | 100% | 5,6 | 18 | 2,7 | 1 | 100% | 2,7 | 18 | 2,0 | 1 | 100% | 2,0 | 18 | 4,9 | 1 | 100% | 4,9 |
| 19 | 4,6 | 1 | 100% | 4,6 | 19 | 5,4 | 1 | 100% | 5,4 | 19 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 19 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 19 | 4,7 | 1 | 100% | 4,7 |
| 20 | 4,6 | 1 | 100% | 4,6 | 20 | 5,1 | 1 | 100% | 5,1 | 20 | 3,0 | 1 | 100% | 3,0 | 20 | 2,5 | 1 | 100% | 2,5 | 20 | 4,4 | 1 | 100% | 4,4 |
| 5 Ø tg | 4,6 | | | | Ø tg | 5,3 | | | | Ø tg | 2,8 | | | | Ø tg | 2,7 | | | | Ø tg | 4,6 | | | |

**Obrázek 6-23 Analýza REFA pro SF1-P5 původní, [zdroj autor]**

Rozbor vzorového formuláře pro pracoviště SF1-P5 znázorňuje obrázek 6-23. Na obrázku jsou bodovým systémem vyznačeny hlavní oblasti formuláře. Tyto oblasti popisují:

1) Základní údaje o prováděné analýze
   - Kdy byla provedena
   - Kdo ji prováděl
   - Odkaz na pracovní návod
2) Popis pracovních operací dle metodiky REFA
3) Začátek a konec operací (cyklicky uzavřený proces)
4) Časové náměry pro výrobu 20 výrobků
5) Průměrné časy jednotlivých operací
6) Souhrnný výsledek prováděného procesu – Suma průměrů
7) Název pracoviště, na kterém byla prováděna analýza a výška snímkovaného pracovníka

Na všech analyzovaných pracovištích probíhá pouze ranní směna. Ranní směna udává pracovní dobu od 6:00 do 14:00 s pauzou na oběd, která je od 10:00 do 10:30. V poledne probíhá na pracovišti ještě jedna krátká pauza od 12:00-12:10. Aby byly náměry provedeny co nejpřesněji, a tedy aby se reálný náměr blížil co nejvíce kalkulovaným hodnotám pro 100% výkon

pracovníků, byl časový interval pracovní doby rozdělen celkem na 7 časových horizontů, které ve výsledku vytváří výkonnostní křivku.

### 6.4.5 Výkonnostní křivky

Aby bylo zaručeno, že prováděné náměry metodikou REFA, budou prováděny ve správný čas, tedy v časovém intervalu, který odpovídá vrcholové produktivitě pracovníka, byly vytvořeny výkonnostní křivky.

Jejich sestavení spočívá v tom, že každý pracovník byl na svém pracovišti podroben časovým náměrům v průběhu pracovní směny. Na základě interních dat a znalostí z teorie, byl vybrán konkrétní den v pracovním týdnu. Den, ve kterém budou prováděny časové analýzy a náměry. Tímto dnem byla středa. Středa představuje vrchol pracovního týdne, pracovník by měl být ještě odpočatý z víkendového volna a zároveň dostatečně zapracovaný ve výrobním procesu.

Odvedení výkonu člověka je závislé na pracovní schopnosti a připravenosti podávat maximální výkony. Pracovní schopnost se mění mimo jiné praxí a únavou. Vedle toho existuje autonomní – regulační mechanismus, který lidské tělesné funkce v průběhu dne pravidelně přepíná z pracovní fáze na klidovou fázi. Klidová fáze se dá chápat například jako přestávka.

Pro vytvoření výkonnostních křivek bylo nutné pracovní dobu rozdělit na časové intervaly. Tyto intervaly stanovují rozmezí, ve kterém byly provedeny časové náměry. Tabulka 6-4 popisuje tři hlavní intervaly.

**Tabulka 6-4 Časové intervaly pracovní směny, [zdroj autor]**

| | |
|---|---|
| **<Nástup; Pauza oběd>** | 6:00 – 10:00 |
| **<Pauza oběd; Pauza>** | 10:30 – 12:00 |
| **<Pauza; Konec>** | 12:10 – 14:00 |

Při plánovaní časových náměrů bylo rozhodnuto, že bude vždy k mezní hodnotě připočten čas na náběh pracovních činností. První náměr REFA byl tedy pořízen v časovém rozmezí 7:00 – 9:30. Druhý náměr REFA mezi 11:00 – 11:30 a třetí náměr v časovém intervalu 13:00 – 13:30. Konečná hodnota měřených časových intervalů byla stanovena vždy na -30 min od konečné hodnoty.

Vytvořené výkonnostní křivky představují předpokládaný pracovní výkon v době krajních hodnot stanovených intervalů. V tomto případě je možné si pod pojmem maximální pracovní výkon představit plnění stanovené pracovní normy na 100 %. Celkem byl naměřen každý pracovník v různých časových intervalech na stejném výrobku během 3 pracovních směn. Získané průměry náměrů REFA byly porovnávány s vytvořenou analýzou MTM-1 pro původní soubor pohybů a také se stanovenou interní normou. Tato norma byla spočtena na základě čistého produktivního času a počtu požadovaných výrobků stanoveným oddělením plánování. Oddělení plánování stanovuje množství požadovaných výrobků na základě dlouhodobého pozorování, ověřování a získávání interních dat.

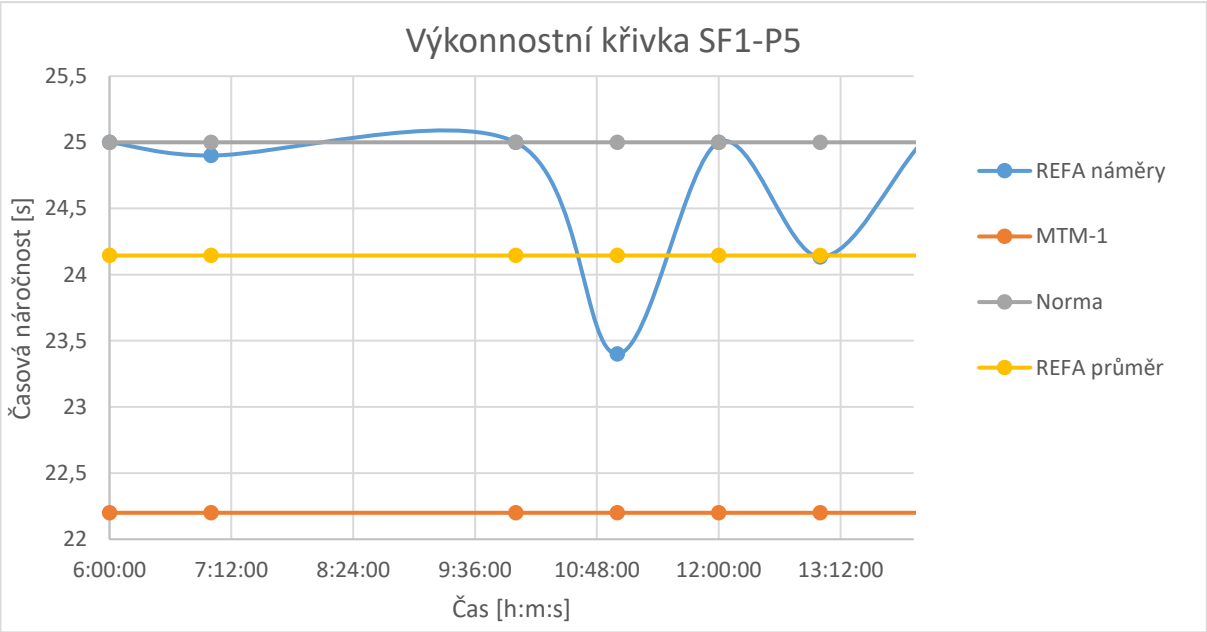
Souhrn hodnot pro pracoviště SF1-P5 je v tabulce 6-5. Náměry jsou pojmenovány jako REFA 1-3. Všechny měřené či kalkulované hodnoty jsou uváděny v sekundách.

**Tabulka 6-5 Hodnoty pro výkonnostní křivku SF1-P5, [zdroj autor]**

| | Nástup | REFA 1 | Oběd | REFA 2 | Pauza | REFA 3 | Konec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Čas | 6:00:00 | 7:00:00 | 10:00:00 | 11:00:00 | 12:00:00 | 13:00:00 | 14:00:00 |
| REFA náměry | 25 | 24,9 | 25 | 23,4 | 25 | 24,1 | 25 |
| MTM-1 | 22,2 | 22,2 | 22,2 | 22,2 | 22,2 | 22,2 | 22,2 |
| Norma | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| REFA průměr | 24,1 | 24,1 | 24,1 | 24,1 | 24,1 | 24,1 | 24,1 |

Sestavená výkonnostní křivka je vytvořena z časového průběhu pracovního dne na ose *x* a na ose *y* z časových náměrů provedených metodikou REFA.

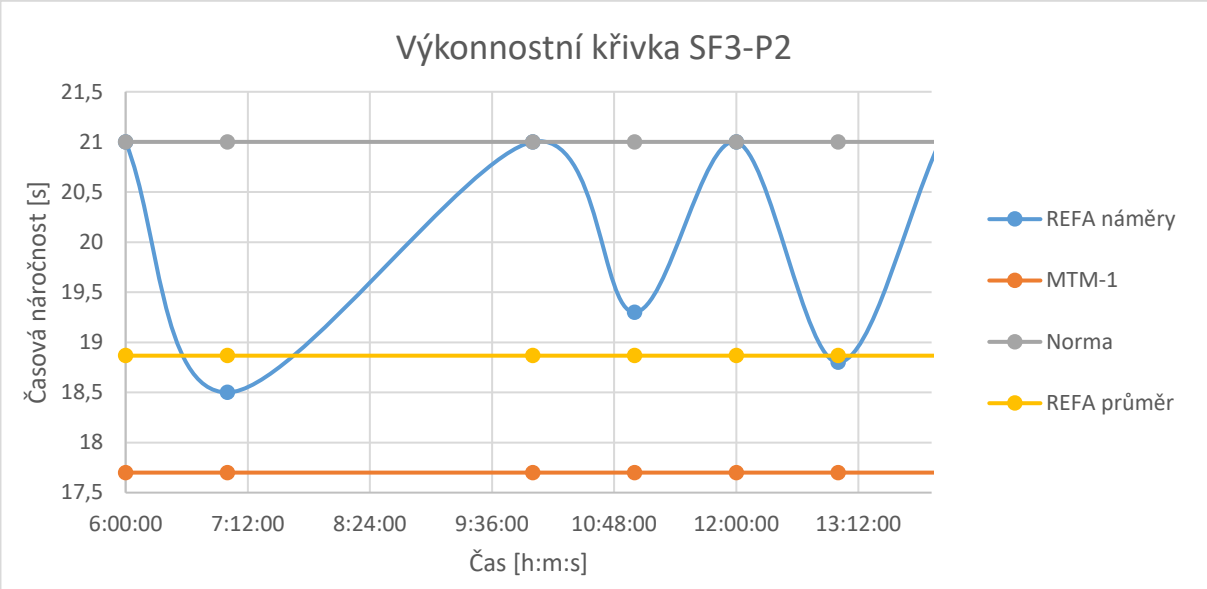
**Graf 6-1 Výkonnostní křivka pracoviště SF1-P5, [zdroj autor]**




Z grafu 6-1 je možné vidět, že pracovníkova nejefektivnější doba z pracovní směny je mezi pauzou na oběd a odpolední pauzou, protože tehdy pracuje nejrychleji, ovšem nepřesahuje 100 % výkon. Pro porovnání je v tomto grafu zanesena hodnota MTM-1, která představuje 100 % výkon. Dále je možné z grafu vyčíst, že nastavená norma je nadhodnocena a bylo by možné zvýšit produktivitu pracoviště snížením pracovní normy. V případě pracoviště SF1-P5 je, možné pozorovat jasně zřetelný nárust výkonnosti. U jiných pracovišť to ovšem tak jasné není, například pracovník na pracovišti SF3-P2 pracuje celou směnu rychleji, než je stanovená norma práce. Hodnota MTM-1 sice neudává, že pracuje více než na 100 %, ale z výsledku vychází, že může vytvářet buffery výrobků pro další pracoviště. Tento jev je způsoben nesprávně nastavenou normou. Informace o chybě v organizaci práci byla předána vedoucím úseku. Tento případ je možné řešit například balancováním pracovních úkolů na tomto pracovišti.

Graf 6-2 znázorňuje průběh výkonnostní křivky na pracovišti SF3-P2. Na tomto pracovišti byl jako ideální interval pro provádění časových náměrů zvolen čas od 7:00 do 8:00.

**Graf 6-2 Výkonnostní křivka pracoviště SF3-P2, [zdroj autor]**




Tabulka 6-6 obsahuje kompletní hodnoty při vytváření výkonnostních křivek. Hodnota rozdílu představuje rozdíl mezi průměrem REFA a hodnotou MTM-1. Z této hodnoty je vypočten současný výkon. Maximální výkon reprezentuje minimální hodnotu náměrů REFA vůči MTM-1, tedy porovnání nejrychlejšího reálného náměru REFA vůči hodnotě MTM-1.

**Tabulka 6-6 Výsledná tabulka výkonnostních křivek, [zdroj autor]**

| | REFA 1 [s] | REFA 2 [s] | REFA 3 [s] | Prům REFA | MTM-1 [s] | Pracovník | Rozdíl [s] | Norma [s] | %MAX | Výkon současný |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SF1-P5 | 24,9 | 23,4 | 24,1 | 24,1 | 22,2 | 163 cm | -1,9 | 25 | 94,9% | 92,0% |
| SF1-P2 | 43,0 | 43,0 | 43,5 | 43,2 | 41,34 | 153 cm | -1,8 | 45 | 96,1% | 95,8% |
| SF2-P2 | 37,0 | 31,8 | 35,1 | 34,6 | 32,3 | 175 cm | -2,3 | 35 | 101,6% | 93,3% |
| SF3-P4 | 38,5 | 38,0 | 37,1 | 37,9 | 34,62 | 191 cm | -3,2 | 38 | 93,3% | 91,4% |
| SF1-P1 | 39,0 | 40,5 | 39,5 | 39,7 | 37 | 185 cm | -2,7 | 40 | 94,9% | 93,3% |
| SF3-P2 | 18,5 | 19,3 | 18,8 | 18,9 | 17,7 | 165 cm | -1,2 | 21 | 95,7% | 93,8% |

Z výsledků z tabulky 6-6 bylo stanoveno, že:

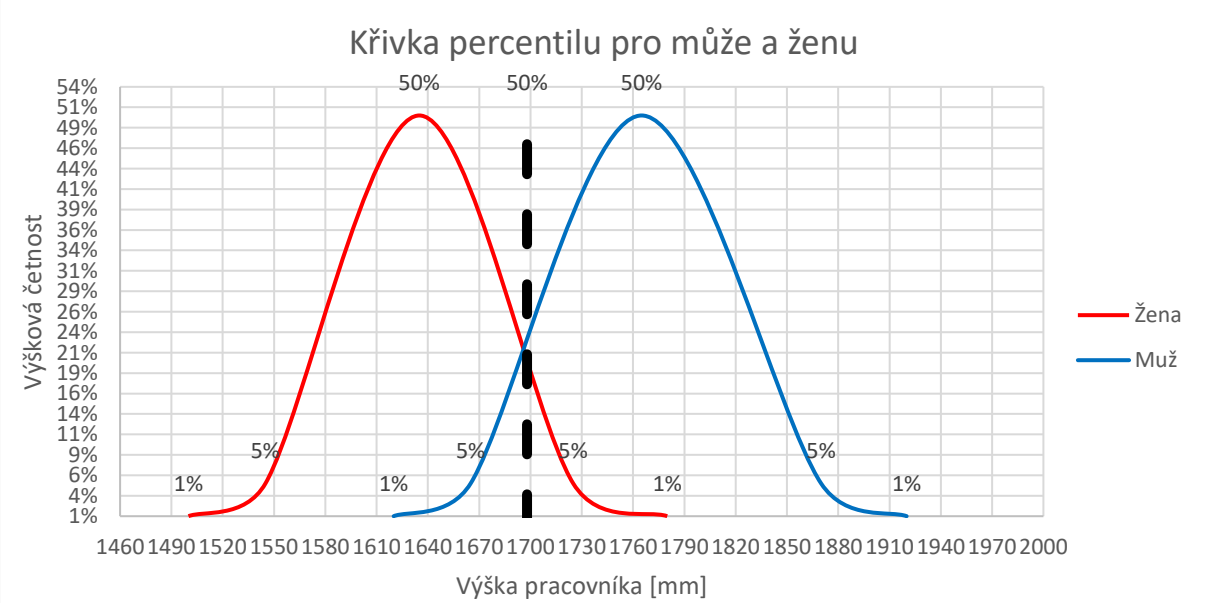
- Náměry operátora 163 cm budou probíhat od 10:45 do 11:15
- Náměry operátora 153 cm budou probíhat od 7:00 do 7:45
- Náměry operátora 175 cm budou probíhat od 10:45 do 11:15
- Náměry operátora 191 cm budou probíhat od 13:00 do 13:30
- Náměry operátora 185 cm budou probíhat od 7:00 do 7:45
- Náměry operátora 165 cm budou probíhat od 7:00 do 7:45

## 6.5 Křivka percentilu

Celá studie pracuje s antropometrií pracovníků. Právě antropometrické rozdělení hraje významnou roli při nastavování pracovních podmínek. Percentil je hodnota proměnné, pod níž spadá určité procento pozorovaných. Odkazuje na pozici jednotlivce v daném referenčním rozdělení. Percentily jsou snáze srozumitelné a použitelné v praxi. Nejčastěji uvádí dostupná literatura křivky percentilů pro pediatrické účely.

Percentil určuje, že očekávané procento populace by mělo být nad (nebo pod) hodnotou výškového bodu. Ve statistikách se pojem percentil řadí často jako statistický popis při vykazování skóre z testů podle norem. Percentily jsou často graficky znázorňovány pomocí normální křivky. Křivku sestavenou na základě hodnot dostupných v normě DIN 33402-2 je na grafu 6-3.

**Graf 6-3 Křivka percentilu žena x muž, [zdroj autor]**

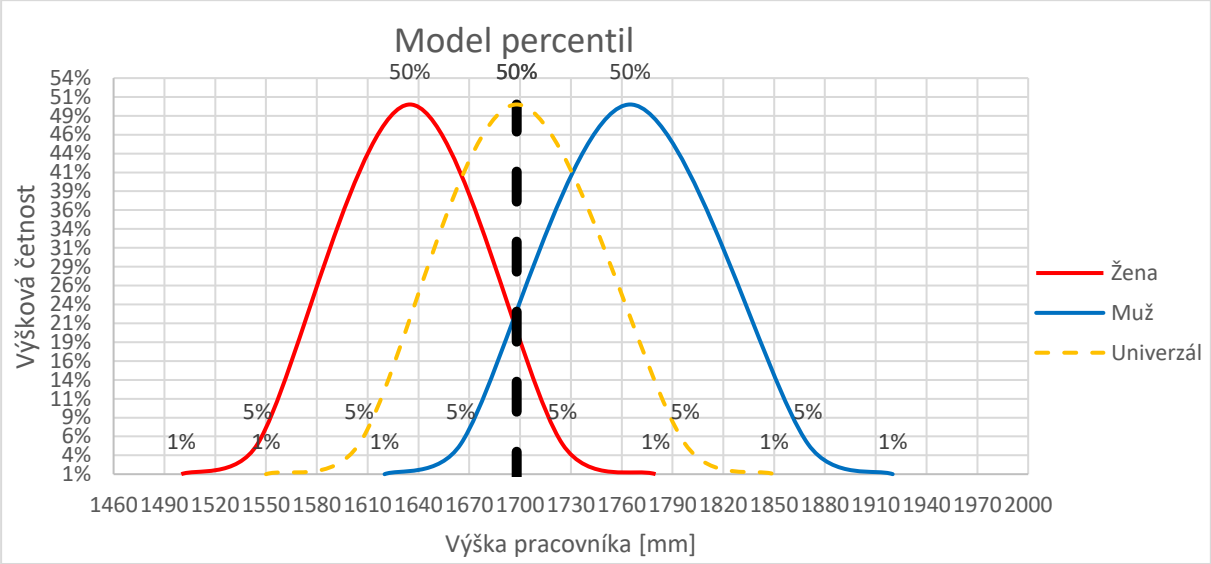



Křivka udává ucelený pohled na rozdělení populace na muže a ženy a na jejich kalkulaci dle výškového percentilu. Například pro ženu vysokou 155 cm percentil představuje 5 %, což znamená, že pouze 5 % ženské populace je nižších než 155 cm. Na druhou stranu u může 5 % pro 186 cm představuje hodnotu, kdy pouze 5 % mužské populace je vyšších než 186 cm. Percentily 50 % u obou pohlaví udávají průměrnou výšku pro muže a ženu. Toto rozdělení ovšem oponuje genderové politice. Tato práce má za úkol stanovit křivku výkonu pro pracovníky bez rozdílu na pohlaví, proto bylo důležité stanovit jejich průměr.

Důležitá hodnota z grafu 6-3 vzniká průnikem obou křivek. Tato hodnota je znázorněna čárkovanou čárou a představuje hodnotu 170 cm. Tato hodnota tedy udává výšku průměrného pracovníka bez ohledu na pohlaví. Je to tedy jakýsi kalibr, který bude udávat nastavení pracoviště pro antropometrické hodnoty pracovníka měřícího 170 cm.

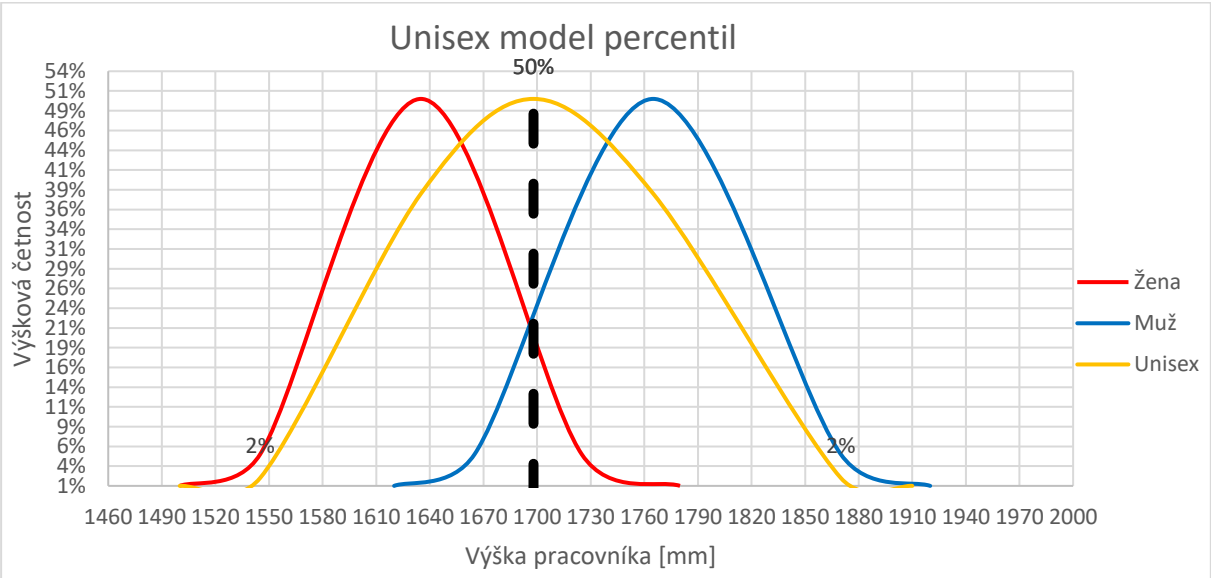
Pokud by došlo k sestavení křivky na základě průměrných hodnot nad výškou pracovníka 170 cm, tak by výsledný graf vypadal následovně.

**Graf 6-4 Křivka percentilu univerzál, [zdroj autor]**




Hodnoty pro univerzální křivku z grafu 6-4 by bylo nesprávné použít. Jednalo by se pouze o přenesený graf pro univerzálního člověka. Jestliže se mají vzít v úvahu všechny hraniční hodnoty a má být sestavena nová křivka vycházející z hodnot populace, tak je nutné tyto hraniční hodnoty zanechat a sestavit novou křivku. Ta vznikne spojením křivek pro muže a pro ženy. Výsledná křivka je zobrazena na grafu 6-5 a vytváří tak normální funkci pro unisex percentil. Unisex představuje název pro graf, který je ohraničen mezními hodnotami pro muže a ženu.

**Graf 6-5 Křivka percentilu unisex, [zdroj autor]**



Ze sestaveného grafu je patrné, že vrchol představuje univerzální výška 170 cm. Následně dochází k poklesu, ovšem oproti původnímu rozdělení je toto klesání pozvolné z důvodu složení statistických křivek. Výsledný graf lze použít pro odečtení percentilu vůči univerzálnímu nastavení pracoviště. Zároveň lze růstovou referenci použít k porovnání jednotlivce vůči skupinové výšce.

## 6.6 Optimalizace pracoviště na univerzální nastavení

Pro získání představy o zlepšení či zhoršení výkonnostních hodnot bylo nutné upravit pracoviště tak, aby odpovídalo antropometrickým rozměrům univerzálního pracovníka, tedy pracovníka měřícího 170 cm. V takovém případě je univerzální pracoviště pro pracovníka měřícího 170 cm přímo **komfortní**. Zároveň by toto pracoviště mělo představovat základní nastavení každého pracoviště ve všech společnostech, kde dochází ke střídání na těchto pracovních pozicích mezi muži a ženami, a zároveň kde tyto společnosti nechtějí nebo nemohou investovat finance do komfortně nastavitelných pracovišť. Univerzální výška pracovníka byla stanovena na základě průměru mezi univerzální výškou ženy a muže. Tím je zaručeno zachování genderové politiky.

Při nastavení bylo vycházeno z normy DIN 33402-2, kde jsou jasně popsány rozměry těla pro takto vysokou osobu.

Simulace analýzy RULA poskytly značnou představu o způsobu úprav pracovišť tak, aby vyhovovaly 50 % percentilu unisex pracovníka, viz graf 6-5.

### 6.6.1 **Analýza MTM-1 univerzální**

Analýza MTM-1 je vytvořena tak, aby fungovala jako jakási predikce neboli plán na výstavbu pracoviště. Jak již bylo popsáno v teoretické části, tak její správné využití spočívá hlavně v analýzách před stavbou a přípravou pracoviště. Právě touto metodou došlo k výpočtu 100 % výkonu pracovníka na univerzálním pracovišti.

Každé pracoviště a každý pracovní proces byl podroben detailnímu kalkulovanému rozpadu a na základě antropometrických hodnot byla sestavena soustava identifikačních kódů, jejímž výsledkem byla časová náročnost pracovního procesu pro univerzálního pracovníka na konkrétním pracovišti.

V nejideálnější případech by každá společnost mající pracoviště, kde dochází k rotaci pracovníků a zároveň, kde je výroba zaměřená na sériovou výrobu, měla využívat detailní rozbory pomocí metodiky MMT-1 nebo MOST (Maynard Operation Sequence Technique) a kalkulovat každý proces pro univerzálního pracovníka. Tím by byla zaručena stoprocentní časová norma, která by udávala etalon pro pořizující náměry a hodnocení výkonu každého pracovníka by pak spočívalo na porovnání skutečných náměrů vůči kalkulované hodnotě.

Rozdíly mezi původní analýzou MTM-1 a univerzální, byly hlavně ve změně vzdáleností. Bylo nutné počítat s jinou výškou pracovní roviny a dle délky paže unisex pracovníka (170 cm) nastavit vzdálenosti dosahových míst. Konkrétně došlo ke změnám u operací Sáhnout, které

jsou pod označením R a u činností Přemístit, které jsou označovány pod kódem M. Při sestavování kódů bylo zapotřebí kalkulovat s velikostí manipulovaných dílů, se kterými je otáčeno nebo jinak manipulováno.

**Tabulka 6-7 Hodnoty MTM-1 univerzální, [zdroj autor]**

| PRACOVIŠTĚ | Prům REFA původní [s] | Analýza MTM-1 původní [s] | Analýza MTM-1 univerzální [s] |
|---|---|---|---|
| SF1-P5 | 24,1 | 22,2 | **18,8** |
| SF1-P2 | 43,2 | 41,34 | **30,7** |
| SF2-P2 | 34,6 | 32,3 | **23,6** |
| SF3-P4 | 37,9 | 34,62 | **29** |
| SF1-P1 | 39,7 | 37 | **33** |
| SF3-P2 | 18,9 | 17,7 | **15,1** |

Výsledné hodnoty analýz MTM-1 pro univerzální pracoviště jsou zapsány v tabulce 6-7. V této tabulce je také možné vidět porovnání mezi původním náměrem REFA, původní analýzou MTM-1 a analýzou vytvořenou pro univerzální nastavení – pro pracovníka měřícího 170 cm. Hodnota univerzálního nastavení pro univerzálního pracovníka je brána jako 100 % hodnota výkonu, kterou by měl dosáhnout každý pracovník měřící 170 cm. Výsledná hodnota analýzy MTM-1 univerzální je čas, který odpovídá 100 % výkonnosti konkrétního pracovníka na univerzálně nastaveném pracovišti.

### 6.6.2 Analýza REFA univerzální

Pro získání časových hodnot REFA na univerzální rovině bylo nutné všechna pracoviště nastavit dle požadovaných rozměrů pro univerzálního pracovníka. Zejména se jedná o změnu výšky pracovního stolu. Nově nastavená rovina pracovní desky stolu se nachází ve výšce 90 cm nad zemí. Tato hodnota vychází z univerzální výšky pracovní desky 105 cm. Ovšem tato výška je pro manipulaci a kontrolu velmi malých dílů. Na základě vybraný procesů a montovaných dílů bylo zvoleno snížení montážní roviny o 15 cm což odpovídá normovaným regulím pro přizpůsobení pracovní výšky. Zdroje udávají rozmezí mezi 5-20 cm podle složitosti a velikosti montovaného dílu.

Při porovnání původního nastavení pracovního stolu a návrhu na univerzální nastavení došlo ke značným rozměrovým úpravám. Změna z původního na univerzální nastavení, tedy komfortní pro antropometrické rozměry univerzálního pracovníka měřícího 170 cm, činí:

- SF1-P5: původní 943 mm ⟶ univerzální 1050–150 = 900 mm
- SF1-P2: původní 870 mm ⟶ univerzální 1050–150 = 900 mm
- SF2-P2: původní 943 mm ⟶ univerzální 1050–150 = 900 mm
- SF3-P4: původní 943 mm ⟶ univerzální 1050–150 = 900 mm
- SF1-P1: původní 970 mm ⟶ univerzální 1050–150 = 900 mm
- SF3-P2: původní 943 mm ⟶ univerzální 1050–150 = 900 mm

Po nastavení každého pracoviště na univerzální výšku a dosahové vzdálenosti byl proveden časový náměr 20 dílů na každém pracovníkovi. Jedná se tedy celkem o 36 časových náměrů, tedy 6 pracovníků na šesti pracovištích.

Součástí příloh této studie je vytvořený soubor, který je pojmenovaný jako *REFA-170 pracoviště* (+ název konkrétního pracoviště). V každém tomto souboru ve formátu xls. je celkem šest listů které mají ve své hlavičce vždy uvedeno, pro kterého pracovníka byl náměr proveden. Získání těchto náměrů mělo za cíl získat představu o tvaru křivky při posuzování výkonu v rámci nastavení pracoviště.

V tabulce 6-8 je ve sloupci Univerzál REFA uvedena průměrná hodnota času stráveného výrobou jednoho dílu. Tento průměr odpovídá vždy konkrétnímu pracovníkovi. Každému pracovníkovi byly stanoveny intervaly pro provádění časového měření v kapitole 6.4.5. Proto byly ve stanovených intervalech provedeny časové náměry.

**Tabulka 6-8 Hodnoty REFA univerzální, [zdroj autor]**

| PRACOVIŠTĚ | Prům REFA původní [s] | Analýza MTM-1 původní [s] | Analýza MTM-1 univerzální [s] | Univerzál REFA [s] | Výška pracovníka [cm] | Percentil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SF1-P5 | 24,1 | 22,2 | 18,8 | **20** | 163 | 35% |
| SF1-P2 | 43,2 | 41,34 | 30,7 | **32,4** | 154 | 2% |
| SF2-P2 | 34,6 | 32,3 | 23,6 | **24,4** | 175 | 60% |
| SF3-P4 | 37,9 | 34,62 | 29 | **31,6** | 191 | 99% |
| SF1-P1 | 39,7 | 37 | 33 | **35,2** | 185 | 92% |
| SF3-P2 | 18,9 | 17,7 | 15,1 | **16,1** | 165 | 44% |

### 6.6.3 Výpočet koeficientu pro převod MTM-1 na REFA

Aby mohl být sestaven odpovídají graf, bylo nutné porovnat stejné hodnoty. Při sestavení grafu na základě dat z analýzy REFA a porovnání s výsledky z analýzy MTM-1 by docházelo k výrazným rozdílům, proto byl vypočten koeficient, který přepočítal hodnoty MTM-1 na hodnotu blížící se reálnému obrazu REFA. Tento koeficient byl vyjádřen z podílů hodnot REFA univerzál a MTM-1 univerzál pro každého konkrétního pracovníka na konkrétním pracovišti.

Z tabulky 6-8 je například pro pracoviště SF1-P5 dílčí hodnota koeficientu následující:

$$koef_1 = \frac{REFA\ uni}{MTM-1\ uni} \times 100 \qquad 6.2$$

kde po dosazení:

$$koef_1 = \frac{20}{18{,}8} \times 100 = 1{,}06 \qquad 6.3$$

Výsledná hodnota představuje procentuální rozdíl mezi hodnotou REFA univerzál a MTM-1 univerzál. Pro výpočet samotného koeficientu bylo nutné vypočítat dílčí koeficienty pro všechny pracoviště a z nich vytvořit průměrnou hodnotu. Tento výpočet popisuje rovnice 6.4.

$$koef = \frac{koef_1 + koef_2 + koef_3 + koef_4 + koef_5 + koef_6}{6} \quad 6.4$$

Výsledek rovnice 6.5 představuje hodnotu koeficientu pro přepočet hodnoty MTM-1 na hodnotu REFA.

$$koef = \frac{106 + 106 + 103 + 109 + 107 + 106}{6} = 106 \quad 6.5$$

Na základě výpočtu je tedy možné tvrdit, že hodnota REFA pro univerzální pracoviště a konkrétního pracovníka je v průměru o 6 % vyšší než hodnota MTM-1 na univerzálním pracovišti pro stejného pracovníka.

Výsledný koeficient bude vynásoben s hodnotou MTM-komfort, která představuje 100 % výkon pracovníka na jemu přizpůsobeném pracovišti.

## 6.7 Optimalizace pracoviště na komfortní nastavení

V této kapitole je popsán postup analýz a výsledek optimalizace pracoviště dle komfortně upravených pracovišť. V rámci těchto analýz bylo právě vždy jednomu pracovníkovi jeho pracoviště upraveno tak, aby vyhovovalo ergonomickým a pracovníkovým požadavkům. Pro každý pracovní proces bylo nutné vytvořit přesnou analýzu identifikačních kódů MTM-1, která slouží jako hlavní norma pro stanovení 100 % výkonu.

### 6.7.1 **Analýza MTM-1 komfortní**

Při úpravě pracoviště bylo nutné přesně vykalkulovat antropometrické rozměry každého pracovníka. Postup těchto výpočtů je popsán v kapitole 6.4.3. Práce s německou normou DIN 33402-2 dala základ pro správné nastavení každého pracoviště. Při sestavování identifikačních kódů je nutné uvažovat s maximální přesností. Pracovní postupy jsou minimalizovány dle tabulkových hodnot, ve kterých dochází k eliminaci zbytečných pohybů. Velký důraz je také kladen na paralelní operace či činnosti, které umožňují provádět pracovníkovi více operací současně. Tím dochází oproti datům z analýzy MTM-1 původní k velkým redukcím. Výsledné hodnoty analýz MTM-1 komfort jsou popsány v tabulce 6-9.

**Tabulka 6-9 Hodnoty MTM-1 komfort, [zdroj autor]**

| PRACOVIŠTĚ | Výška pracovníka [cm] | Prům REFA původní [s] | Analýza MTM-1 původní [s] | Analýza MTM-1 univerzální [s] | Univerzál REFA [s] | MTM komfort [s] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SF1-P5 | 163 | 24,1 | 22,2 | 18,8 | 20 | **18,0** |
| SF1-P2 | 154 | 43,2 | 41,34 | 30,7 | 32,4 | **26,1** |
| SF2-P2 | 175 | 34,6 | 32,3 | 23,6 | 24,4 | **23,2** |
| SF3-P4 | 191 | 37,9 | 34,62 | 29 | 31,6 | **24,3** |
| SF1-P1 | 185 | 39,7 | 37 | 33 | 35,2 | **30,0** |
| SF3-P2 | 165 | 18,9 | 17,7 | 15,1 | 16,1 | **14,8** |

Při porovnání mezi MTM-1 původní a MTM-1 komfort došlo ke značnému zlepšení. Je důležité si uvědomit, že ve strojním průmyslu, který je soustředěn na sériovou či hromadnou výrobu s výrobním taktem do 45 sekund, je i optimalizace v řádech jednotek sekund velmi významná. Taková optimalizace vede k lepší efektivitě a flexibilitě výrobní produkce. Rozdíly mezi MTM-1 univerzál a MTM-1 komfort jsou tak patrné a jsou ku prospěchu komfortního nastavení. Je tedy možné tvrdit, že nastavení komfortu pracoviště přináší vyšší efektivitu, ovšem toto tvrzení je zatím pouze kalkulované a je nutné ho ověřit. Nicméně hodnoty MTM-1 komfort představují hodnotu, která je pro každé pracoviště uvažována jako 100 % výkonová norma. Dá se tedy předpokládat, že pokud má zaškolený pracovník nastavené každé z těchto pracovišť pro své antropometrické rozměry, neměl by nikdy překročit vykalkulované hodnoty. Pokud by tyto hodnoty byly překročeny, dochází k přetěžování organismu vlivem pracovního výkonu přes 100 % a hrozí některá z pracovních nemocí.

### 6.7.2 Analýza REFA komfortní

Při přestavbě pracovišť bylo nutné každému pracovníkovi individuálně nastavit pracoviště dle rozměrů, se kterými bylo kalkulováno v analýze MTM-1 komfort. Všechny tyto vzdálenosti byly optimalizovány tak, aby co nejvíce vyhovovaly každému pracovníkovi. Dalším krokem po přestavbě pracoviště bylo představení nového uspořádání pracovníkům a zaškolení každého pracovníka dle výrobního postupu stanoveném analýzou MTM-1 komfort. Tím byl stanoven přesný montážní postup pro každé pracoviště a časové hodnoty REFA komfort měly přesný časový cíl.

Při porovnání původního nastavení pracovního stolu, univerzálního nastavení a konečného komfortního nastavení došlo ke značným rozměrovým úpravám. Stejně jako tomu bylo v případě univerzálního nastavení, tak i pro komfortní byla zvolena hodnota o 15 cm nižší než výška montážního pracoviště udávaného normou. Toto snížení představuje prostor na manipulaci s rozměrnějším dílem a na montáž, při které není tolik kladen důraz na kontrolu a složitost operace. Změna z původní přes univerzální na komfortní nastavení pracovní výšky stolu je:

- SF1-P5: původní 943 mm → univerzální 900 mm → komfortní 840 mm
- SF1-P2: původní 870 mm → univerzální 900 mm → komfortní 800 mm

- SF2-P2: původní 943 mm → univerzální 900 mm → komfortní 950 mm
- SF3-P4: původní 943 mm → univerzální 900 mm → komfortní 1130 mm
- SF1-P1: původní 970 mm → univerzální 900 mm → komfortní 1080 mm
- SF3-P2: původní 943 mm → univerzální 900 mm → komfortní 890 mm

Po nastavení každého pracoviště na komfortní výšku a dosahové vzdálenosti dle ergonomických norem, byl proveden časový náměr výroby 20 dílů na každém pracovníkovi.

Součástí příloh této studie je pro každé pracoviště soubor, který je pojmenovaný jako *REFA-komf* (+ název konkrétního pracoviště). V každém tomto souboru ve formátu xls. je náměr konkrétního pracovníka na jemu přiděleném pracovišti.

V tabulce 6-10 je ve sloupci Komfort REFA uvedena průměrná hodnota času stráveného výrobou jednoho dílu. Tento průměr odpovídá vždy konkrétnímu pracovníkovi a jemu přizpůsobenému pracovišti, kdy na základě individuálního časového intervalu, který vyšel z vyhodnocení výkonnostních křivek kapitola 6.4.5, proběhly časové náměry.

**Tabulka 6-10 Hodnoty REFA komfort, [zdroj autor]**

| PRACOVIŠTĚ | Výška pracovníka [cm] | Prům REFA původní [s] | Analýza MTM-1 původní [s] | Analýza MTM-1 univerzální [s] | Univerzál REFA [s] | MTM komfort [s] | Komfort REFA [s] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SF1-P5 | 163 | 24,1 | 22,2 | 18,8 | 20 | 18,0 | **19** |
| SF1-P2 | 154 | 43,2 | 41,34 | 30,7 | 32,4 | 26,1 | **27,5** |
| SF2-P2 | 175 | 34,6 | 32,3 | 23,6 | 24,4 | 23,2 | **23,9** |
| SF3-P4 | 191 | 37,9 | 34,62 | 29 | 31,6 | 24,3 | **26** |
| SF1-P1 | 185 | 39,7 | 37 | 33 | 35,2 | 30,0 | **31** |
| SF3-P2 | 165 | 18,9 | 17,7 | 15,1 | 16,1 | 14,8 | **15,7** |

Z tabulky 6-10 je jasně patrné, jak došlo k optimalizaci výrobního procesu. Časové náměry téměř odpovídají hodnotám MTM-1 komfort. Rozdíl může mít za příčinu nedostatečný zácvik nebo přerušovanou výrobu. Velký důraz při provádění náměrů byl kladen na pracovní zatížení. Pracovníci měli za úkol pracovat přirozeně a nesnažit se být ovlivnění pozorovatelem.

Při nastavování pracoviště na komfortní stupeň, byly velkým zdrojem informací k úpravám pracoviště výstupy z analýz RULA pro 5 % a 95 % percentil. Hodnota těchto percentilů se vlivem unisex nastavení změnila na 2 % a 99 % percentil pro univerzálního pracovníka.

## 6.8 Vytvoření výkonnostního grafu

Samotné sestavení výkonnostního grafu vychází z hodnot zapsaných v tabulce 6-10 a vypočítaného koeficientu v kapitole 6.6.3. Výsledný výkonnostní graf je limitován dvěma proměnnými. Těmito proměnnými jsou výška pracovníka, která je znázorněna na ose x a na ose y je tomu pracovní výkon. Tento pracovní výkon je porovnán s hodnotami pro 100 % zatížení, vykalkulovaných z metodiky MTM-1 komfort. Při sestavování grafu byly uvažovány tři typy pracovišť, na kterých byly provedeny analýzy.

Těmito pracovišti jsou:

Pro pracovníka 50 % percentil což odpovídá 170 cm – fáze1

- SF1-P5
- SF1-P2
- SF2-P2
- SF3-P4
- SF1-P1
- SF3-P2

Pro pracovníka 2 % percentil což odpovídá 155 cm – fáze 2

- SF1-P5
- SF1-P2
- SF2-P2

Pro pracovníka 99 % percentil což odpovídá 191 cm – fáze 3

- SF3-P4
- SF1-P1
- SF2-P2

### 6.8.1 Graf fáze 1

Pro sestavení grafu je nutné stanovit 100 % výkonnostní hodnotu. Tou byla pro tento typ fáze hodnota MTM-1 komfortní, vždy pro konkrétní pracoviště. Aby bylo co nejvíce přihlédnuto k aktuálním pracovním podmínkám a byly porovnány vždy stejné hodnoty, došlo k přepočtu hodnot MTM-1 komfortní na REFA kalkul. Tento výpočet, viz rovnice 6.6, spočívá ve vynásobení hodnot koeficientem 1,06, viz kapitola 6.6.3. Stoprocentní hodnoty pro univerzální nastavení pracovišť jsou tedy vyjádřeny vztahem:

$$REFA\ kalkul = MTM - 1\ komfort \times koef \qquad 6.6$$

Po dosazení hodnot pro každé pracoviště byly výsledné hodnoty zaznamenány do tabulky 6-11.

**Tabulka 6-11 Výsledné hodnoty REFA kalkul., [zdroj autor]**

| PRACOVIŠTĚ | Analýza MTM-1 komfort [s] | REFA kalkul [s] |
|---|---|---|
| SF1-P5 | 18,0 | **19** |
| SF1-P2 | 26,1 | **27,3** |
| SF2-P2 | 23,2 | **24,5** |
| SF3-P4 | 24,3 | **25,7** |
| SF1-P1 | 30,0 | **31,8** |
| SF3-P2 | 14,8 | **15,6** |

Výsledné hodnoty REFA kalkul představují vrcholy výkonnostních křivek pro každé pracoviště. Vrcholem je chápána a uvažována hodnota 100 % výkonu pracovníka. Následně byl na každém pracovišti, nastaveném pro univerzálního pracovníka, podroben každý pracovník časovému náměru REFA. Vždy proběhla montáž 20 ks a z nich byla stanovena průměrná hodnota časové náročnosti monitorovaného procesu. Výsledné hodnoty byly mezi sebou porovnány a vytvořily výsledný graf pro konkrétní pracoviště. Například pro pracoviště SF1-

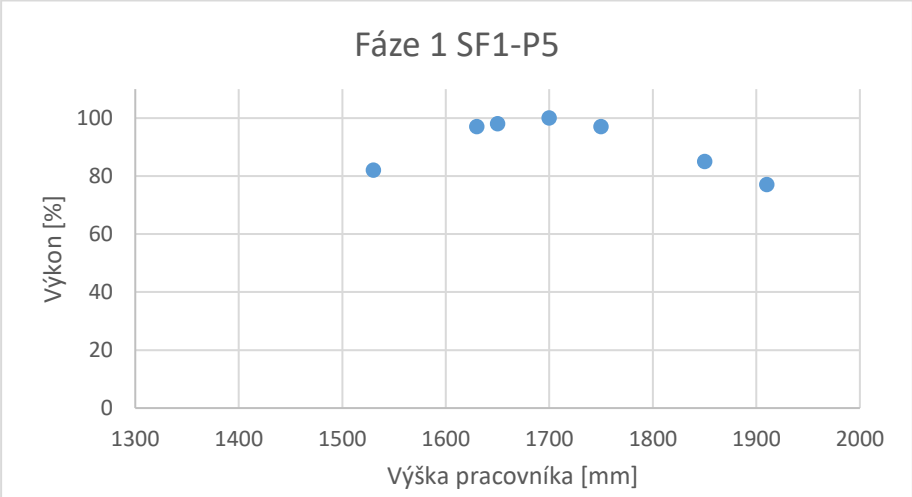
P5 a SF1-P2 jsou výsledky časových náměrů a jejich porovnání výkonnosti znázorněny v tabulce 6-12.

**Tabulka 6-12 Výkon pracovníků fáze 1, [zdroj autor]**

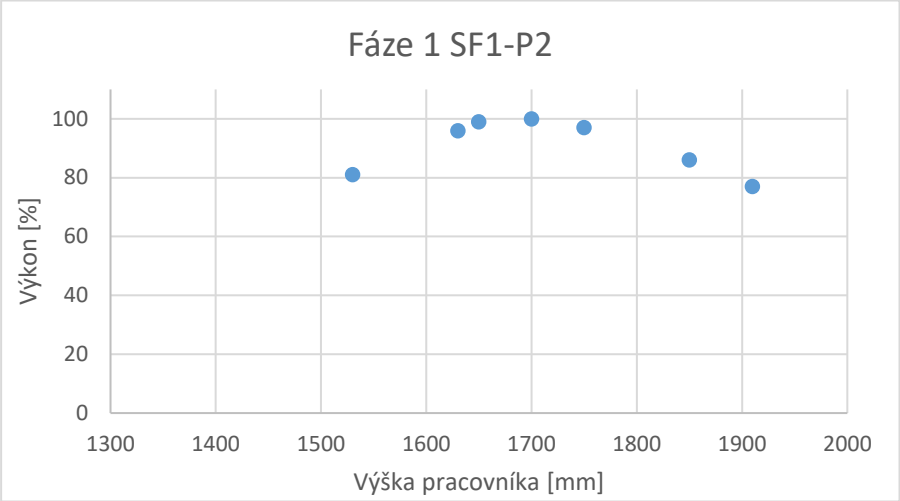
| Pracoviště | Výška pracovníka [mm] | REFA náměr [s] | Výkon [%] |
|---|---|---|---|
| SF1-P5 | 1700 | 19 | 100 |
| | 1630 | 20 | 97 |
| | 1530 | 22 | 82 |
| | 1750 | 20 | 96 |
| | 1910 | 23 | 77 |
| | 1850 | 22 | 85 |
| | 1650 | 19 | 98 |
| SF1-P2 | 1700 | 27,3 | 100 |
| | 1630 | 28 | 96 |
| | 1530 | 32 | 80 |
| | 1750 | 28 | 97 |
| | 1910 | 34 | 77 |
| | 1850 | 31 | 85 |
| | 1650 | 28 | 97 |

Z výsledných hodnot byly vytvořeny výkonnostní grafy pro konkrétní pracoviště. Graf 6-6 ukazuje průběh na pracovišti SF1-P5 a graf 6-7 představuje hodnoty naměřené na pracovišti SF1-P2. Grafy pro zbylá pracoviště jsou součástí příloh.

**Graf 6-6 Výkonnostní graf pracoviště SF1-P5 ve fázi 1, [zdroj autor]**



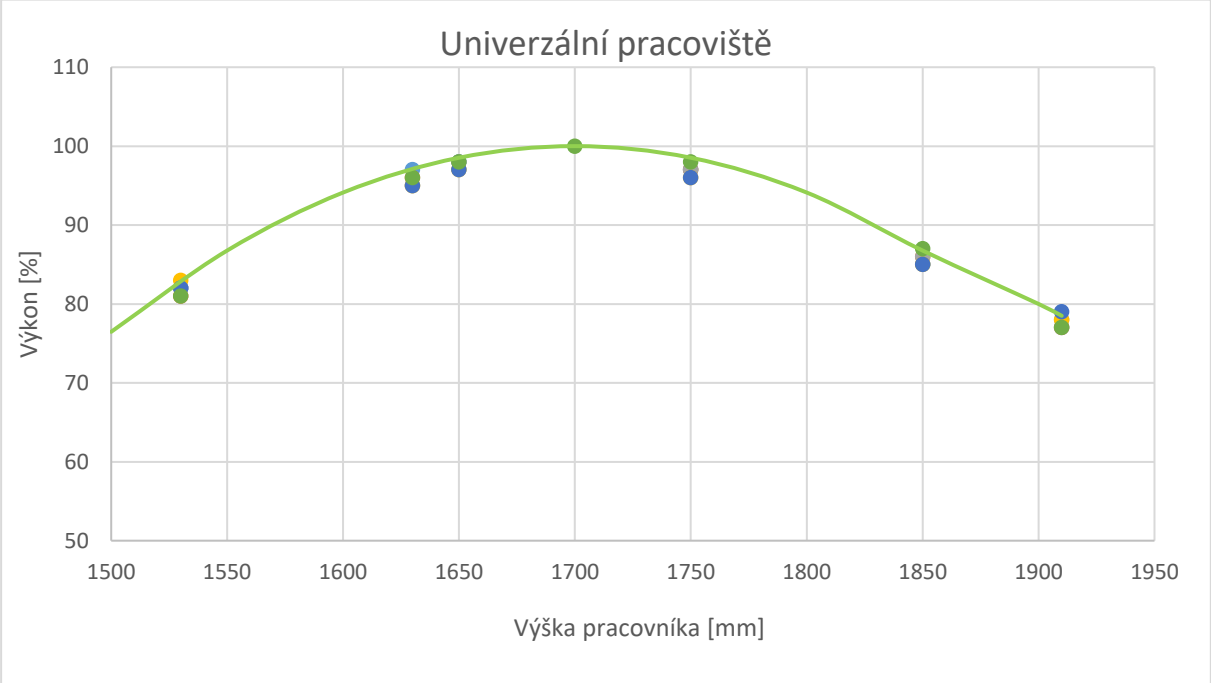
**Graf 6-7 Výkonnostní graf pracoviště SF1-P2 ve fázi 1, [zdroj autor]**




Při pohledu na oba grafy je možné vidět, jak hodnoty vytváří obraz normálního rozdělení. V takovém případě je vrchol křivky na 1700 mm výšky pracovníka, protože jemu je přesně uzpůsobeno pracoviště. V případě nižších nebo vyšších pracovníků dochází k poklesu výkonnosti.

Výsledné hodnoty ze všech získaných grafů byly nakonec promítnuty do jednotného finálního grafu. Následně byla těmito hodnotami vedena křivka, která představuje stanovenou výkonnostní křivku pro nastavitelné pracoviště. Tato křivka je uvažována jako „pohyblivá“ a představuje tvar křivky pro jakkoli nastavené pracoviště pro konkrétního pracovníka. Výsledný graf společně s proloženou křivkou je zobrazen na grafu 6-8.

**Graf 6-8 Výsledný graf fáze 1, [zdroj autor]**



### 6.8.2 Graf fáze 2

Při sestavení grafu fáze 2 bylo vycházeno z hodnot vypočtených pro REFA kalkul. Tyto hodnoty vycházejí z rovnice 6.6 a data jsou zaznamenána v tabulce 6-11. Graf fáze 2 je sestaven pro 2 % percentilu pro případ unisex grafu. To znamená, že v tomto případě byla pracoviště nastavena pro výšku pracovníka 155 cm. Hodnoty REFA kalkul byly uvažovány z toho důvodu, že představují stoprocentní výkon na každém pracovišti. To znamená, že v případě práce pracovníka měřícího 155 cm by na těchto pracovištích, tedy pracovištích přizpůsobeným pro jeho výšku, měl pracovat v hodnotách spočtených pro REFA kalkul. Jakmile byla pracoviště přizpůsobena pracovníkovi měřícímu 155 cm, pak byly provedeny náměry REFA a porovnány s hodnotami REFA kalkul. Na každém pracovišti představuje REFA kalkul 100 % výkon, který by měl být v ideálním případě dosažen. Protože se ve fázi 2 jedná o nastavení pracoviště pro pracovníky nízkého vzrůstu, bylo pracováno pouze s pracovníky, kteří byli vybráni pro provádění analýz. Z důvodu, že graf fáze 2 je velmi podstatný pro sestavení finálního grafu, byly prakticky simulovány dva stavy. Konkrétně se jedná o 2 nejvyšší pracovníky (měřícího 195 cm a pro pracovníka měřícího 200 cm). Tento pokus byl na pracovištích proveden díky nastavitelné podložce. Rozdíl v délce paže v tomto případě nebyl uvažován, protože byl snímán pracovník měřící 191 cm a rozdíl dle ergonomických norem je minimální.

Výsledné hodnoty byly mezi sebou porovnány a vytvořily výsledný graf pro konkrétní pracoviště. Například pro pracoviště SF1-P5 a SF1-P2 jsou výsledky časových náměrů a jejich výkonnostní porovnání znázorněny v tabulce 6-13.

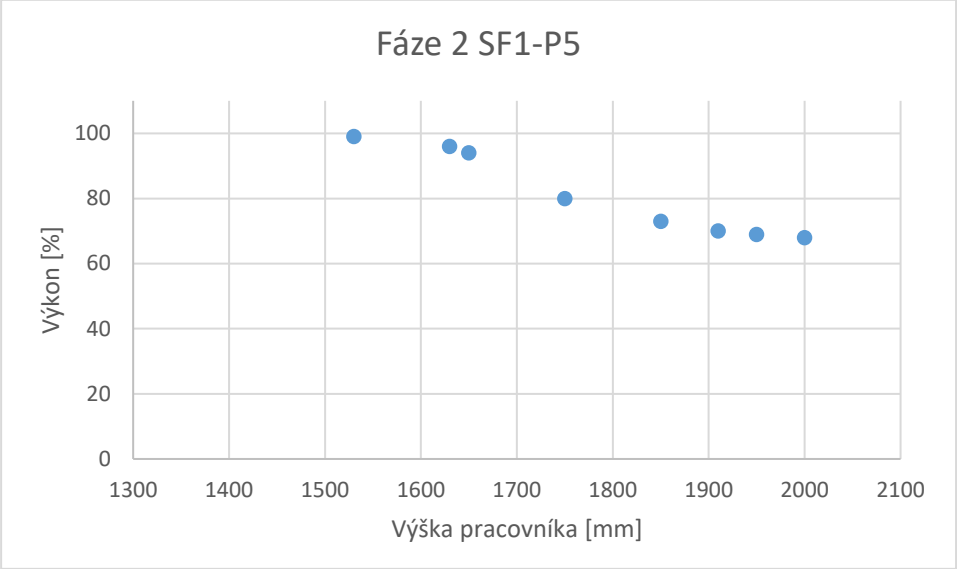
**Tabulka 6-13 Výkon pracovníků fáze 2, [zdroj autor]**

| Pracoviště | Výška pracovníka [mm] | REFA náměr [s] | Výkon [%] |
|---|---|---|---|
| SF1-P5 | 1550 | 19 | 100 |
| | 1630 | 20 | 99 |
| | 1530 | 19 | 80 |
| | 1750 | 23 | 70 |
| | 1910 | 25 | 73 |
| | 1850 | 24 | 94 |
| | 1650 | 20 | 69 |
| | 1950 | 25 | 68 |
| | 2000 | 25 | 96 |
| SF1-P2 | 1550 | 27,3 | 100 |
| | 1630 | 29 | 100 |
| | 1530 | 27 | 79 |
| | 1750 | 33 | 71 |
| | 1910 | 35 | 72 |
| | 1850 | 35 | 94 |
| | 1650 | 29 | 70 |
| | 1950 | 35 | 69 |
| | 2000 | 36 | 95 |

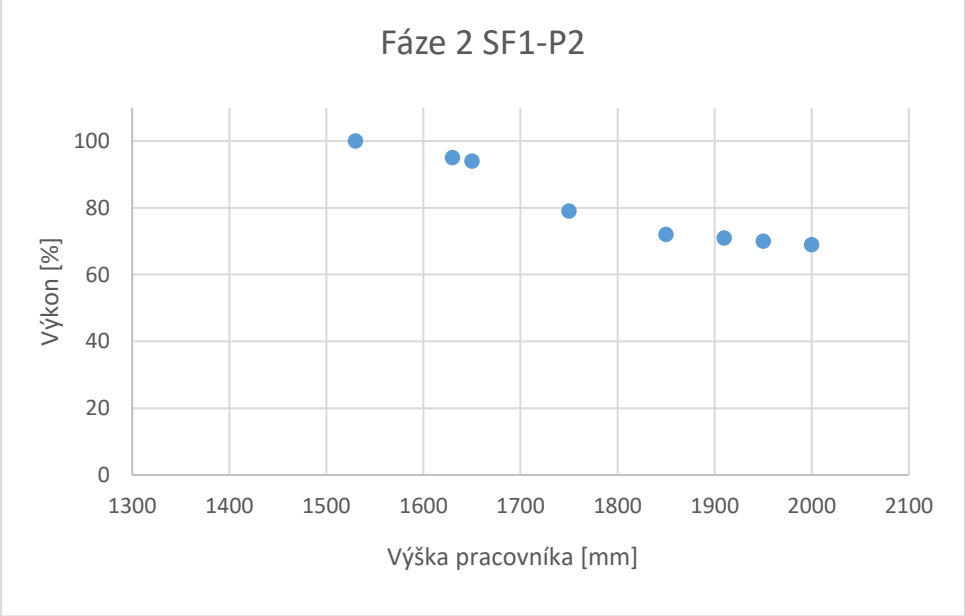
Vypočítaný výkon při porovnání s normovanou hodnotou je znázorněn v tabulce 6-13 v posledním sloupci. Modře podbarvené hodnoty představují 100 % hodnotu a oranžové

podbarvení patří simulovaným pracovníkům. Z výsledných hodnot byly vytvořeny výkonnostní grafy pro konkrétní pracoviště. Graf 6-9 ukazuje průběh na pracovišti SF1-P5 a graf 6-10 představuje hodnoty naměřené na pracovišti SF1-P2. Grafy pro zbylá pracoviště jsou součástí příloh.

**Graf 6-9 Výkonnostní graf pracoviště SF1-P5 ve fázi 2, [zdroj autor]**



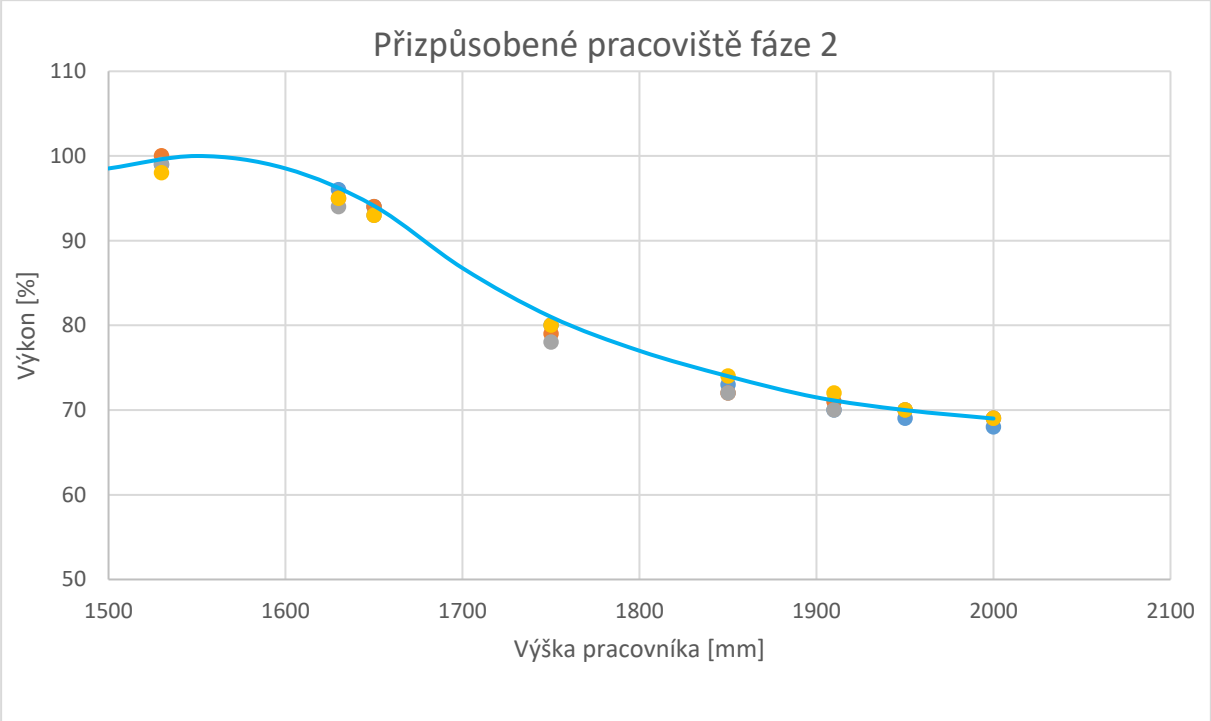

**Graf 6-10 Výkonnostní graf pracoviště SF1-P2 ve fázi 2, [zdroj autor]**




Na výkonnostních grafech je možné pozorovat, jak je vrchol hodnot u pracovníků s nízkým vzrůstem. Naopak pro vysoké pracovníky výkonnost upadá. Nicméně se nejedná o radikální pokles ale o pozvolné klesání, při kterém se křivka narovnává. Výsledné hodnoty ze všech získaných grafů byly nakonec promítnuty do jednotného finálního grafu (viz graf 6-11).

Následně byla těmito hodnotami vedena křivka, která představuje stanovenou výkonnostní křivku pro nastavitelné pracoviště.

**Graf 6-11 Výsledný graf fáze 2, [zdroj autor]**




### 6.8.3 **Graf fáze 3**

Stejný postup při sestavení grafu fáze 3 byl použit již při sestavení grafu fáze 2. Výsledné hodnoty vypočtených časů REFA kalkul představují stoprocentní výkon na daných pracovištích. Tyto hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 6-11. Graf fáze 3 je sestaven pro 99 % percentil výšky pracovníka. To znamená že vybraná pracoviště byla nastavena pro výšku pracovníka 191 cm. Tedy pracovník měřící 191 cm by na těchto pracovištích měl pracovat s maximálním výkonem a minimální vlivem na únavu z pracovního výkonu. Ergonomicky nastavené pracoviště by mu mělo maximálně vyhovovat a vzdálenosti by měly korespondovat s jeho antropometrickými hodnotami.

Protože se ve fázi tři jedná o nastavení pracoviště pro velmi vysoké pracovníky a bylo pracováno pouze s pracovníky, kteří byli vybráni pro provádění analýz, bylo nutné simulovat pracovní stavy. Z důvodu, že nastavení pracoviště je velmi vysoké tak, aby bylo docíleno relevantních hodnot a dostatečnému množství při sestavení grafu, byly 3 výšky pracovníků simulovány. Konkrétně se jedná o výšky pracovníků měřící 170 cm, 195 cm a 200 cm.

Výsledné hodnoty byly mezi sebou porovnány a vytvořily výsledný graf pro konkrétní pracoviště. Například pro pracoviště SF3-P4 a SF1-P1 jsou výsledky časových náměrů a jejich výkonnostní porovnání znázorněny v tabulce 6-14.

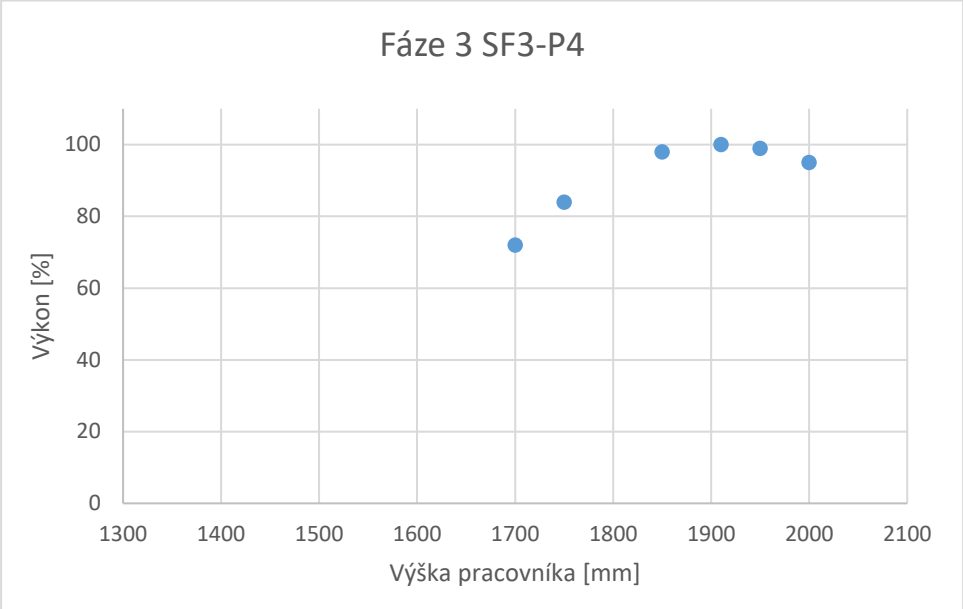
**Tabulka 6-14 Výkon pracovníků fáze 3, [zdroj autor]**

| Pracoviště | Výška pracovníka [mm] | REFA náměr [s] | Výkon [%] |
|---|---|---|---|
| SF3-P4 | 1910 | 25,8 | 100 |
| | 1630 | 0 | 0 |
| | 1530 | 0 | 0 |
| | 1750 | 30 | 84 |
| | 1910 | 26 | 100 |
| | 1850 | 26 | 98 |
| | 1650 | 0 | 0 |
| | 1700 | 33 | 72 |
| | 1950 | 26 | 99 |
| | 2000 | 27 | 95 |
| SF1-P1 | 1910 | 31,8 | 100 |
| | 1630 | 0 | 0 |
| | 1530 | 0 | 0 |
| | 1750 | 37 | 83 |
| | 1910 | 32 | 99 |
| | 1850 | 33 | 96 |
| | 1650 | 0 | 0 |
| | 1700 | 39 | 76 |
| | 1950 | 32 | 98 |
| | 2000 | 33 | 96 |

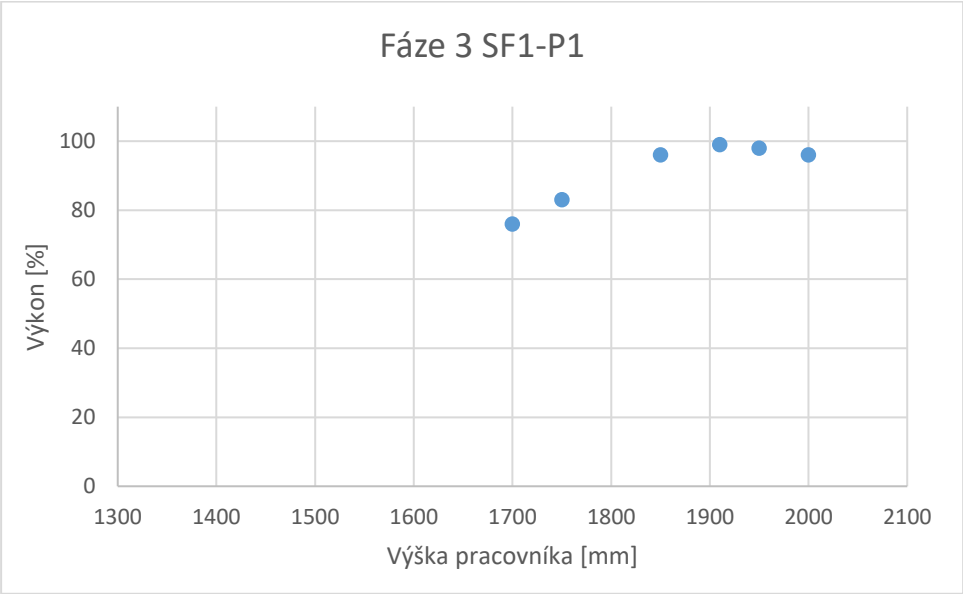
Tabulka 6-14 znázorňuje výsledné hodnoty. Pro pracovníky od 153 cm do 170 cm jsou tyto hodnoty nulové, protože při nastavení na komfortní výšku pracovníka 191 cm, nedosáhli tito pracovníci na požadovaná manipulační a odběrová místa, nebo jich bylo dosaženo ovšem s maximálním namáháním, které bylo okamžitě zastaveno.

Vypočítaný výkon při porovnání s normovanou hodnotou je znázorněn v posledním sloupci. Modře podbarvené hodnoty představují 100 % hodnotu a oranžové podbarvení patří simulovaným pracovníkům na nastavených pracovištích. Z výsledných hodnot byly vytvořeny výkonnostní grafy pro konkrétní pracoviště. Graf 6-12 ukazuje průběh na pracovišti SF3-P4 a graf 6-13 představuje hodnoty naměřené na pracovišti SF1-P1. Grafy pro zbylá pracoviště jsou součástí příloh.

**Graf 6-12 Výkonnostní graf pracoviště SF3-P4 ve fázi 3, [zdroj autor]**

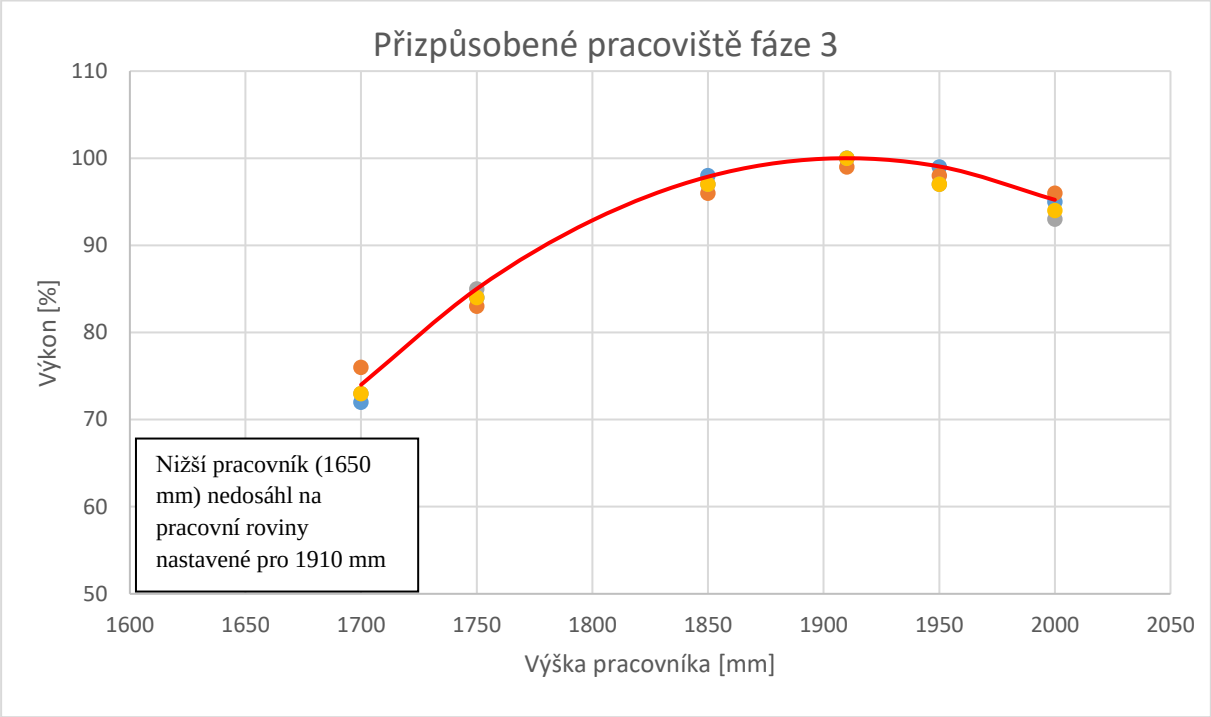



**Graf 6-13 Výkonnostní graf pracoviště SF1-P1 ve fázi 3, [zdroj autor]**




Výsledné hodnoty ze všech získaných grafů byly nakonec promítnuty do jednotného finálního grafu. Následně byla těmito hodnotami vedena křivka, která představuje stanovenou výkonnostní křivku pro nastavitelné pracoviště fáze 3 (viz graf 6-14).

**Graf 6-14 Výsledný graf fáze 3, [zdroj autor]**




## 6.9 Sestavení metodického grafu pro nastavování pracoviště

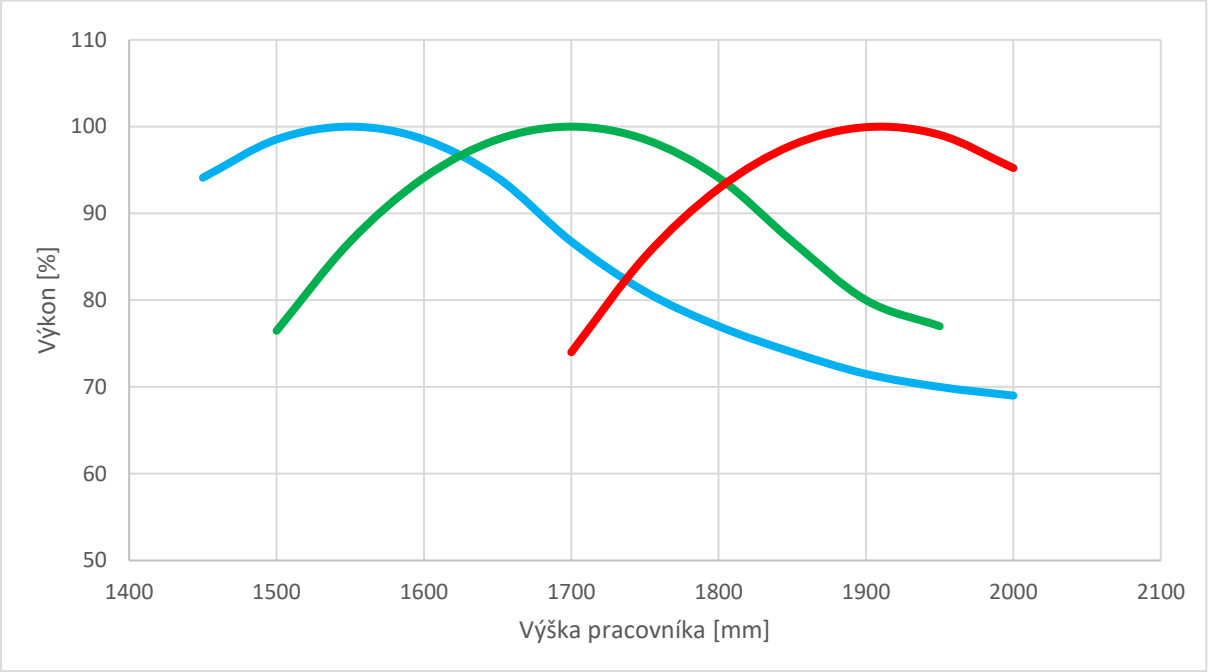
Sestavení metodického grafu představuje vytvoření finální křivky, podle které se bude moct řídit projektant při nastavování pracovišť v případě, že pracoviště není vybaveno okamžitými nastavitelnými programy. V takovém případě by mělo být vždy pracoviště přizpůsobeno konkrétnímu pracovníkovi.

Pokud ale jsou uvažována pracoviště, která jsou ve fázi výstavby k určitému projektu a zároveň s nimi nebude počítáno jako s nastavitelnými, pak dle sestaveného výkonnostního grafu vztaženého k výškovému průměru pracovníků pracujících na tomto pracovišti, bude možné kalkulovat s výkonnostním rozptylem. Tento rozptyl je možné odečíst z metodického grafu po stanovení průměrné výšky.

Sloučením výkonnostních grafů ze všech fází výzkumu je sestaven graf 6-15, který obsahuje 3 vrcholy různých křivek. Tyto křivky mají vrcholy, tedy hodnoty 100 % výkonu při výškách pracovníků 155 cm, 170 cm a 191 cm. Při pohledu na křivky je možné pozorovat, že čím je pracovník vyšší tím jeho efektivita klesá. Tento jev se projeví i pokud je pracovník nižšího vzrůstu, než jsou rozměry pracovníka, k jehož antropometrickým parametrům je nastaveno pracoviště, ovšem v tomto případě křivka neklesá stále ale směřuje k bodu, kdy se dostane do stavu, kdy pracovník pracuje na hraně svých možností, aby dosáhl na nastavené pracovní roviny.

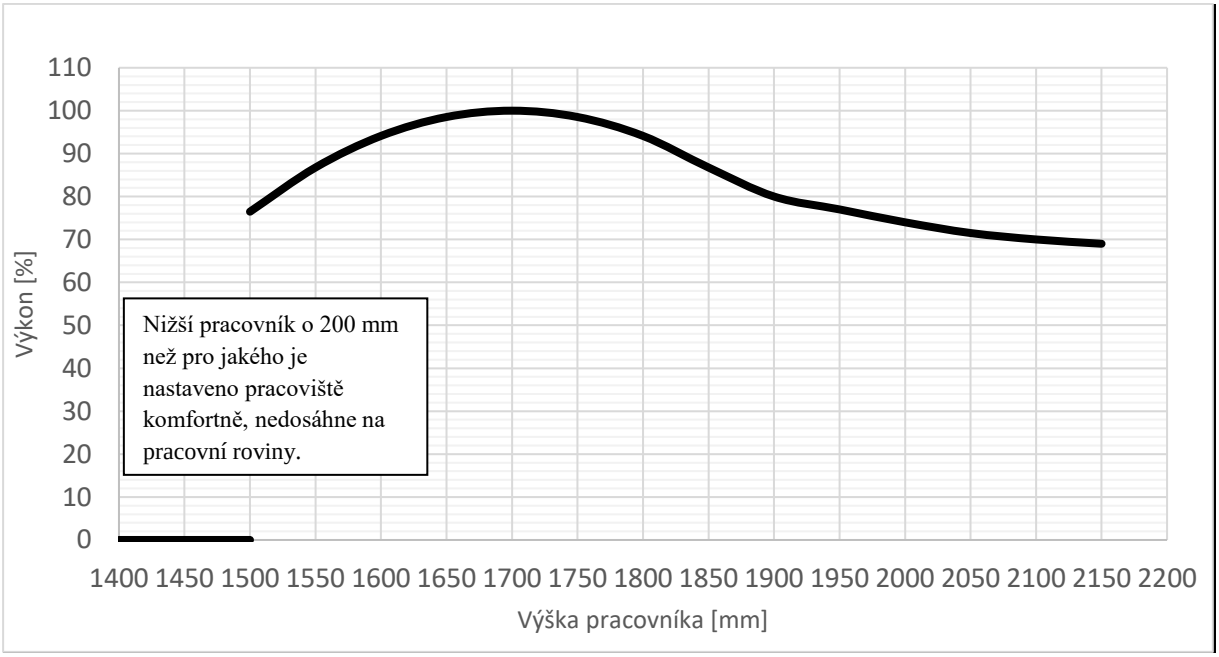
V grafu 6-15 jsou barevně rozděleny křivky podle fází výzkumu. Zeleně zbarvená je křivka z fáze 1, modrou barvu má křivka fáze 2 a fáze 3 má červenou barvu.

**Graf 6-15 Sloučení výsledných grafů fáze 1, 2 a 3, [zdroj autor]**




Výsledná sečtená křivka, která obsahuje křivky ze všech fází je zakreslena na grafu 6-16. Tato křivka je zakreslena s vrcholem pro 170 cm vysokého pracovníka. To představuje nastavení pro univerzálního unisex pracovníka. Křivka je pohyblivá v závislosti nastavení průměrné výšky pracujících osob.

**Graf 6-16 Výsledná výkonnostní křivka, [zdroj autor]**



# 7 OVĚŘENÍ VÝSLEDKŮ A STANOVENÝCH HYPOTÉZ

Na základě experimentů a vyhodnocení pracovišť v různě nastavených stavech, které jsou popsány v předcházející kapitole, byl stanoven model závislosti mezi nastavením pracoviště a výkonností pracovníka. Obsahem této kapitoly je ověření výsledků všech stanovených hypotéz a dílčích cílů stanovených na začátku výzkumu.

## 7.1 Ověření metodického grafu

Ověření metodického grafu bylo provedeno pro fázi 2 a 3, které představují nastavení pracoviště v atypických rozměrech, než je tomu ve výrobních podnicích. Každý podnik se snaží minimalizovat náklady ale maximalizovat zisky. Proto jsou často pracoviště nastavována dle ergonomických regulí pro universálního pracovníka. Vypozorovaná nastavení ve společnosti, kde docházelo k výzkumu ukázala, že jsou rozměry uvažovány pro různé typy montážních operací stejně. Pak dochází k nevyváženému pracovnímu nasazení pracovních sil při plnění nastavených časových a produktových norem.

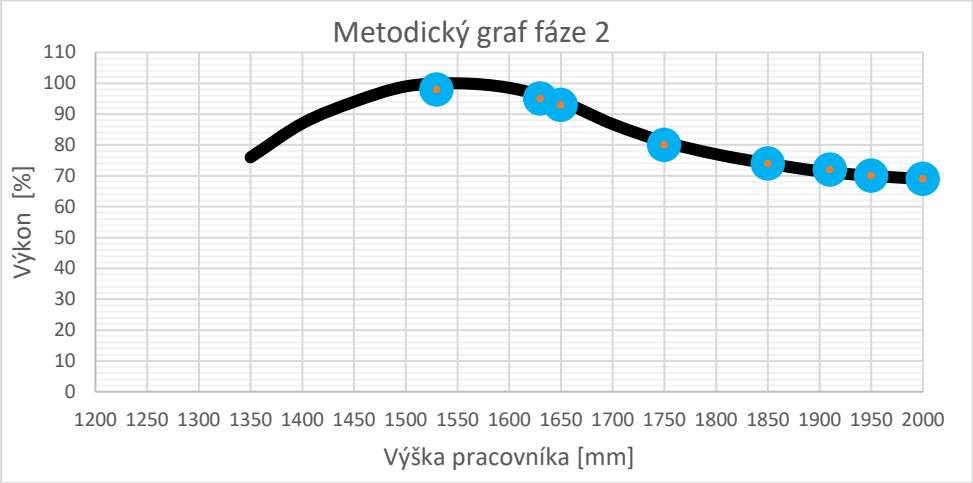
Na pracovišti SF3-P4 došlo k ověření stanoveného metodického grafu pro fázi 2. To znamená že pracoviště bylo nastaveno dle antropometrických hodnot pracovníka měřícího 155 cm. Poté se na tomto pracovišti vystřídali pracovníci při plnění pracovního úkolu. Celkem bylo snímkováno a analyzováno 6 pracovníků a 2 simulační modely na celkem 160 naměřených výrobcích.

**Tabulka 7-1 Ověřující náměry fáze 2, [zdroj autor]**

| Pracoviště | Výška pracovníka [mm] | REFA náměr [s] | Výkon [%] |
|---|---|---|---|
| SF3-P4 | 1550 | 25,7 | 100 |
| | 1630 | 27,0 | 95 |
| | 1530 | 26,2 | 98 |
| | 1750 | 30,8 | 80 |
| | 1910 | 32,9 | 72 |
| | 1850 | 32,4 | 74 |
| | 1650 | 27,5 | 93 |
| | 1950 | 33,4 | 70 |
| | 2000 | 33,7 | 69 |

Hodnoty zapsané v tabulce 7-1 představují časové náměry a porovnaný výkon s komfortně nastaveným pracovištěm pro pracovníka měřícího 155 cm. Pokud je tedy metodický graf posunut v grafu hodnot, kde na ose x je udaná výška pracovníka a na ose y pracovní výkon a zároveň vrchol křivky je pro pracovníka 155 cm, pak dosazené hodnoty z kontrolního měření dokonale kopírují tvar křivky, a je tedy možné tvrdit, že pro fázi 2 došlo k ověření vytvořeného grafu. Samotné porovnání je zobrazeno v grafu 7-1. Hodnoty z tabulky 7-1 jsou znázorněny bodovým grafem překrývajícím hodnoty metodického grafu.

**Graf 7-1 Ověření metodického grafu fáze 2, [zdroj autor]**



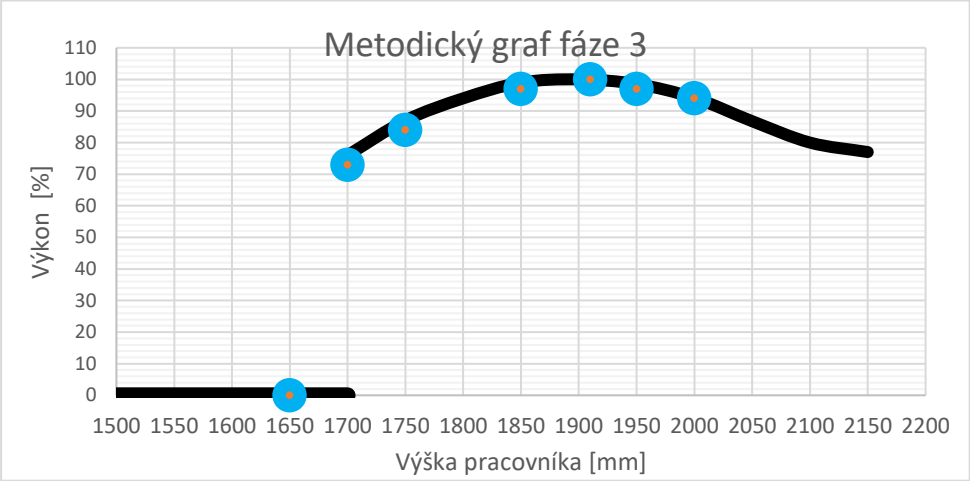

Stejný postup ověření, ovšem pro fázi 3 byl proveden na pracovišti SF3-P2. Pracoviště bylo uzpůsobeno komfortním podmínkám pracovníkovi měřícímu 191 cm. Následně proběhlo měření celkem 3 pracovníků a 3 simulačních modelů, kde byly simulovány výšky pracovníků pomocí nastavených podložek. Celkem tedy bylo provedeno 120 kontrolních měřeních, při kterých byly uvažovány výkonnostní křivky jednotlivých pracovníků a získané průměrně hodnoty byly zaznamenány do tabulky 7-2.

**Tabulka 7-2 Ověřující náměry fáze 3, [zdroj autor]**

| Pracoviště | Výška pracovníka [mm] | REFA náměr [s] | Výkon [%] |
|---|---|---|---|
| SF3-P2 | 1910 | 15,7 | 100 |
| | 1650 | 0 | 0 |
| | 1750 | 18 | 84 |
| | 1910 | 16 | 100 |
| | 1850 | 16 | 97 |
| | 1700 | 20 | 73 |
| | 1950 | 16 | 97 |
| | 2000 | 17 | 94 |

Pokud je metodický graf v tomto případě přesunut tak, aby vrchol křivky byl ve výšce 191 cm pracovníka, pak dosazené hodnoty z tabulky 7-2 opět kopírují vytvořenou křivku. Nezbývá tedy než tvrdit, že metodický graf skutečně odpovídá výkyvům ve výkonostech a komfortní nastavení ovlivňuje samotnou produktivitu práce. Graf 7-2 znázorňuje bodově dosazené hodnoty, které jsou zakresleny modrou barvou. Nulová hodnota pro pracovníka 165 cm představuje hraniční výšku, při které pracovník již nedosáhl na nastavené pracovní výšky bez znatelného pracovního namáhání.

**Graf 7-2 Ověření metodického grafu fáze 3, [zdroj autor]**




## 7.2 Hypotéza 1

Aby mohlo dojít k potvrzení hypotézy 1, týkající se pocitu komfortu na uspořádaném pracovišti dle antropometrických údajů pracovníka, byl vytvořen srovnávací výpočet, který stanoví, zda pracovníkův pocit komfortního nastavení je prakticky dokázaný.

Tabulka 7-3 představuje všechna provedená měření během 3 fází výzkumu. Jedná se o časové náměry montážních operací na různých pracovištích pro různě vysoké pracovníky. Tabulkové hodnoty stejně jako celý výzkum nejsou rozděleny na muže a ženy, ale představují výzkum genderově vyvážený. Výstupy je možné použít při pracovních procesech, při kterých dochází k rotaci pracovníků s různým pohlavím.

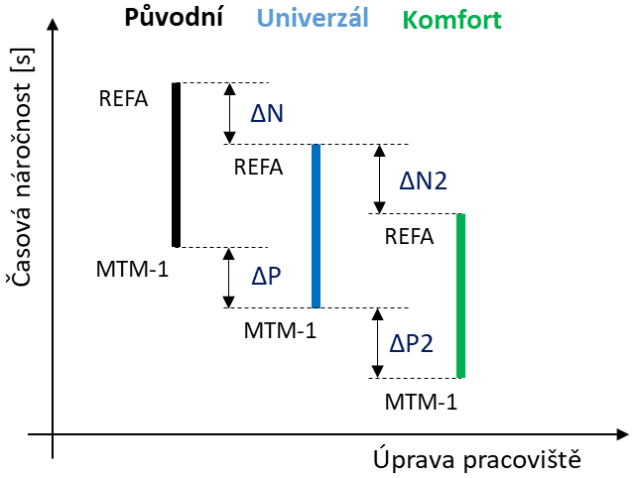
**Tabulka 7-3 Souhrn naměřených hodnot, [zdroj autor]**

| PRACOVIŠTĚ | Prům REFA původní [s] | MTM-1 původní [s] | Univerzál REFA [s] | MTM-1 univerzální [s] | Komfort REFA [s] | MTM komfort [s] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SF1-P5 | 24,1 | 22,2 | 20 | 18,8 | 19 | 18,0 |
| SF1-P2 | 43,2 | 41,34 | 32,4 | 30,7 | 27,5 | 26,1 |
| SF2-P2 | 34,6 | 32,3 | 24,4 | 23,6 | 23,9 | 23,2 |
| SF3-P4 | 37,9 | 34,62 | 31,6 | 29 | 26 | 24,3 |
| SF1-P1 | 39,7 | 37 | 35,2 | 33 | 31 | 30,0 |
| SF3-P2 | 18,9 | 17,7 | 16,1 | 15,1 | 15,7 | 14,8 |

Samotný pocit komfortu je velmi obtížné mapovat. Komfort totiž představuje subjektivní názor na vnímanou polohu těla. Při jeho hodnocení závisí na pohodlí, klidu a optimálních podmínkách, které požaduje každý jedinec zvlášť. Proto byl vytvořen výpočet, který představuje odhalení komfortu v reálných situacích, a který je možný pozorovat při časových náměrech. Samotná myšlenka spočívá v porovnání rozdílů časů po provedení úpravy pracoviště na komfortní nastavení pro různé typy pracovníků.

Rozdíl časů, představující ΔP na obrázku 7-1 je způsoben nastavením pracoviště. Tento vliv je možné sledovat na příkladu, kdy MTM-1 pro čas původního nastavení pracoviště bude uváděn

vyšší než čas MTM-1 univerzál. Rozdíl hodnoty (ΔP) je způsoben špatně nastaveným pracovištěm. Čas MTM-1 univerzál představuje 100 % výkon pro unisex pracovníka s percentilem 50 %, tedy s výškou 170 cm.




**Obrázek 7-1 Rozdíly časových analýz, [zdroj autor]**

Čas ΔN je zapříčiněn jak vlivem uspořádání pracoviště, tak i psychologickým aspektem pracovníka a jeho antropometrickými údaji. Tento údaj je monitorován metodikou REFA a představuje okamžitý údaj o reálném stavu. V případě komfortního pracoviště, za předpokladu práce průměrného člověka na univerzálním pracovišti je možné tvrdit, že:

$$komfort = (\Delta N - \Delta P) > 0 => \Delta N > \Delta P \qquad 7.1$$

Vliv komfortu pro univerzálního pracovníka je tedy možný pozorovat pouze při nastavení z původního nastavení na nastavení univerzální. Naproti tomu komfortní nastavení pro univerzálního pracovníka pracuje s rovnicí 7.2.

$$\Delta N2 = \Delta P2 = 0 \qquad 7.2$$

Každý jiný pracovník však pracuje s odchylkou. Pro každého jiného („neuniverzálního“) pracovníka dojde po racionalizaci pracoviště vztažené k jeho antropometrickým rozměrům k redukci časové náročnosti. Pokud rozdíl reálného a vykalkulovaného náměru je odlišný dochází k projevu komfortu. Pokud je reálný rozdíl větší než kalkulovaný, pak je komfort dokázán. Pokud by byly rozdíly rovny, pak je komfort nulový a pokud by kalkulovaný rozdíl dle MTM-1 byl vyšší než rozdíl REFA, tak racionalizace pracoviště byla nesprávně provedena a má opačný efekt. Odchylka popisující komfort se dá zapsat následující rovnicí 7.2.

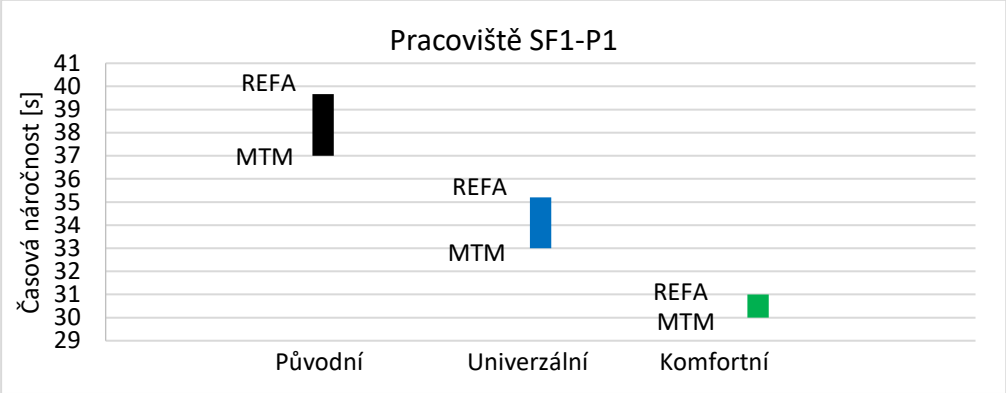
$$komfort = (\Delta N2 - \Delta P2) > 0 => \Delta N2 > \Delta P2 \qquad 7.3$$

Rovnice jasně popisuje stav, kdy uspořádání pracoviště dle ergonomických norem a provedení časové analýzy MTM-1 přináší nižší časovou náročnost operace, než je tomu ve skutečnosti. Analyzovaný čas pracovníka, který splní podmínku z rovnice 7.3, deklaruje vliv pocitu

komfortu při práci, protože k optimalizaci časové náročnosti vedla nejen technická úprava pracoviště, ale také osobní vliv pracovníka.

Vytvořené grafy pro všechna pracoviště jsou součástí příloh. Jako hlavní představitel byl zvolen graf 7-3 pro pracoviště SF1-P1, který ukazuje porovnání hodnot dosazených z tabulky 7-3.

**Graf 7-3 Porovnání SF1-P1, [zdroj autor]**




Aby mohly být hodnoty z tabulky 7-3 dosazeny do rovnice 7.3, je nejdříve nutné provést dílčí výpočet hodnot ΔN2 a ΔP2. Výpočet těchto hodnot je následující.

$$\Delta \mathrm{N2} = REFA\ univerzál - REFA\ komfort \tag{7.4}$$

Tento výpočet značí rozdíl montážního času při komfortním nastavení pracoviště. Rozdíl hodnot MTM-1 mezi univerzálním nastavením a komfortním popisuje rovnice 7.5.

$$\Delta \mathrm{P2} = MTM - 1\ univerzál - MTM - 1\ komfort \tag{7.5}$$

Dosazení naměřených hodnot do výše uvedených rovnic stanovuje vliv komfortu při přestavbě každého pracoviště.

- Pracoviště SF1-P5

$$komfort = (\,20 - 19) > (18{,}8 - 18) = \mathbf{1} > \mathbf{0{,}8} \tag{7.6}$$

- Pracoviště SF1-P2

$$komfort = (\,32{,}4 - 27{,}5) > (30{,}7 - 26{,}1) = \mathbf{4{,}9} > \mathbf{4{,}6} \tag{7.7}$$

- Pracoviště SF2-P2

$$komfort = (\,24{,}4 - 23{,}9) > (23{,}6 - 23{,}2) = \mathbf{0{,}5} > \mathbf{0{,}4} \tag{7.8}$$

- Pracoviště SF3-P4

$$komfort = (\,31{,}6 - 26) > (29 - 24{,}31) = \mathbf{5{,}6} > \mathbf{4{,}69} \tag{7.9}$$

- Pracoviště SF1-P1

$$komfort = (35{,}2 - 31) > (33 - 30) = \mathbf{4,2} > \mathbf{3} \quad 7.10$$

- Pracoviště SF3-P2

$$komfort = (16{,}1 - 15{,}7) > (15{,}7 - 14{,}8) = \mathbf{0,4} > \mathbf{0,3} \quad 7.11$$

*Hypotéza 1*: Uspořádání pracoviště dle antropometrických parametrů pracovníka přináší zvýšení pocitu komfortu na pracovišti.

Z výše provedených náměrů, provedených výpočtů a ověření na základě matematických závislostí je možné konstatovat, že hypotéza 1 byla POTVRZENA.

## 7.3 Hypotéza 2

Druhá hypotéza se zabývá tvrzením, že existuje závislost mezi komfortem a výkonností pracovníka. Komfort v tomto případě znamená přizpůsobivé nastavení pracoviště dle antropometrických rozměrů pracovníků. Pokud bude mít každý pracovník uzpůsobené pracoviště tak, aby vyhovovalo jeho potřebám, pracovní výkon bude konstantní na maximálních hodnotách. Pokud ovšem pracoviště neumožňuje okamžité přenastavení, které by pokrylo rotaci pracovníků, měly by být pracoviště nastavovány tak, aby vyhovovaly průměrnému pracovníkovi z konkrétní skupiny pracovníků pracujících na tomto pracovišti. Ideálně by mělo probíhat mapování výšky postavy všech pracovníků rotujících na pracovišti a z nich spočítat průměrnou hodnotu (Q udávanou v mm). Této průměrné hodnotě odpovídá vrchol křivky z grafu 7-4.

**Graf 7-4 Křivka metodického grafu, [zdroj autor]**

Dokázání závislosti představuje vytvořený graf. K tomu, aby mohl být graf přepočítáván a vytvořen pro budoucí potřeby, byl stanoven výpočet, který přizpůsobí pozici křivky vypočítanému výškovému průměru. Z křivka od svého vrcholu kopíruje tvar paraboly. Tato křivka se dá požít při hodnotách Q-200 mm a Q+200 mm.

Tedy v intervalu <Q-200; Q+200> kde x představuje výšku pracovníka pro kterého je hledána hodnota výkonu y.

$$Obecná\ rovnice\ (x-m)^2 = 2p(y-n) \tag{7.12}$$

Kde hodnota x představuje výšku pracovníka nacházejícího se ve stanoveném intervalu hodnot. Hodnota m=Q, tedy náleží průměrné výšce pracovníka. Vrchol křivky udává hodnota n. Vzdálenost ohniska od řídící přímky je zapsána symbolem P. Tato hodnota byla získána provedením časových náměrů a stanovena na 850. Hodnoty výkonu pracovníka s výškou x představují hodnoty na ose y. Výše uvedená rovnice byla upravena tak, aby bylo možné po dosazení libovolné výšky pracovníka vypočítat jeho výkonnost na pracovišti upravenému průměrné výšce pracovníků.

Existují 3 stavy které popisují chování metodické křivky.

- 1. stav, kde x ∈ <Q-200; Q+200>

V tomto případě je hledán výkon pracovníka, který se nachází v toleranci ±20 cm výšky průměrného člověka.

$$y = \frac{(x-Q)^2 - 2pn}{-2p} = \frac{(x-Q)^2 - 170000}{-1700} \tag{7.13}$$

V opačném případě, kdy je cílem vypočítat výšku pracovníka, aby splňoval stanovený výkon, tak vzorec je popsán rovnicí 7.14.

$$x = Q - \sqrt{-2p(y-n)} = Q - \sqrt{-1700(y-100)} \tag{7.14}$$

Kde dosazená hodnota y, představuje hodnotu požadovaného výkonu.

- 2. stav, kde x ∈ <0; Q-200)

Pro tuto podmínku je hodnota y=0. Na základě provedených měření bylo ověřeno, že pracovníci s výškou -20 cm od výšky průměrného pracovníka, nedosáhnou na pracovní roviny. Tedy i výpočet výšky pracovníka je roven 0.

- 3. stav, kde x ∈ (Q+200; Q+400)

Pro tuto podmínku je vytvořena tabulka hodnot získaných z měření.

**Tabulka 7-4 Výkon pracovníka pro stav 3, [zdroj autor]**

| Velikost pracovníka | Q+250 | Q+300 | Q+350 | Q+400 | Q+450 |
|---|---|---|---|---|---|
| Výkon pracovníka | 77% | 74% | 72% | 70% | 69% |

*Hypotéza 2*: Existuje závislost mezi mírou komfortu a výkonností pracovníka.

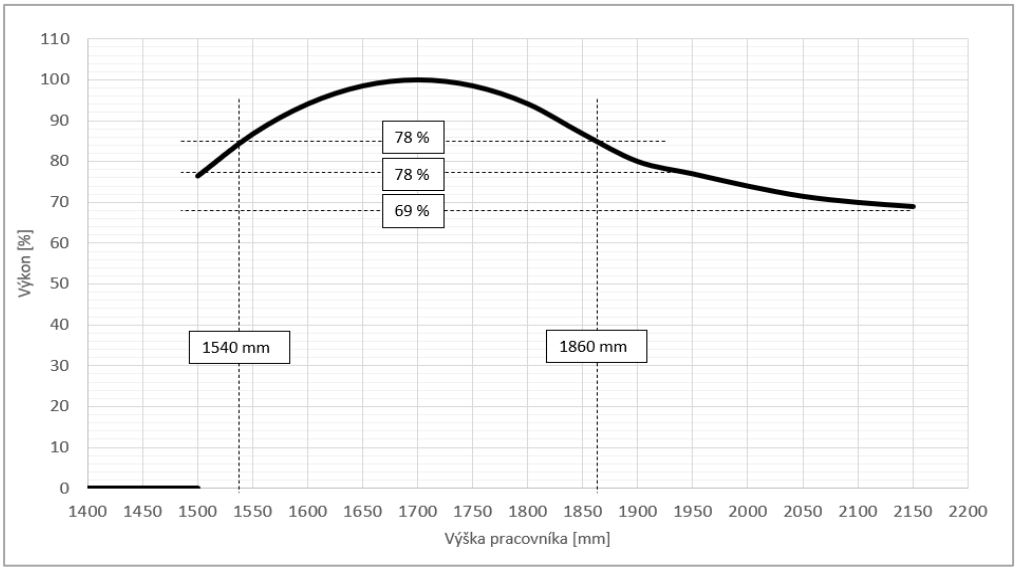
Na základě výše uvedeného grafu 7-4, z něj vytvořených podmínek, rovnic a výkonnostní tabulky 7-4 je možné konstatovat, že závislost mezi mírou komfortu a výkonností pracovníka byla matematicky a experimentálně dokázána. Hypotéza je tedy POTVRZENA.

## 7.4 Hypotéza 3

Poslední hypotéza se týká vyjádření o velikosti vlivu komfortu na výkonost pracovníka. Na základě provedených měření a experimentů bylo již potvrzeno, že komfort skutečně ovlivňuje výkonnost a produktivitu pracovníka. Z vytvořeného grafu je pak možné tvrdit, že pokud jsou pracoviště a jeho pracovní roviny přizpůsobené antropometrickým rozměrům pracovníka s výškou Q, klesá výkonnost ve výškovém intervalu Q-200 mm až Q+200 mm s parabolickou přesností. Úpadek výkonnosti se pak pohybuje exponenciálně a klesá až k rozdílu 23 %.

Protože na pracovišti nastavenému pro pracovníka s výškou Q mohou teoreticky pracovat všichni vyšší pracovníci v intervalu <Q; Q+∞), je rozdíl ve výkonu s přibývající výškou pracovníka ještě větší. Od pracovníkovi výšky Q+200 do Q+∞ křivka exponenciálně klesá až k hodnotám kolem 70 % pracovního výkonu. Takto nízký výkon je způsoben nevhodně nastaveným pracovním místem a neergonomickými opatřeními. Graf 7-5 jasně popisuje maximální výkonnostní rozdíly. Pokud by teoreticky byl uvažován největší výkonnostní rozdíl pak by to byla výkonnost 0 % u pracovníků jejichž výška jim neumožňuje pracovat na pracovišti nastavenému pro vysoké pracovníky.

**Graf 7-5 Porovnání výkonu, [zdroj autor]**




Graf 7-5 popisuje závislost výšky pracovníka a jeho výkonnosti. Pokud je uvažováno nastavení pracovní výšky pro pracovníky unisex (1700 mm) tak výkonnosti ± 15 % dosahují pracovníci ve výškovém intervalu <1540; 1860>. Pro vyšší nebo nižší pracovníky je výkonnost nižší.

*Hypotéza 3*: Komfort na pracovišti ovlivňuje výkonnost pracovníka až o 15 %.

Dle výše uvedených výsledků je možné konstatovat, že hypotéza 3 byla POTVRZENA.

# 8 PŘÍNOSY DISERTAČNÍ PRÁCE

Jedním z hlavních ukazatelů každého průmyslového podniku je produktivita a výkonnost. provedený výzkum by měl přispívat ke zvyšování produktivity, protože společnosti mohou lépe organizovat pracovní podmínky a přizpůsobovat pracoviště svým pracovníků. V této práci byla podrobně analyzována problematika produktivity, výkonnosti pracovníků a vlivů, které produktivitu ovlivňují. Zároveň došlo k definování metrik k měření produktivity práce bez výrazných finančních nákladů. V prostudované literatuře bylo zjištěno, že ergonomie přispívá k pocitu komfortu pracovníků, ovšem nikdy nebylo stanoveno, jak tento komfort ovlivňuje výkonnost a produktivitu prováděných operací. Ačkoliv jsou dobře známé dopady ergonomického nastavení pracoviště, zejména v oblasti nemocí z povolání, tak společnosti koncentrující se zejména na maximální produktivitu mohou tento výzkum využít jako podklad a impuls k efektivnějšímu využívání pracovníků právě spojenému s ergonomií pracoviště.

Disertační práce tak poskytuje inovativní pohled na produktivitu a nastavení pracoviště, který spojuje klasické metody měření produktivity práce s ergonomií pracoviště upravenou pomocí metod průmyslového inženýrství. Na základě všech získaných poznatků lze provést shrnutí přínosů disertační práce nejprve do teoretického přínosu a následně do přínosů pro podnikovou praxi.

## 8.1 Teoretický přínos práce

Hlavním teoretickým přínosem je zmapování vlivů a parametrů na produktivitu práce. Po prostudování odborné literatury bylo zjištěno, že doposud žádná studie nekombinovala metriky měření produktivity práce MTM-1 a REFA společně s ergonomií pracoviště. Doposud neexistoval dokázaný graf produktivity závislý na antropometrických rozměrech pracovníka. Hlavní teoretický přínos vychází z důkladného prostudování dostupné odborné literatury a spočívá ve vytvoření teoretického základu pro racionalizaci pracoviště, která je hlavním faktorem při provedení tohoto výzkumu.

Teoretické přínosy disertační práce lze shrnout v několika bodech:

- Vydefinování faktorů mající vliv na produktivitu práce.
- Výběr a použití dostupným měřících metrik měření produktivity práce.
- Stanovení závislosti ergonomie na výkonu pracovníka.
    - Výpočet a stanovení antropometrických údajů.
    - Vlastnosti prostorového uspořádání.
- Postup při mapování produktivních časů a úpravě pracoviště.
- Vytvoření komplexního metodického grafu výkonnosti závislého na výšce pracovníka.
- Stanovení metodiky výpočtu plánované výkonnosti v závislosti na nastavení pracoviště.
- Vytvoření metodiky predikce výkonu v závislosti na ergonomii pracoviště.

## 8.2 Praktický přínos práce

Z praktického hlediska přináší provedený výzkum ucelený pohled na vliv ergonomického nastavení pracoviště na výkonnost pracovníka. Tato problematika je v praxi častokrát velmi opomíjená. Společnosti se sice snaží optimalizovat pracoviště na univerzální velikost ovšem při snaze o zrychlení, optimalizaci a redukci montážních časů se snaží spíše investovat do technologií a nových přípravků. Tyto investice jsou pak otázkou návratnosti. Zkracování a utahování norem nepřináší vždy kýžený efekt. Společnosti mají často nastavené takové normy, které nelze za normálních podmínek splnit. Pracují pak s plánováním výroby, které neodpovídá skutečnosti a nastává problém v dodavatelském nebo výrobním řetězci.

Samotné nastavování pracovních a montážních norem je velmi citlivé téma. Pokud jsou normy nastaveny tak, že je pracovník plní i s prostoji, pak vzniká plýtvání vlivem nevyužití pracovní síly. Opačný případ nastává, když je norma nastavena tak, že pracovník není schopen jí dosáhnout a pokud přece, tak za cenu vyšší výkonnosti, než je přirozených 100 %. Nalézt správnou hodnotu bývá často oříšek. V této studii proto vznikl postup, jak získat představu o kolísání výkonnosti v závislosti na antropometrických vlastnostech pracovníka.

Výzkum, který byl v této disertační práci proveden dává společnostem jasný impuls, že lze skloubit spokojenost zaměstnanců s vyšší produktivitou. Zaměstnanec, který má pro své potřeby upravené pracoviště je spokojenější, a hlavně má pocit důležitosti pro samotnou společnost. Pokud tedy pracovník cítí takovou důvěru, jeho nálada, pocit, a hlavně výkonnost roste.

Výstupy této práce poukazují na fakt, že ve společnostech pracují zaměstnanci s různou výškou. V rámci genderové politiky a praktických zkušeností nebyly vytvářeny rozdíly mezi muži a ženami a byl vytvořen graf percentilu pro unisex pracovníka, který představuje univerzálního pracovníka v percentilu 50 % všech pracovníků. Tento výzkum usnadní společnostem plánování a vytváření normativů a zrychlí samotný proces nastavování nových i stávajících montážních procesů. Stačí pouze upravit pracoviště pro průměrně vysokého pracovníka ze všech pracovníků, kteří na pracovišti rotují a pak při vytvoření grafu vypočítat výkonnostní interval. Důležitě je že výsledky pracují s maximálním výkonem 100 %, tedy by nikdy neměl nastat případ vytvoření nemoci z povolání nebo přetížení organismu.

Praktické přínosy disertační práce lze shrnout v několika bodech:

- Určení klíčových ukazatelů a jejich vlivů na produktivitu.
- Snadná aplikovatelnost.
- Obecný postup práce při získávání hodnot výkonnosti pracovníků.
- Modifikovatelnost na různé pracovníky.
- Modifikovatelnost na různá montážní pracoviště.
- Při použití analytické části v podobných podnicích (např. dceřiné podniky), nabízí možnost porovnání.

- Vytvoření grafu závislosti výkonu na komfortním nastavení.
- Stanovení výškových intervalů v porovnání s výkonností pracovníka.

## 8.3 Doporučení pro další výzkum

Disertační práce představuje výzkum v oblasti produktivity a jejímu vlivu komfortního nastavení pracoviště na výkonnost pracovníka. Výsledky představují ucelený pohled vlivu výšky osoby na nastavení pracoviště a porovnání tohoto nastavení pro pracovníky s různou výškou.

Doporučení pro další výzkum a práci v dané problematice de provedení širšího spektra náměrů pro různé výšky pracovníků. Analytická část práce představuje detailní popis postup, při kterém byly stanoveny jasné výstupy. Proto je na ní kladen velký důraz. Námětem pro další pokračování v řešené problematice je detailní zpracování vlivu práce s těžkými břemeny na výšku pracoviště a výšku pracovníka. Tato výška by se měla odvíjet od pracovní roviny, která by měla být přizpůsobena pracovníkovým dispozicím.

Výzkum produktivity práce je velmi aktuální téma pro společnosti, které musí flexibilně reagovat na situaci na trhu a na vývoj konkurence. Samotná metodika MTM-1, která byla použita v tomto výzkumu byla vytvořena pomocí statistických metod z určitého množství náměrů, pokusů a experimentů. Konkrétně se jedná o tisíce náměrů a pozorování různých osob při montážních operacích. Ovšem k vytvoření obecně platných časů operací byl snímkován určitý interval výšky pracovníků. Pro přesnější a detailnější rozbor je návrh na vytvoření koeficientu, který by uvažoval výškové rozdíly mezi pracovníky. Konkrétně vytvořit a zpřesnit MTM-1 pro výšky a rozměry pracovníků, kteří neodpovídají zkoumanému intervalu. Takový koeficient by mohl být přepočítáván v závislosti na rozdílu měřené výšky pracovníka. Takový výzkum by jistě vyžadoval velké množství náměrů a pokusů, nicméně výsledek by mohl učinit MTM-1 metodiku účinnou pro všechny analyzované osoby. V současné době se dá předpokládat, že stanovený identifikační kód MTM-1 je pro všechny pracovníky stejný. Ovšem pokud je uvažován například kód pro sáhnutí či přesun tak dle MTM-1 různě vysocí lidé provedou tuto činnost za stejnou dobu. Teoreticky ale pracovník s nižší výškou a kratší paží může provést tuto operaci rychleji. Tím by mohla vzniknout drobná nuance ve výpočtu.

Další oblastí vhodnou pro další rozvinutí stávajícího výzkumu je vliv stárnutí obyvatelstva, a tedy i pracovníků. V tomto výzkumu nebyly uvažovány konkrétní věkové rozdíly, ale ve skutečnosti by bylo jistě zajímavé a doplňující uvažovat, že nejen výška pracovníka a k ní přizpůsobené pracoviště má vliv na produktivitu a výkonnost ale také stárnutí. V dnešní době, kdy i na montážních pracovištích pracují stále starší lidé, protože se hranice odchodu do důchodu stále posouvá, tak tento vliv by byl jistě zajímavou třetí proměnnou.

Jako poslední doporučení je jistě oblast softwarové podpory. Ve studii byl využit software Tecnomatix Jack ovšem bylo nutné tam pracoviště nasimulovat. Existence okamžitého snímkování prováděných procesů a převedení do digitálního módu by celý proces reálného měření velmi urychlilo a poskytlo okamžitou představu o zatížení.

# ZÁVĚR

Cílem disertační práce bylo zpracování výzkumu, který měl za úkol vytvoření metodického grafu stanovujícího odchylky od stoprocentní výkonnosti v závislosti na komfortním nastavení pracoviště. V rámci práce jsou uvedena teoretická východiska na základě, kterých je stanovena vhodná metodika měření časové náročnosti operací. Výsledky studie umožňují okamžitě zhodnotit kolísání výkonnosti pracovníků s různými antropometrickými rozměry na stálém pracovišti. Při využití výpočtového modelu získá podnik metodický postup výpočtu a stanovení odchylek efektivity pracovníků. Zároveň výzkum dokazuje důležitost při správné aplikaci ergonomických metrik a její vliv na produktivitu podnikových procesů.

Na základě rešerší odborných publikací, stanovených tezí a výsledného shrnutí teoretických východisek v oblasti produktivity, faktorů, které produktivitu ovlivňují a jejich propojení s ergonomickými aspekty pracovišť, byly stanoveny hypotézy této práce. Následným provedením a vyhodnocením experimentů monitorování pracovníků s různými antropometrickými vlastnostmi a analýzou jejich pracovních operací na různě nastavitelných pracovištích, došlo k obecným závěrům na jejichž základě došlo k potvrzení či vyvrácení těchto hypotéz. Mimo samotných experimentů došlo k provedení a vyhodnocení analýz RULA v programu Tecnomatix Jack a statistickému zpracování dat v softwaru Microsoft Excel. Protože byla analyzována pracoviště, která umožňují komfortní nastavení a byli vybráni pracovníci s různými tělesnými rozměry bylo nutné získat velké množství dat. Výsledkem tedy bylo zpracování 840 náměrů pracovních procesů a vytvoření 18 analýz MTM-1.

První hypotéza uvádí, že uspořádání pracoviště dle antropometrických parametrů pracovníka přináší zvýšení pocitu komfortu na pracovišti. Tato hypotéza byla potvrzena, byl vytvořen srovnávací výpočet mezi aktuálním a ideálním výkonem, který určil pocit komfortu a jeho přítomnost při ideálním nastavením pracoviště pro konkrétního pracovníka.

Hypotéza zabývající se existencí závislosti mezi mírou komfortu a výkonností pracovníka byla také potvrzena. Byt vytvořen metodický graf, který přesně určuje klesání výkonnosti pracovníka na nevhodně nastavitelných pracovištích. Pro praktičtější využití byl stanoven metodický výpočet pro plánovaní personálního obsazení na různých typech pracovišť.

Vyhodnocení hypotézy, která vychází z tvrzení, že komfort na pracovišti ovlivňuje výkonnost pracovníka až o 15 % bylo na základě výsledků druhé hypotézy jednoduché. Z vytvořeného grafu bylo jasně dokázáno, že ovlivnění výkonu pracovníka tím, že pracuje na přizpůsobeném pracovišti nebo na pracovišti přizpůsobenému jinému pracovníkovi, může dosahovat hodnot až o 30 %.

Všechny výsledky a vyhodnocení výsledkem vzniku modelu prokázání závislosti mezi komfortem pracoviště a výkonností pracovníka a jsou součástí přílohy této disertační práce.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### KNIHY:

[1] KOZLER, Josef a Jan MATĚJKA. *Ekonomika, marketing, management v kostce: [pro střední školy: aktualizováno pro rok 2002]*. 3. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 2002. ISBN 80-7200-579-0.

[2] MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 2000. Nové cesty k vyšší produktivitě: Metody průmyslového inženýrství. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. ISBN 80-902235-6-7.

[3] KLEČKA, Jiří. Nová teorie ekonomiky a managementu organizací a jejich adaptační procesy: Produktivita a její měření – nové přístupy. Praha, 2005-2011 [cit. 2016-08-21]. MSM6138439905.

[4] BUCHTA, Miroslav. Manažerská ekonomika. Pardubice, 2008. Skripta. Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-072-9.

[5] KOŠTURIAK, J., GREGOR, M., a kol. *Jak zvyšovat produktivitu firmy*. Žilina: InForm, 2002. ISBN 80-968583-1-9.ISBN 80-902235-6-7.

[6] KOŠTURIAK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 8086851389.

[7] HUČKA, M., KISLINGEROVÁ E., MALÝ M. a kol. *Vývojové tendence velkých podniků: podniky v 21. století.* 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2011. ISBN 978-80-7400198-7.

[8] BLAŽEK, Ladislav. *Management: organizování, rozhodování, ovlivňování.* 2. rozš. vyd. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4429-2

[9] KERBER, Bill a Brian J. DRECKSHAGE. *Lean supply chain management essentials: a framework for materials managers*. Boca Raton, [Fla.]: CRC Press, 2011. ISBN 978-14398-4082-5.

[10] MCCONNELL, Campbell R., Stanley L. BRUE a David A. MACPHERSON. *Contemporary labour economics.* 8th ed. Boston: McGraw-Hill Higher Education, c2009. ISBN 978-0-07-351132-0.

[11] MAYEROVÁ, M. *Stres, motivace a výkonnost*. 1. vyd. Praha: Grada, 1997. 132 s. ISBN 80-7169-425-8.

[12] ŠTIKAR, Jiří. *Psychologie ve světě práce*. Praha: Karolinum, 2003. ISBN 80-246-0448-5.

[13] ARMSTRONG, Michael. *Řízení lidských zdrojů: nejnovější trendy a postupy.* 10. vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1407.

[14] WAGNEROVÁ, I. *Hodnocení a řízení výkonnosti*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. 117 s. ISBN 978-80-247-2361-7.

[15] KOUBEK, J. *Řízení lidských zdrojů: základy moderní personalistiky*. 4. rozš. a dopl. vyd. Praha: Management Press, 2007. 399 s. ISBN 978-80-7261-168-3.

[16] WAGNEROVÁ, Irena. *Psychologie práce a organizace*: Nové poznatky. První. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3701-0

[17] HALAXA, Vlastimil. *Práce je když… aneb hodiny ekonomiky nejen pro laiky*. Praha: Horizont, 1989. ISBN 80-7012-009-6.

[18] JAKUBÍKOVÁ, Dagmar. *Strategický marketing*. Praha: Grada, 2008. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-2690-8.

[19] ARMSTRONG, Michale a Stephen TAYLOR. *Řízení lidských zdrojů: moderní pojetí a postupy*. 13. vyd. Přeložil M. ŠIKÝŘ. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5258-7.

[20] VEBER, Jaromír. *Management: základy, moderní manažerské přístupy, výkonnost a prosperita*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Management Press, 2009. ISBN 978-80-7261-200-0.

[21] DRUCKER, Peter Ferdinand. *To nejdůležitější z Druckera v jednom svazku*. 2. vydání. Přeložil Pavel MEDEK. Praha: Management Press, 2016. Knihovna světového managementu. ISBN 978-80-7261-397-7.

[22] DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO. *Projektový management podle IPMA*. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4275-5.

[23] BEDRNOVÁ, Eva a Ivan NOVÝ. *Psychologie a sociologie řízení*. 3., rozš. a dopl. vyd. Praha: Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-169-0.

[24] DVOŘÁKOVÁ, Zuzana a kol.. *Řízení lidských zdrojů.* Praha: C. H. Beck, 2012. ISBN 978-80-7400-347-9.

[25] SYNEK, Miloslav, Heřman KOPKÁNĚ a Markéta KUBÁLKOVÁ. *Manažerské výpočty a ekonomická analýza*. Praha: C. H. Beck, 2009. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7400-154-3.

[26] WAGNER, Jaroslav. *Měření výkonnosti: jak měřit, vyhodnocovat a využívat informace o podnikové výkonnosti*. Praha: Grada, 2009. Prosperita firmy. ISBN 978-80-247-2924-4.

[27] SADIKOV, O. N. *Soviet civil law*. Armonk, N.Y.: M.E. Sharpe, c1988. ISBN 0873324293.

[28] UHLIG, Beatris. *Time management: staňte se pánem svého času.* 1. vyd. Praha: Grada, 2008. Praxe. ISBN 978-80-247-2661-8.

[29] VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA. *Podnikové řízení*. Praha: Grada, 2013. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4642-5.

[30] HRONÍK, František. *Hodnocení pracovníků*. Praha: Grada, 2006. Vedení lidí v praxi. ISBN 80-247-1458-2.

[31] IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, c2007. Business books (Computer Press). ISBN 978-80-251-1621-0.

[32] WEIL, David. *Economic Growth*. 2nd ed. Boston: Pearson International Edition, 2009. ISBN 978-0-321-56436-8.

[33] SCHLICK, Christopher, Ralph BRUDER a Holger LUCZAK. *Arbeitswissenschaft* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2018 [cit. 2021-5-14]. ISBN 978-3-662-56036-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-662-56037-2

[34] HERSEY, Paul, and Kenneth H. BLANCHARD,. Management of Organizational Behavior: Utilizing Human Resources, 3rd Ed. *Group & Organization Studies*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.. 1988, **2**(4), 514-515 [cit. 2020-5-14]. ISSN 0364-1082. Dostupné z: doi:10.1177/105960117700200419

[35] AFT, Lawrence S. *Work Measurement Methods and Improvement*. New York: John Wiley & Sons, 2000. ISBN 978-0-471-37089-5

[36] VERLAG Carl Hanser. REFA-Institut e.V.. Arbeitsorganisation erfolgreicher Unternehmen - Wandel in der Arbeitswelt · REFA 1. Auflage 2016, 212 Seiten ISBN 978-3-446-44833-9

[37] Cimino, A. & Longo, Francesco & Mirabelli, Giovanni & Papoff, E.. (2008). Most and MTM for work methods optimization: A real case study based on modeling & simulation. 35-41.

[38] ZADIN, Kjell B. *MOST Work Measurement Systems*. 2., ilustrované vyd. New York: Marcel Dekker, 1990. ISBN 0824776046.

[39] HACKER, W. (1986): Arbeitspsychologie. In: Schriften zur Arbeitspsychologie, Nr. 41. Hrsg. von E. Ulich. Bern/Stuttgart/Toronto: Huber, 1986.

[40] VEBER, Vladimír. *Pracovní prostředí: osvětlení, barevná úprava, hluk, tvarové uspořádání*. 2., přeprac. vyd. Praha: Práce, 1982. Příručky Práce.

[41] BERLIN, Cecilia a Caroline ADAMS. Production Ergonomics: Designing Work Systems to Support Optimal Human Performance. London: Ubiquity Press, 2017. ISBN 978-1-911529-13-2.

[42] GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. *Ergonomie: Optimalizace lidské činnosti*. Praha: Grada Publishing a.s., 2002. ISBN 80-247-0226-6.

[43] MAREK, Jakub a Petr SKŘEHOT. *Základy aplikované ergonomie*. Praha: VÚBP, 2009. Bezpečný podnik. ISBN 978-80-86973-58-6.

[44] KOTRADYOVÁ, Veronika. 11 vlastností podporného prostredia pre človeka. In: *Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie Ergonómia 2017: berieme ergonómiu vážne.* Žilina: Slovenská ergonomická spoločnosť, 2017. ISBN 978-80-970974-3-1.

[45] STANTON, Neville A., Alan HEDGE, Karel BROOKHUIS, Eduardo SALAS a Hal W. HENDRICK. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. B.m.: CRC Press, 2005. ISBN 0-415-28700-6.

[46] PANGARIBUAN, D. M. 2009. *Analisa Postur Kerja dengan Metode RULA pada*, Pegawai Bagian Pelayanan Perpustakaan USU Medan. Tugas Sarjana, Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.

[47] GILBRETH Frank Bunker (1868 bis 1924). Rudolph F. (1994). In: ALMA MATER Consulting Berlin (eds) Klassiker des Managements. Gabler Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-322-82529-2_14. ISBN 978-3-322-82530-8

**ELEKTRONICKÉ ČLÁNKY**:

[48] PRADHAN, Rabindra Kumar a Lalatendu Kesari JENA. Employee Performance at Workplace: Conceptual Model and Empirical Validation. *Business Perspectives and Research* [online]. 2017, 5(1), 69-85 [cit. 2020-8-22]. ISSN 2278-5337. Dostupné z: doi:10.1177/2278533716671630

[49] DIAMANTIDIS, Anastasios D. a Prodromos CHATZOGLOU. Factors affecting employee performance: an empirical approach. *International Journal of Productivity and Performance Management* [online]. 2019, 68(1), 171-193 [cit. 2020-8-22]. ISSN 1741-0401. Dostupné z: doi:10.1108/IJPPM-01-2018-0012

[50] KOSTIUK, Peter F. a Dean A. FOLLMANN. Learning Curves, Personal Characteristics, and Job Performance. *Journal of Labor Economics* [online]. 1989, 7(2), 129-146 [cit. 2020-8-13]. ISSN 0734-306X. Dostupné z: doi:10.1086/298202

[51] FERNANDEZ, Jeffrey E. Ergonomics in the workplace. *Facilities* [online]. 1995, 13(4), 20-27 [cit. 2020-12-13]. ISSN 0263-2772. Dostupné z: doi:10.1108/02632779510083359

[52] DR M VARAPRASADA RAO, DR.VIDHU KAMPURATH P, K ANANDA RAO a MSRK CHAITANYA. Innovative Industrial and Workplace Ergonomics in Modern Organizations. *International Journal of Engineering Research and* [online]. 2015, V4(03) [cit. 2020-12-14]. ISSN 2278-0181. Dostupné z: doi:10.17577/IJERTV4IS030983

[53] PRADHAN, Rabindra Kumar a Lalatendu Kesari JENA. Employee Performance at Workplace: Conceptual Model and Empirical Validation. *Business Perspectives and Research* [online]. 2017, 5(1), 69-85 [cit. 2020-8-13]. ISSN 2278-5337. Dostupné z: doi:10.1177/2278533716671630

[54] O'SULLIVAN, Leonard W. a Timothy J. GALLWEY. Forearm torque strengths and discomfort profiles in pronation and supination. *Ergonomics* [online]. 2007, 48(6), 703-721 [cit. 2020-9-5]. ISSN 0014-0139. Dostupné z: doi:10.1080/00140130500070954

[55] O'SULLIVAN, Leonard W. a Timothy J. GALLWEY. Upper-limb surface electromyography at maximum supination and pronation torques: the effect of elbow and forearm angle. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. 2002, 12(4), 275-285 [cit. 2020-8-15]. ISSN 10506411. Dostupné z: doi:10.1016/S1050-6411(02)00014-7

[56] KHAN, Abid Ali, Leonard O'SULLIVAN a Timothy J. GALLWEY. Effects of combined wrist deviation and forearm rotation on discomfort score. *Ergonomics* [online]. 2009, 52(3), 345-361 [cit. 2020-8-15]. ISSN 0014-0139. Dostupné z: doi:10.1080/00140130802376018

[57] SMITH, Marisa a Umit Sezer BITITCI. Interplay between performance measurement and management, employee engagement and performance. *International Journal of Operations & Production Management* [online]. 2017, 37(9), 1207-1228 [cit. 2020-8-13]. ISSN 0144-3577. Dostupné z: doi:10.1108/IJOPM-06-2015-0313

[58] LAZEAR, Edward P. Performance Pay and Productivity. *American Economic Review* [online]. 2000, 90(5), 1346-1361 [cit. 2020-8-13]. ISSN 0002-8282. Dostupné z: doi:10.1257/aer.90.5.1346

[59] SHAW, Kathryn a Edward P. LAZEAR. Tenure and output. *Labour Economics* [online]. 2008, 15(4), 704-723 [cit. 2020-8-15]. ISSN 09275371. Dostupné z: doi:10.1016/j.labeco.2007.08.004

[60] MAS, Alexandre a Enrico MORETTI. Peers at Work. *American Economic Review* [online]. 2009, 99(1), 112-145 [cit. 2020-8-14]. ISSN 0002-8282. Dostupné z: doi:10.1257/aer.99.1.112

[61] DE GRIP, Andries a Jan SAUERMANN. The Effects of Training on Own and Co-worker Productivity: Evidence from a Field Experiment. *The Economic Journal* [online]. 2012, 122(560), 376-399 [cit. 2020-8-13]. ISSN 0013-0133. Dostupné z: doi:10.1111/j.1468-0297.2012.02500.x

[62] AZMAT, Ghazala a Rosa FERRER. Gender Gaps in Performance: Evidence from Young Lawyers. *Journal of Political Economy* [online]. 2017, 125(5), 1306-1355 [cit. 2020-8-15]. ISSN 0022-3808. Dostupné z: doi:10.1086/693686

[63] BANDIERA, Oriana, Iwan BARANKAY a Imran RASUL. Social Incentives in the Workplace. *Review of Economic Studies* [online]. 2010, 77(2), 417-458 [cit. 2020-8-13]. ISSN 00346527. Dostupné z: doi:10.1111/j.1467-937X.2009.00574.x

[64] WALDINGER, Fabian. Quality Matters: The Expulsion of Professors and the Consequences for PhD Student Outcomes in Nazi Germany. *Journal of Political Economy* [online]. 2010, 118(4), 787-831 [cit. 2020-8-13]. ISSN 0022-3808. Dostupné z: doi:10.1086/655976

[65] TRIPATHY, Surya P. Impact of Motivation on Job Performance of Contractual Staff in Devi Ahilya University Indore (M.P.). *Paripex-Indian Journal of Research* [online]. 2014, 3(5), 1-5 [cit. 2020-8-13]. ISSN 2250-1991. Dostupné z: https://www.worldwidejournals.com/paripex/recent_issues_pdf/2014/May/May_2014_1400307515_767bb_77.pdf

[66] SHAW, Kathryn. Insider econometrics: A roadmap with stops along the way. *Labour Economics* [online]. 2009, 16(6), 607-617 [cit. 2020-11-15]. ISSN 09275371. Dostupné z: doi:10.1016/j.labeco.2009.09.001

[67] BRACHET, Tanguy, Guy DAVID a Andrea M DRECHSLER. The Effect of Shift Structure on Performance. *American Economic Journal: Applied Economics* [online]. 2012, 4(2), 219-246 [cit. 2021-11-15]. ISSN 1945-7782. Dostupné z: doi:10.1257/app.4.2.219

[68] HERMINA, Utin N. a Sri Y. YOSEPHA. The Model of Employee Performance. *International Review of Management and Marketing* [online]. 2019, 9(3), 69-73 [cit. 2020-11-15]. ISSN 2146-4405. Dostupné z: www.econjournals.com

[69] CHUNG, Kae H. a Monica F. ROSS. Differences in Motivational Properties between Job Enlargement and Job Enrichment. *The Academy of Management Review* [online]. 1977, 2(1), 113-122 [cit. 2020-11-15]. ISSN 03637425. Dostupné z: doi:10.2307/257612

[70] Daub, Urban & Gawlick, Sarah & Blab, Florian. (2018). Ergonomic Workplace Design IPA 2018.DOI 10.24406/IPA-N-481686

[71] KUMAR SINGH, THOMAS F. BURGESS AND JOHN HEAP, Sanjay, Nada AL MEHRZI a Sanjay Kumar SINGH. Competing through employee engagement: a proposed framework. *International Journal of Productivity and Performance Management* [online]. 2016, 65(6), 831-843 [cit. 2020-3-5]. ISSN 1741-0401. Dostupné z: doi:10.1108/IJPPM-02-2016-0037

[72] FOX, Robert R., George E. BROGMUS a Wayne MAYNARD. Aging Workers: *Ergonomics*: A Fresh Perspective. Professional Safety [online]. 2015, 60(01), 33-41 [cit. 2020-8-17]. Dostupné z: ASSE:15-01-33

[73] YANG, Yongil, Jessy LABBÉ, Wellington MUCHERO, et al. *Genome-wide analysis of lectin receptor-like kinases in Populus*. BMC Genomics [online]. 2016, 17(1) [cit. 2020-5-14]. ISSN 1471-2164. Dostupné z: doi:10.1186/s12864-016-3026-2

[74] SENCIOLES, Sabrina Vitório OLIVEIRA, Alain Hernández SANTOYO a Faimara do Rocio STRAUHS. Use of Wikis in Organizational Knowledge Management. *Social Networking* [online]. 2016, 05(01), 39-56 [cit. 2021-5-14]. ISSN 2169-3285. Dostupné z: doi:10.4236/sn.2016.51005

[75] ROHMERT, Walter. SIEBER, Walter. SCHUL, Sebastian. *Chancen der beruflichen Rehabilitation von Lern- und Mehrfachbehinderten mit Schädel- Hirn-Verletzungen und -Operationen in einem Berufsbildungswerk*. In: Arbeitsmedizin - Schwerpunkt medizinischer Prävention - Chance für den arbeitenden Menschen. - Hrsg.: Meyer-Flacke, A.; Jansen G. . - Stuttgart: Gentner, S. 269-273, 29. Jahrestagung Arbeitsmedizin 1989, [Konferenzveröffentlichung]

[76] Wijaya, I. S. A., & Muhsin, A. (2018). *Analisa Postur Kerja Dengan Metode Rapid Upper Limb Assessment* (Rula) Pada Oparator Mesin Extruder Di Stasiun Kerja Extruding Pada Pt Xyz. Opsi, 11(1), 49. https://doi.org/10.31315/opsi.v11i1.2200

[77] ABDILLAH, F. 2013. *Analisis Postur Kerja dengan Metode Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) pada Pekerja Kuli Angkut Buah di Agen Ridho Illahi Pasar Johar Kota Semarang. Jurnal Kesehatan Masyarakat FKM Undip. Vol. 2, No. 1, January 2013, pp. 1-10.

**OSTATNÍ ZDROJE**:

[78] ŠIMŮNKOVÁ, Lucie. *Hodnocení produktivity práce v jednotlivých odvětvích národního hospodářství* [online]. České Budějovice, 2010 [cit. 2016-02-8]. Dostupné z: http://invenio.nusl.cz/record/53466. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Ekonomická fakulta

[79] BUREŠ, M. *Metodika digitálního ergonomického návrhu a hodnocení pracovišť ve strojírenských podnicích.* Disertační práce, Západočeská univerzita v Plzni. Plzeň, 2010

[80] *Standards for ergonomics principles relating to the design of work systems and to mental workload: Applied Ergonomics* [online]. 1995 [cit. 2021-2-14]. ISSN 0003-6870. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/0003-6870(95)00029-C

[81] BUREŠ, Marek. *DATA KARTA pro BasicMOST*. (Podklady k přednášce z předmětu KPV/ŘOP). Plzeň: ZČU, 2018.

[82] KÁBELE, Pavel. *Štíhlá výroba – Plýtvání*. (Přednáška z předmětu KPV/MPI). Plzeň: ZČU, 2018.

[83] KÁBELE, Pavel. *Racionalizace- školící materiál*. (V rámci předmětu KPV/MPI). Plzeň: ZČU, 2017.

[84] DIN 33 406: Teil 10: Technische Zeichnungen; Maßeintragung; Begriffe, allgemeine Grundlagen. Dezember 1992 DIN 33 406: Teil 11: Technische Zeichnungen; Maßeintragung; Grundlagen der Anwendung. Dezember 1992 DIN 406: Teil 12: Technische Zeichnungen; Maßeintragung; Eintragung von Toleranzen für Längen-und Winkelmaße. Dezember 1992,

[85] LUŠETIĆ, Tajana, Maja TRSTENJAK a Predrag ĆOSIĆ. *Ergonomic design of workplace* [online]. 2018 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/327542735_ERGONOMIC_DESIGN_OF_WORKPLACE

[86] *22 ways to improve productivity in the workplace* [online]. Velká Británie: Clear Books, 2015 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: https://www.clearbooks.co.uk/themes/revo/media/white-paper/improve-productivity-in-workplace.pdf

[87] DIN 33400: Gestaltung von Arbeitssystemen nach arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen: Begriffe und algemeine Leitzatze. 1983.

[88] DIN EN ISO 7250, Wesentliche Ma e des menschlichen K rpers f r die technische Gestaltung (ISO 7250:1996); Deutsche Fassung EN ISO 7250:1997.

[89] LORENC, M., Závěrečné práce – metodika, In: *Lorenc.info*. [Online] katedra managementu, fakulta podnikohospodářská, VŠE v Praze, 2013. [Citace: 2019. 14 8.], Dostupné z: http://lorenc.info/zaverecne-prace/metodika.htm.

[90] MOLNÁR, Z. Úvod do základů vědecké práce, sylabus pro potřeby semináře doktorandů. Praha, 2005, Vysoká škola ekonomická v Praze, v Fakulta podnikohospodářská, katedra managementu

# SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

**Publikované práce**

[1] KÁBELE, P. Zkracování přestavovacích časů na svařovacím systému. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, 2015. 87 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Milan EDL, Ph.D.

[2] KÁBELE P., BOCHINSKÝ, M., BABOR J., Removing the restrictive conditions for the transition from the Kanban method to milkrun. *Elektronický sborník příspěvků SVOČ,* Plzeň: Západočeská Univerzita 2017. s. 9-18, ISSN 978-80-261-0702-6.

[3] KÁBELE, P., EDL, M. Racionalizačně ergonomické hodnocení pracovního procesu. In *Průmyslové inženýrství sborník příspěvků z konference 2016.* Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016. s. 94-101. ISBN: 978-80-261-0629-6

[4] KÁBELE, P., EDL, M. Mapování faktorů a tvorba modelu pro plánování výroby. In *Průmyslové inženýrství sborník příspěvků z konference 2017*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2017. ISBN: 978-80-261-0629-6

[5] KÁBELE P., BOCHINSKÝ, M., BABOR J., Factor Mapping and Modeling for Production Planning. Proceedings of the 30th Inernational Business Information Management Association (IBIMA) Madrid: *International Business Information Management Association*. IBIMA, 2017. ISBN: 978-0-9860419-9-0

[6] SIMON M., BOCHINSKÝ, M., KÁBELE P., BABOR J., Methodology of Design and Validation of the Shop floor Millrun method, Proceedings of the 28th DAAAM International Symposium, B. Katalinic (Ed.), *Published by DAAAM International*, ISBN 978-3-902734-11-2, 2017. s. 1143-1150. ISSN 1726-9679, Vienna, Austria DOI: 10.2507/28th.daaam.proceedings.159

[7] KÁBELE P., BOCHINSKÝ, M., Warehouse Rationalization Methodology. *Elektronický sborník příspěvků SVOČ,* Plzeň: Západočeská Univerzita, 2018. s 20-28, ISBN 978-80-261-0779-8

[8] KÁBELE, P., EDL, M. Increasing the Efficiency of the Production Process Due to Using Methods of Industrial Engineering. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Design, Simulation and Manufacturing - DSMIE 2019. Heidelberg: Springer, 2020. s. 126-137. ISBN 978-3-030-22364-9, ISSN 2195-4356.

[9] KÁBELE, P., EDL, M. Workplace Optimization Using a Collaborative Robot. Advances in Design, *Simulation and Manufacturing III. DSMIE 2020* In: Lecture Notes in Mechanical Engineering. Heidelberg: Springer, 2020. s. 137-146. ISBN 978-3-030-50793-0 , ISSN 2195-4356

[10] KÁBELE, P., EDL, M., Effect of Workplace Comfort on Operator Performance. *Acta Mechanica Slov* 2020, 24 (1), s. 20-24. doi: 10.21496/ams.2020.015

[11] KÁBELE, P., Zkracování přestavovacích časů. Manufacturing systems today and tomorrow 2015: 9th annual international conference 2015. Liberec 26.-27.11. 2015. proceedings. 2015. ISBN 978-80-7494-256-3.

[12] KÁBELE, P., EDL, M. Optimization work with a digital human model. Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. DSMIE 2021 In: Lecture Notes in Mechanical

Engineering. Heidelberg: Springer, 2021. s. 183-192. ISBN 978-3-030-77823-1, ISSN 2195-435

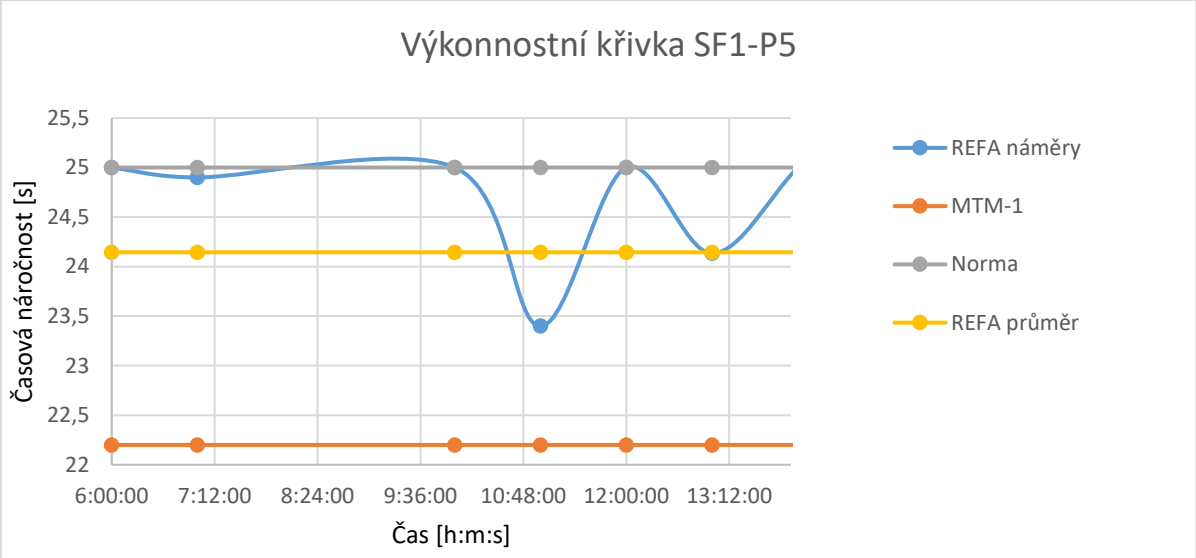
# SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA č. 1 ..... ii
PŘÍLOHA č. 2 ..... vii
PŘÍLOHA č. 3 ..... xi
PŘÍLOHA č. 4 ..... xv
PŘÍLOHA č. 5 ..... xviii

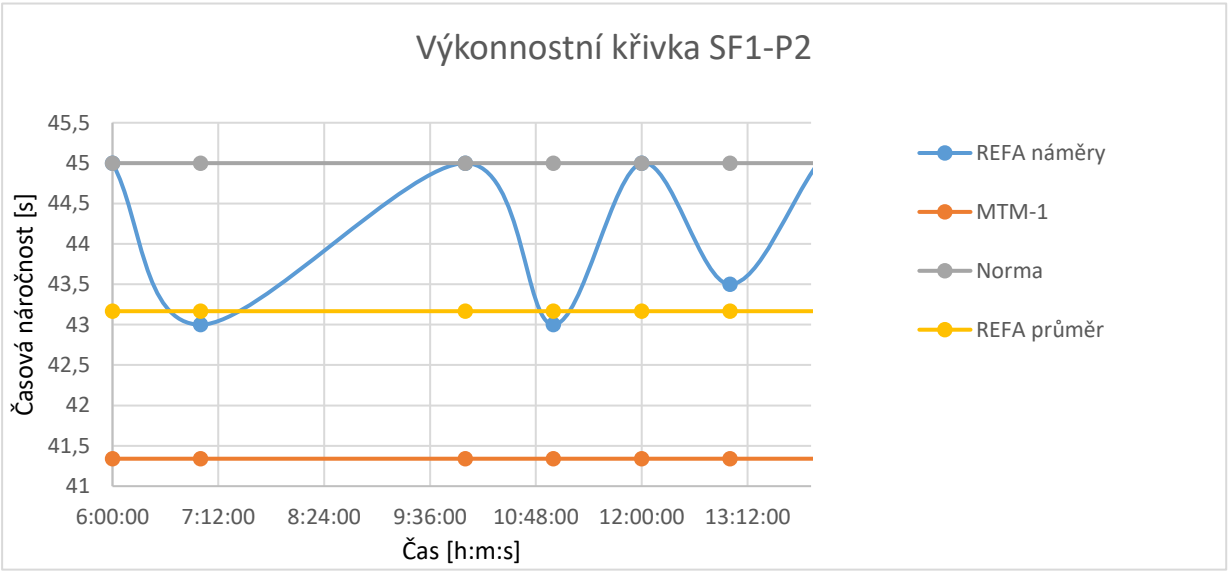
# PŘÍLOHA č. 1

## Výkonnostní křivky

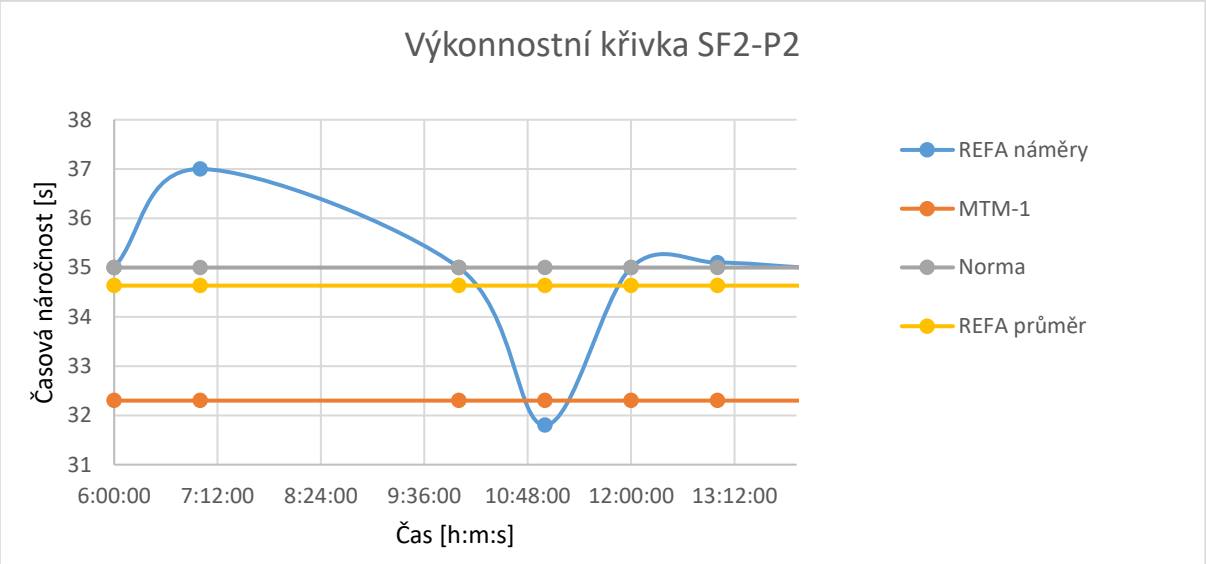
| | Nástup | REFA 1 | Oběd | REFA 2 | Pauza | REFA 3 | Konec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6:00:00 | 7:00:00 | 10:00:00 | 11:00:00 | 12:00:00 | 13:00:00 | 14:00:00 |
| REFA náměry | 25 | 24,9 | 25 | 23,4 | 25 | 24,1 | 25 |
| MTM-1 | 22,2 | 22,2 | 22,2 | 22,2 | 22,2 | 22,2 | 22,2 |
| Norma | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| REFA průměr | 24,1 | 24,1 | 24,1 | 24,1 | 24,1 | 24,1 | 24,1 |



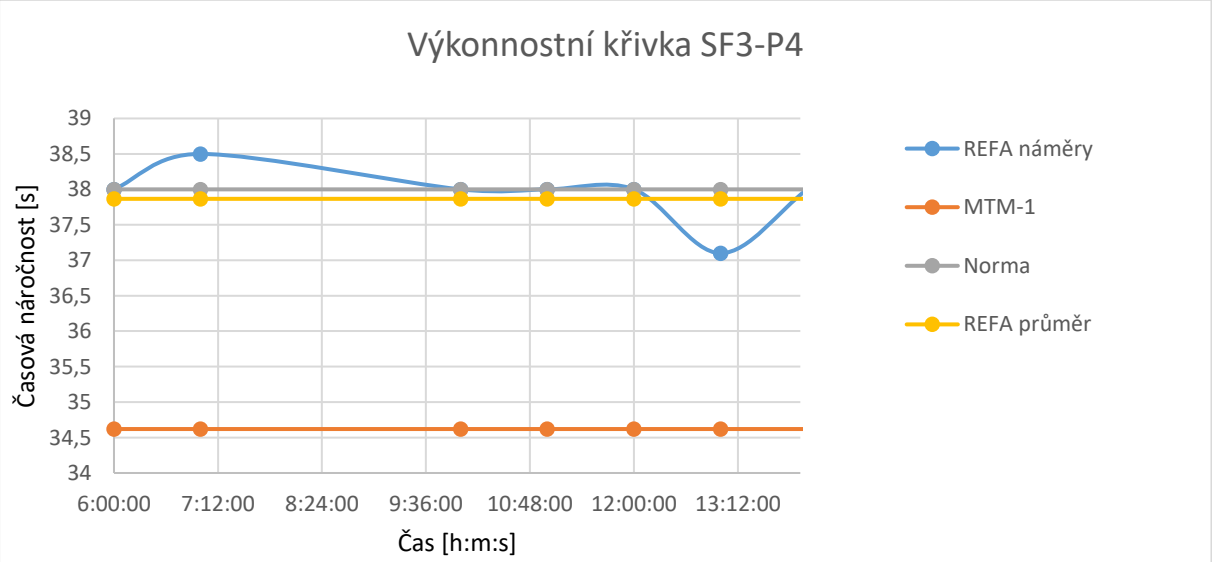

| | Nástup | REFA 1 | Oběd | REFA 2 | Pauza | REFA 3 | Konec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6:00:00 | 7:00:00 | 10:00:00 | 11:00:00 | 12:00:00 | 13:00:00 | 14:00:00 |
| REFA náměry | 45 | 43,0 | 45 | 43 | 45 | 43,5 | 45 |
| MTM-1 | 41,34 | 41,34 | 41,34 | 41,34 | 41,34 | 41,34 | 41,34 |
| Norma | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| REFA průměr | 43,2 | 43,2 | 43,2 | 43,2 | 43,2 | 43,2 | 43,2 |



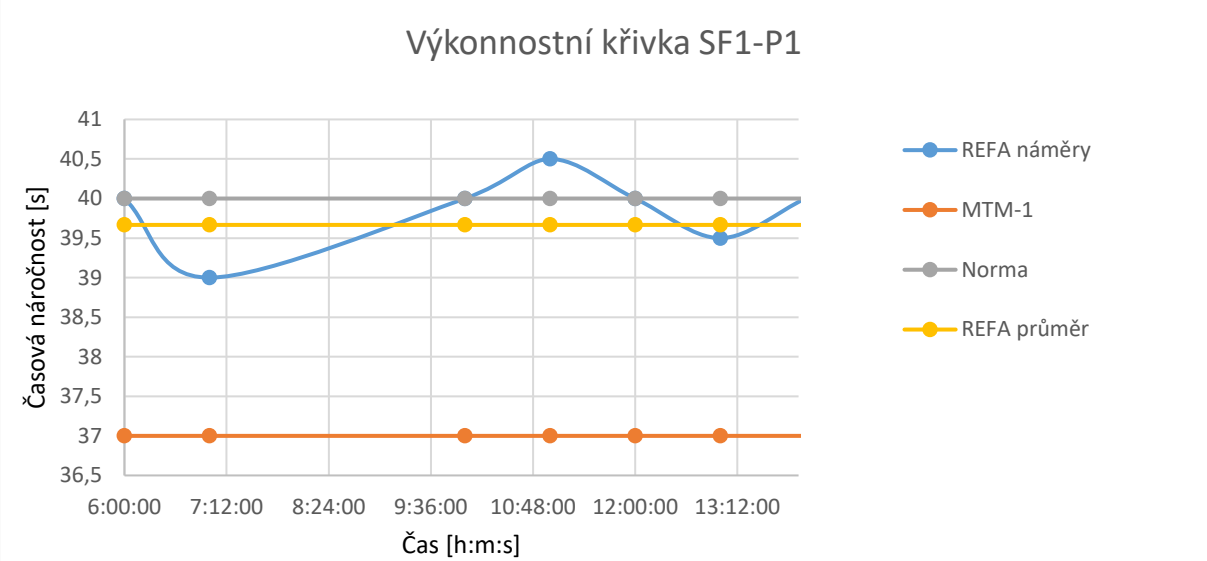
| | Nástup | REFA 1 | Oběd | REFA 2 | Pauza | REFA 3 | Konec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6:00:00 | 7:00:00 | 10:00:00 | 11:00:00 | 12:00:00 | 13:00:00 | 14:00:00 |
| REFA náměry | 35 | 37 | 35 | 31,8 | 35 | 35,1 | 35 |
| MTM-1 | 32,3 | 32,3 | 32,3 | 32,3 | 32,3 | 32,3 | 32,3 |
| Norma | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| REFA průměr | 34,6 | 34,6 | 34,6 | 34,6 | 34,6 | 34,6 | 34,6 |



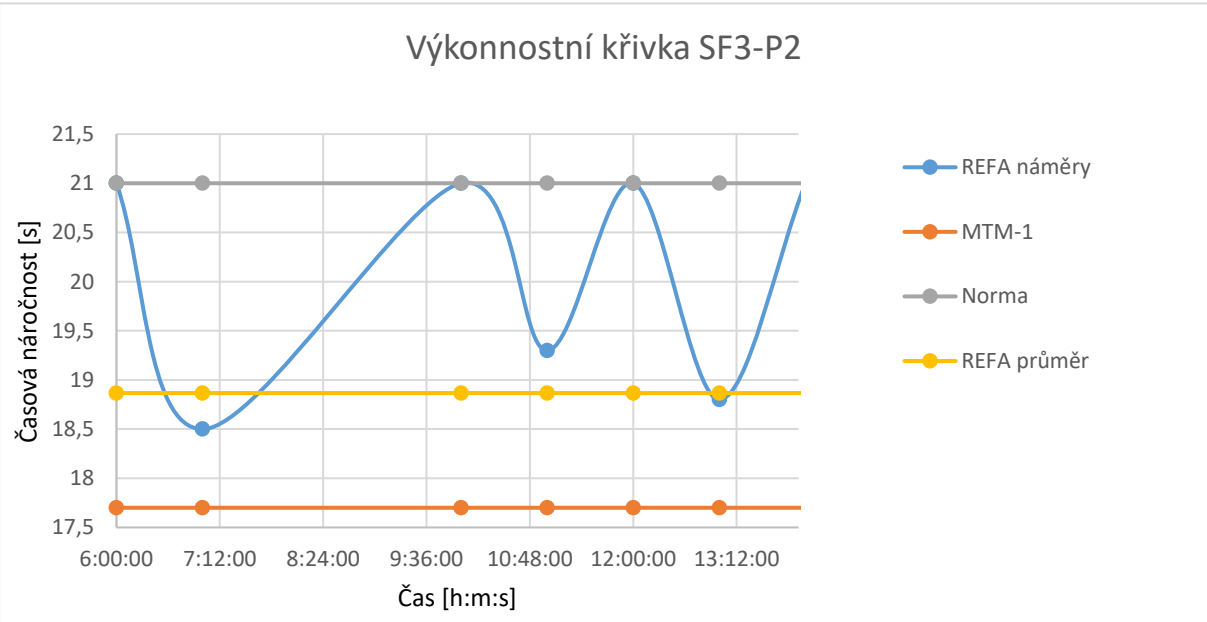

| | Nástup | REFA 1 | Oběd | REFA 2 | Pauza | REFA 3 | Konec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6:00:00 | 7:00:00 | 10:00:00 | 11:00:00 | 12:00:00 | 13:00:00 | 14:00:00 |
| REFA náměry | 38 | 38,5 | 38 | 38 | 38 | 37,1 | 38 |
| MTM-1 | 34,62 | 34,62 | 34,62 | 34,62 | 34,62 | 34,62 | 34,62 |
| Norma | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| REFA průměr | 37,9 | 37,9 | 37,9 | 37,9 | 37,9 | 37,9 | 37,9 |



| | Nástup | REFA 1 | Oběd | REFA 2 | Pauza | REFA 3 | Konec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6:00:00 | 7:00:00 | 10:00:00 | 11:00:00 | 12:00:00 | 13:00:00 | 14:00:00 |
| REFA náměry | 40 | 39 | 40 | 40,5 | 40 | 39,5 | 40 |
| MTM-1 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 |
| Norma | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| REFA průměr | 39,7 | 39,7 | 39,7 | 39,7 | 39,7 | 39,7 | 39,7 |

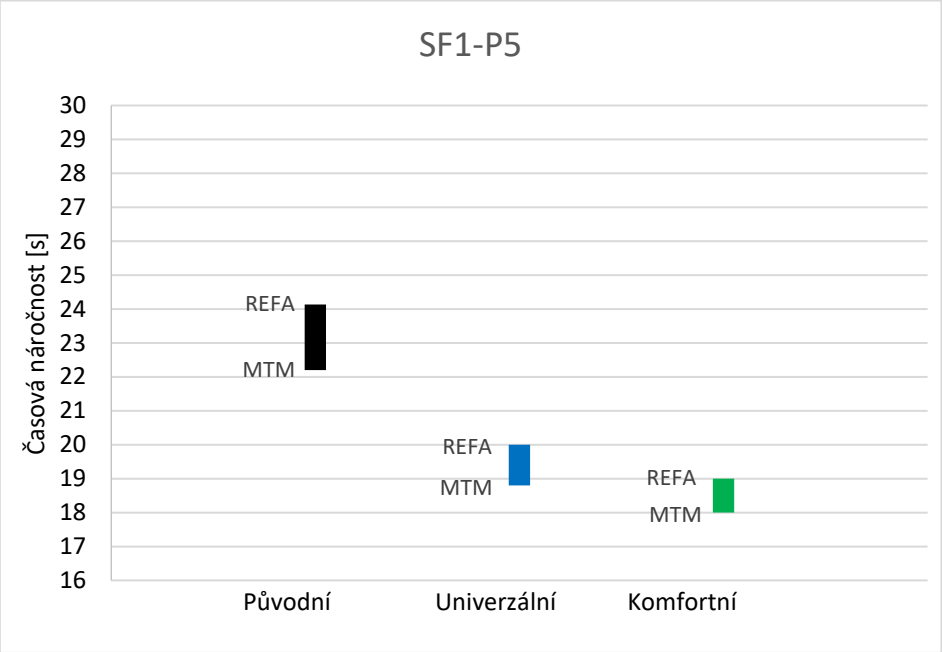


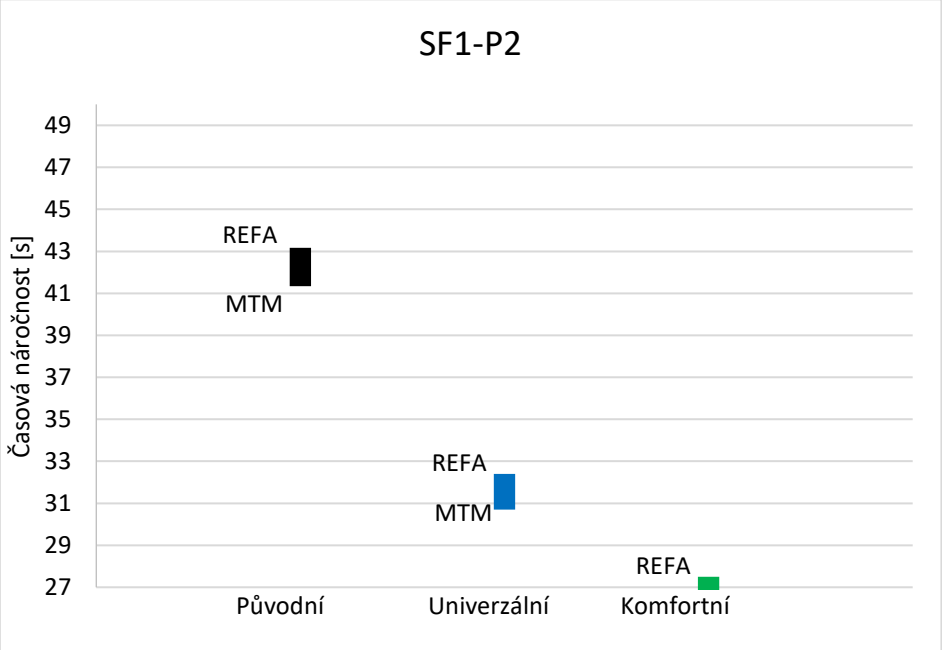

| | Nástup | REFA 1 | Oběd | REFA 2 | Pauza | REFA 3 | Konec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6:00:00 | 7:00:00 | 10:00:00 | 11:00:00 | 12:00:00 | 13:00:00 | 14:00:00 |
| REFA náměry | 21 | 18,5 | 21 | 19,3 | 21 | 18,8 | 21 |
| MTM-1 | 17,7 | 17,7 | 17,7 | 17,7 | 17,7 | 17,7 | 17,7 |
| Norma | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| REFA průměr | 18,9 | 18,9 | 18,9 | 18,9 | 18,9 | 18,9 | 18,9 |

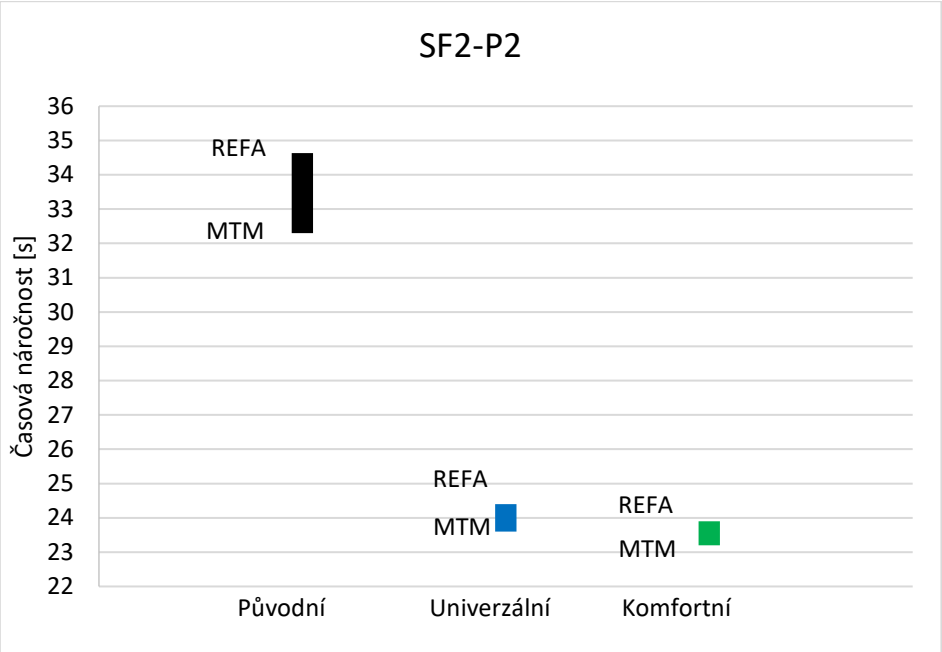


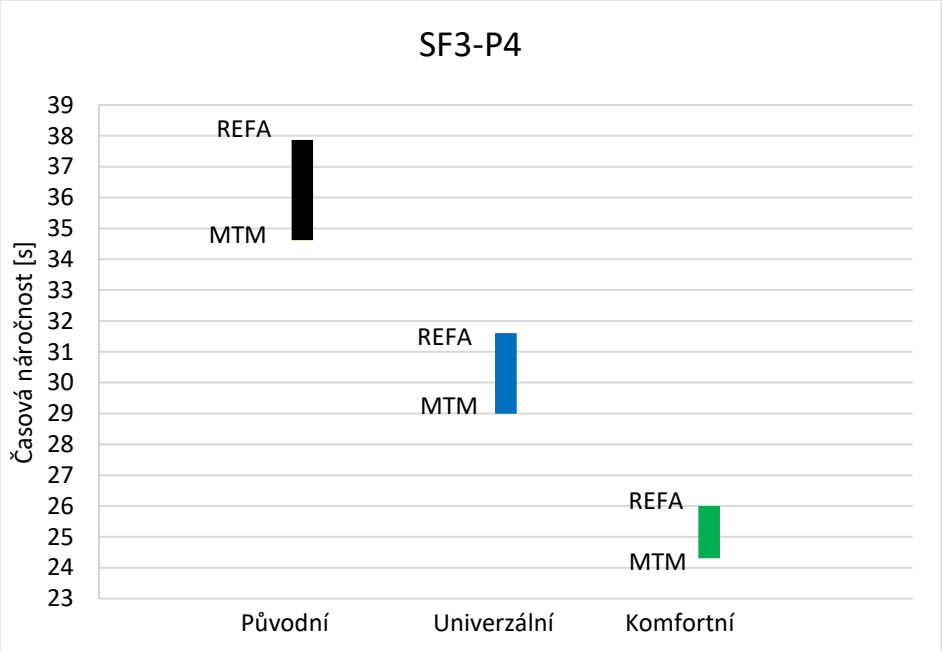
# PŘÍLOHA č. 2

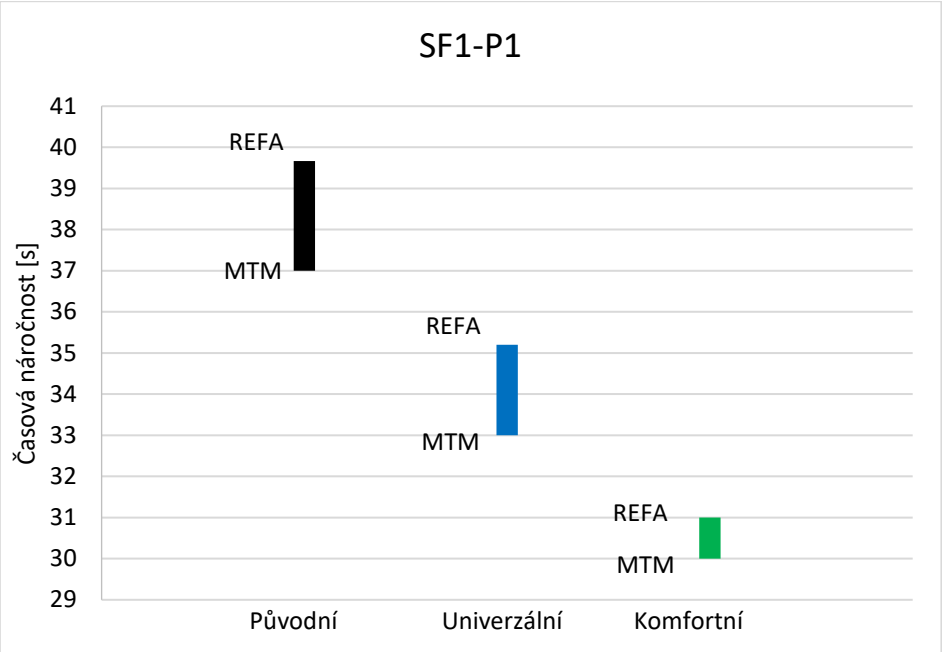
## Porovnávací grafy

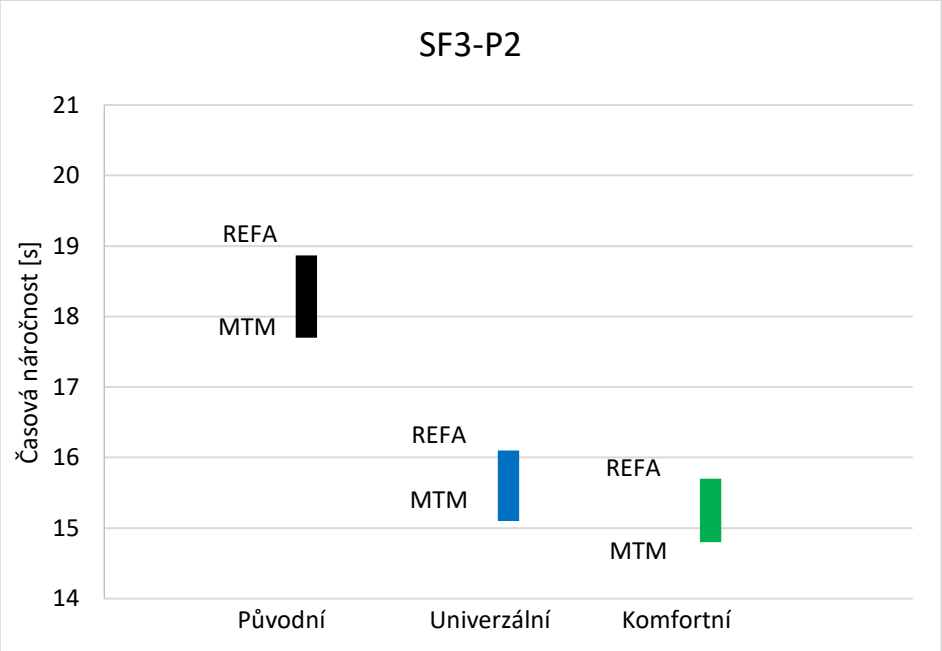

SF1-P5
Časová náročnost [s]
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
REFA
MTM
REFA
MTM
REFA
MTM
Původní
Univerzální
Komfortní


SF1-P2
Časová náročnost [s]
49
47
45
43
41
39
37
35
33
31
29
27
REFA
MTM
REFA
MTM
REFA
Původní
Univerzální
Komfortní


SF2-P2
Časová náročnost [s]
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
REFA
MTM
REFA
MTM
REFA
MTM
Původní
Univerzální
Komfortní

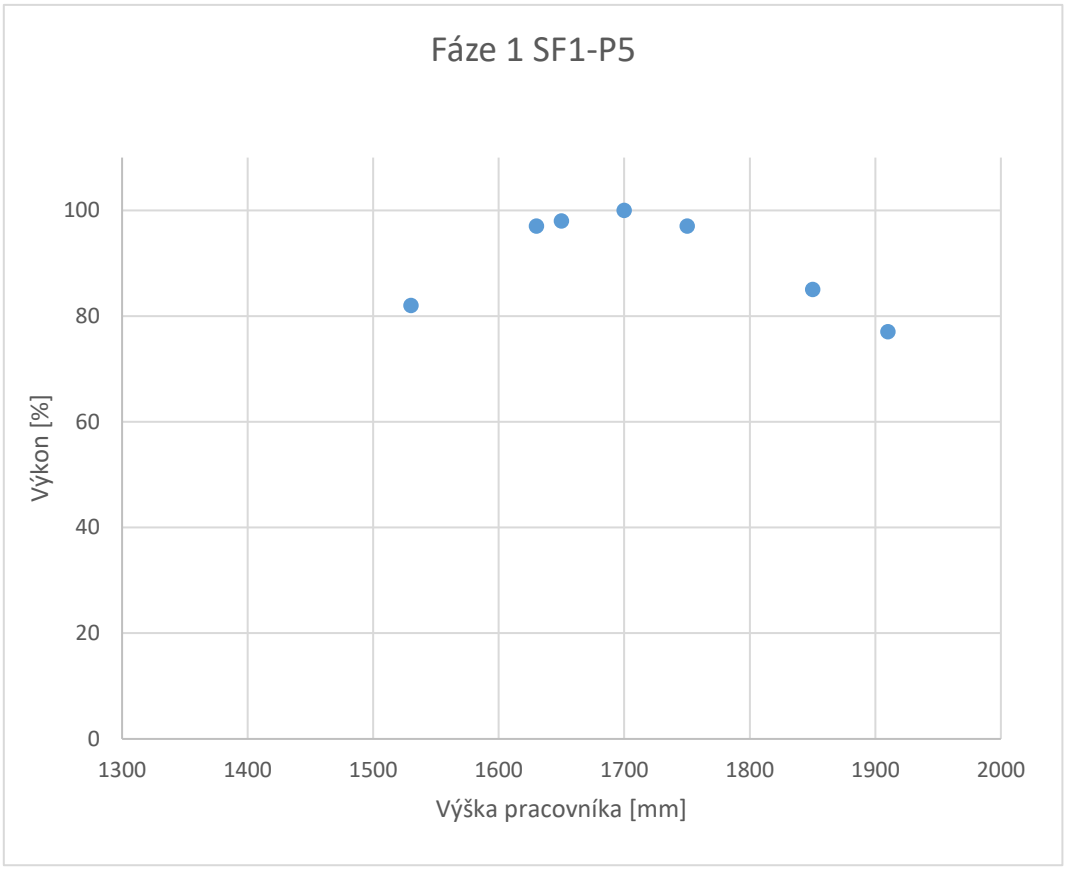

SF3-P4
Časová náročnost [s]
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
REFA
MTM
REFA
MTM
REFA
MTM
Původní
Univerzální
Komfortní

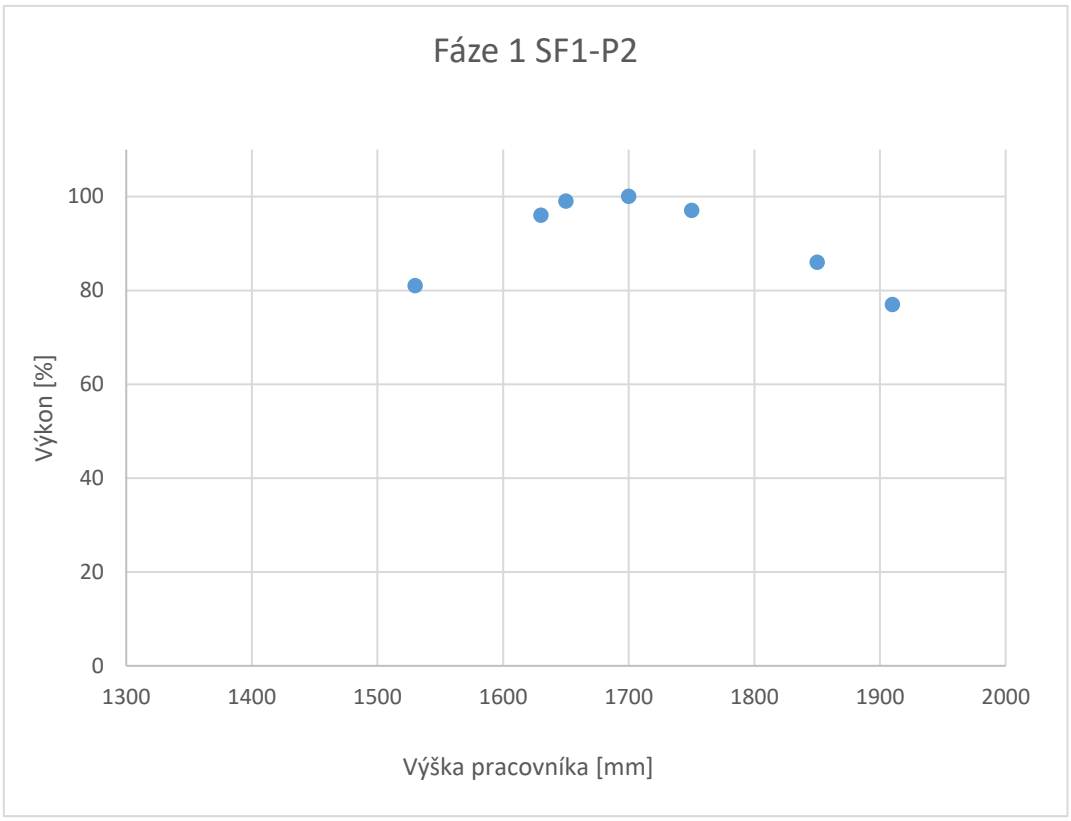

SF1-P1
Časová náročnost [s]
41
40
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
REFA
MTM
REFA
MTM
REFA
MTM
Původní
Univerzální
Komfortní

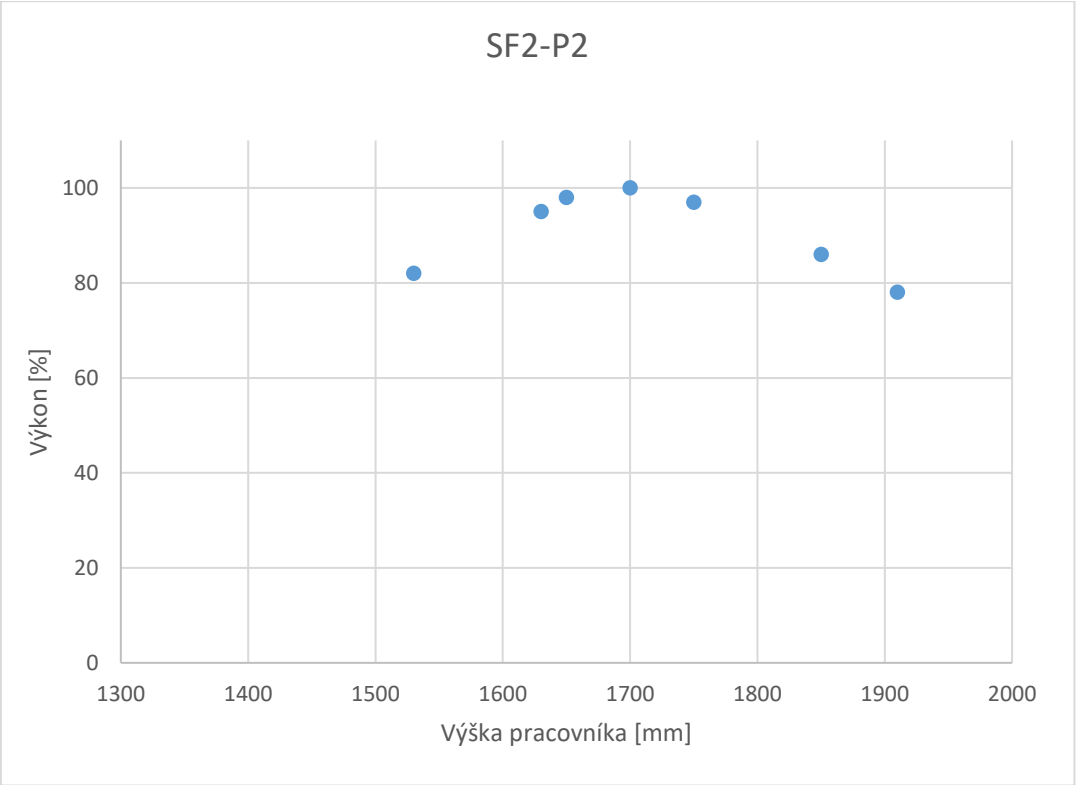

SF3-P2
Časová náročnost [s]
21
20
19
18
17
16
15
14
REFA
MTM
REFA
MTM
REFA
MTM
Původní
Univerzální
Komfortní

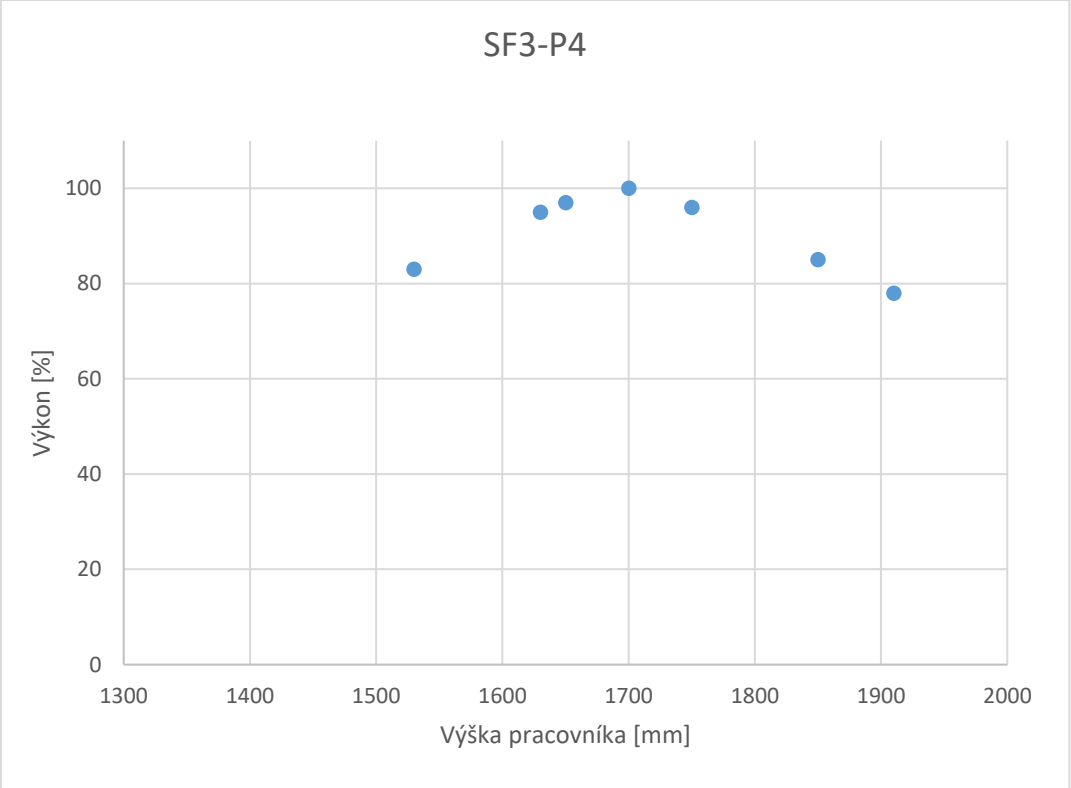
# PŘÍLOHA č. 3

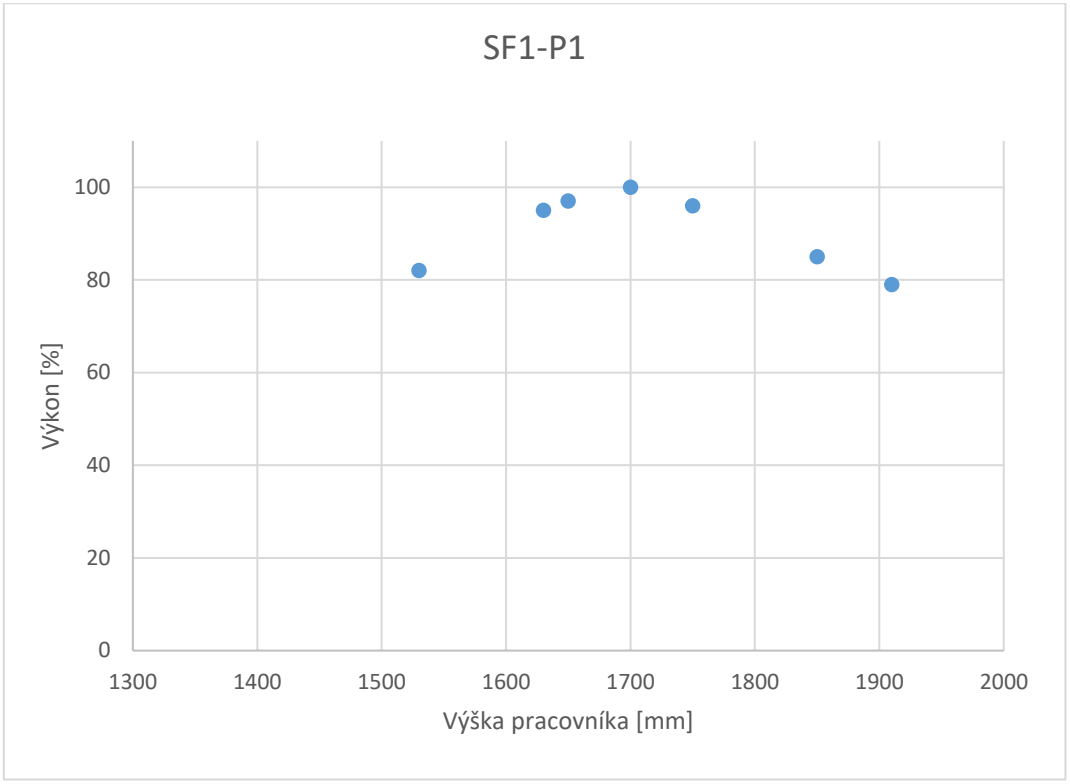
## Výkonnostní grafy fáze 1

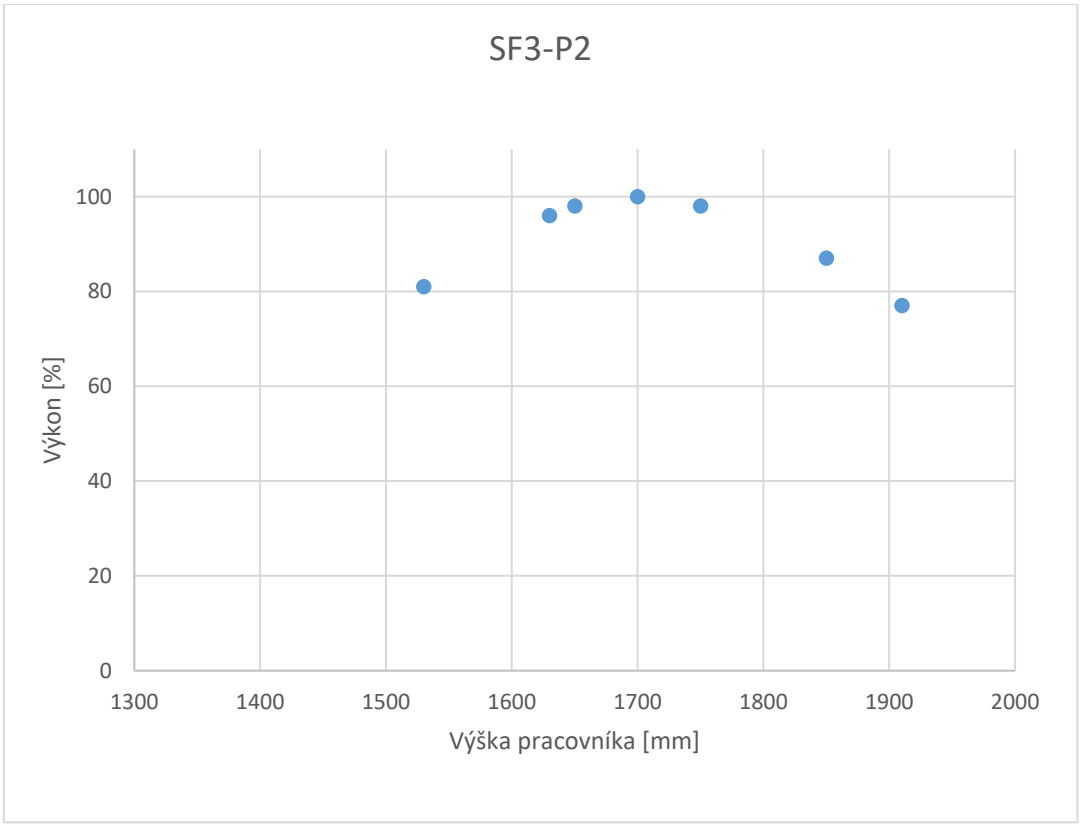

Fáze 1 SF1-P5
Výkon [%]
0
20
40
60
80
100
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
Výška pracovníka [mm]


Fáze 1 SF1-P2
Výkon [%]
0
20
40
60
80
100
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
Výška pracovníka [mm]


SF2-P2
Výkon [%]
0
20
40
60
80
100
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
Výška pracovníka [mm]

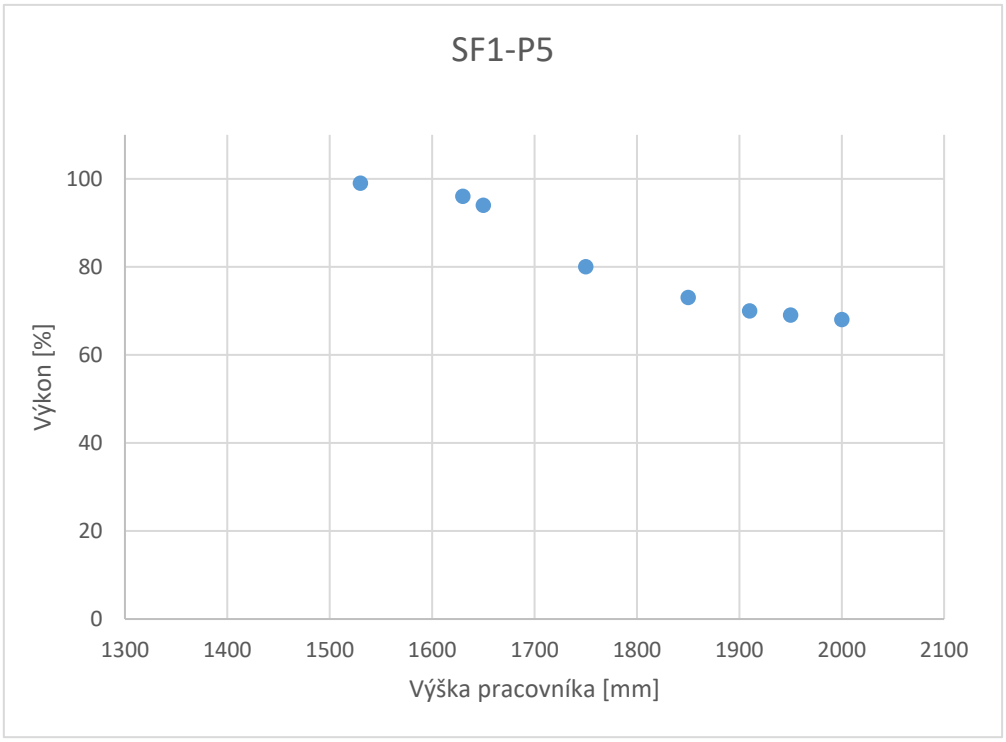

SF3-P4
Výkon [%]
0
20
40
60
80
100
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
Výška pracovníka [mm]

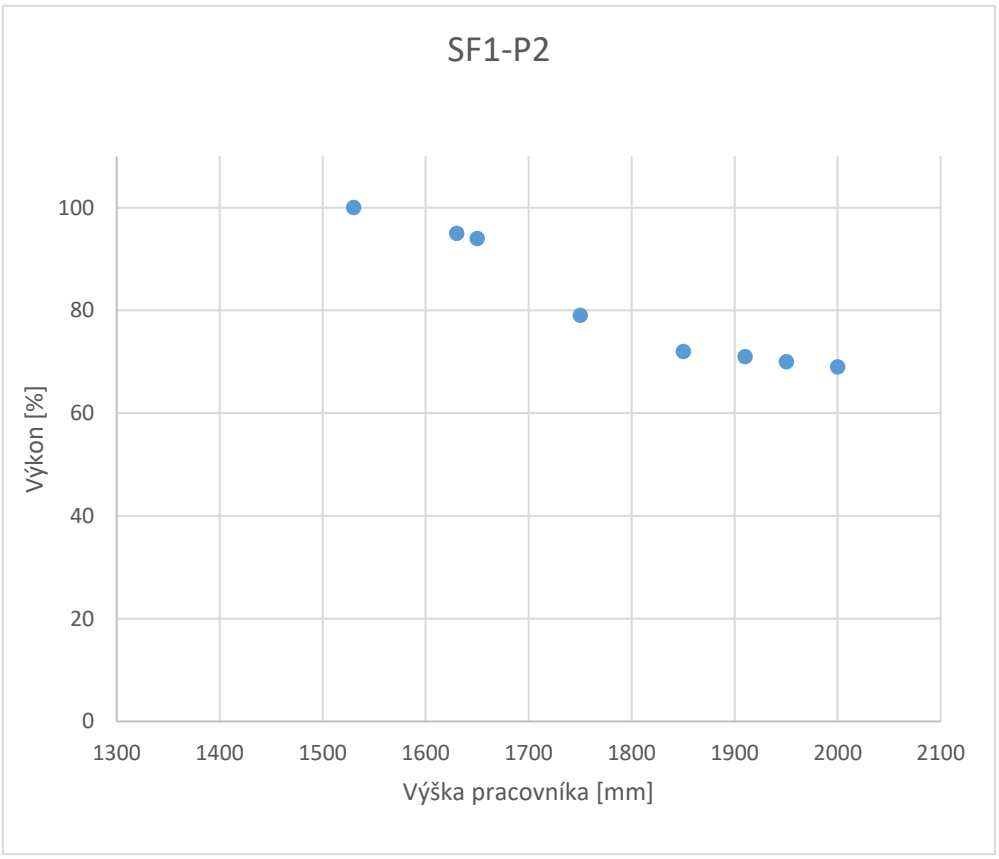

SF1-P1
Výkon [%]
100
80
60
40
20
0
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
Výška pracovníka [mm]

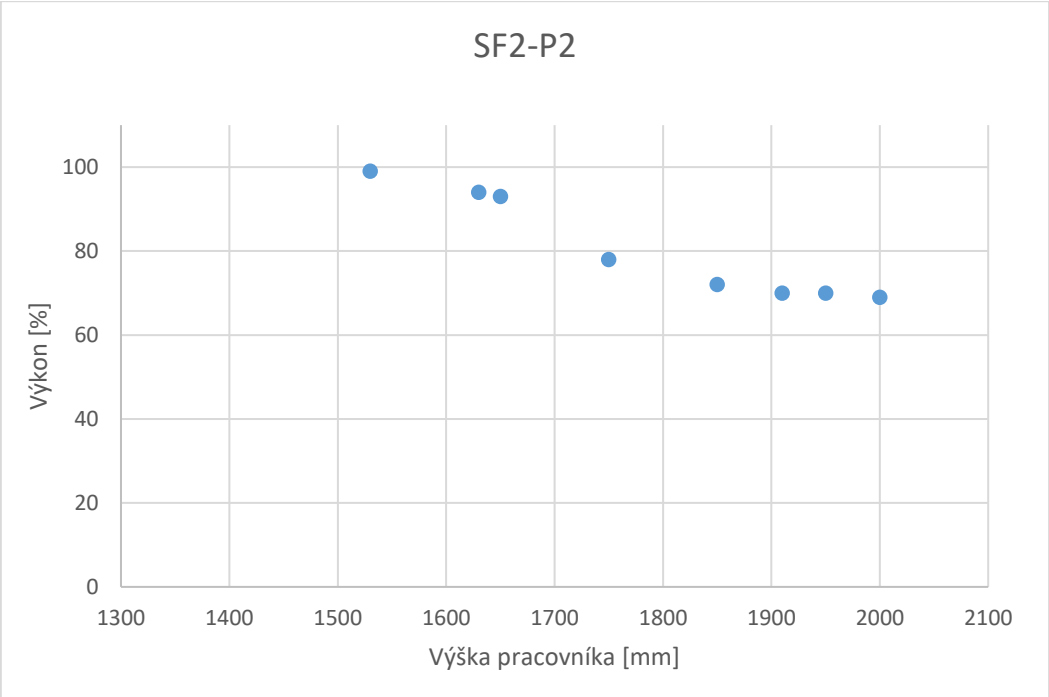

SF3-P2
Výkon [%]
100
80
60
40
20
0
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
Výška pracovníka [mm]

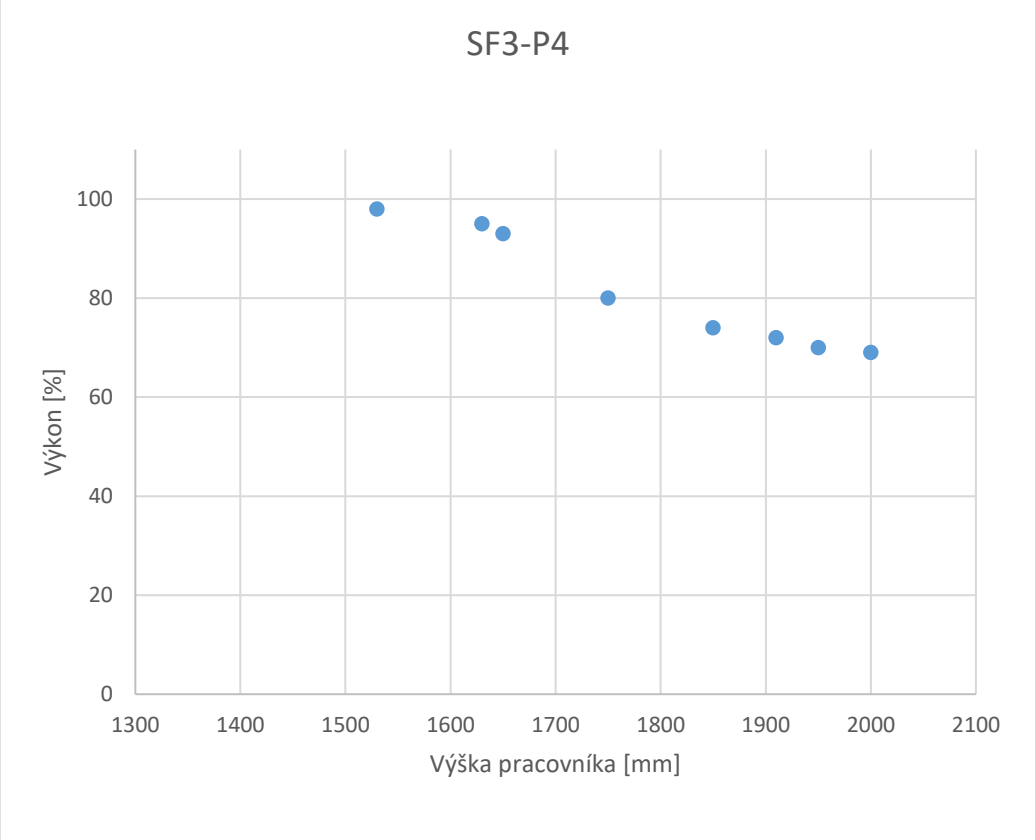
# PŘÍLOHA č. 4

## Výkonnostní grafy fáze 2


SF1-P5
Výkon [%]
0
20
40
60
80
100
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
Výška pracovníka [mm]

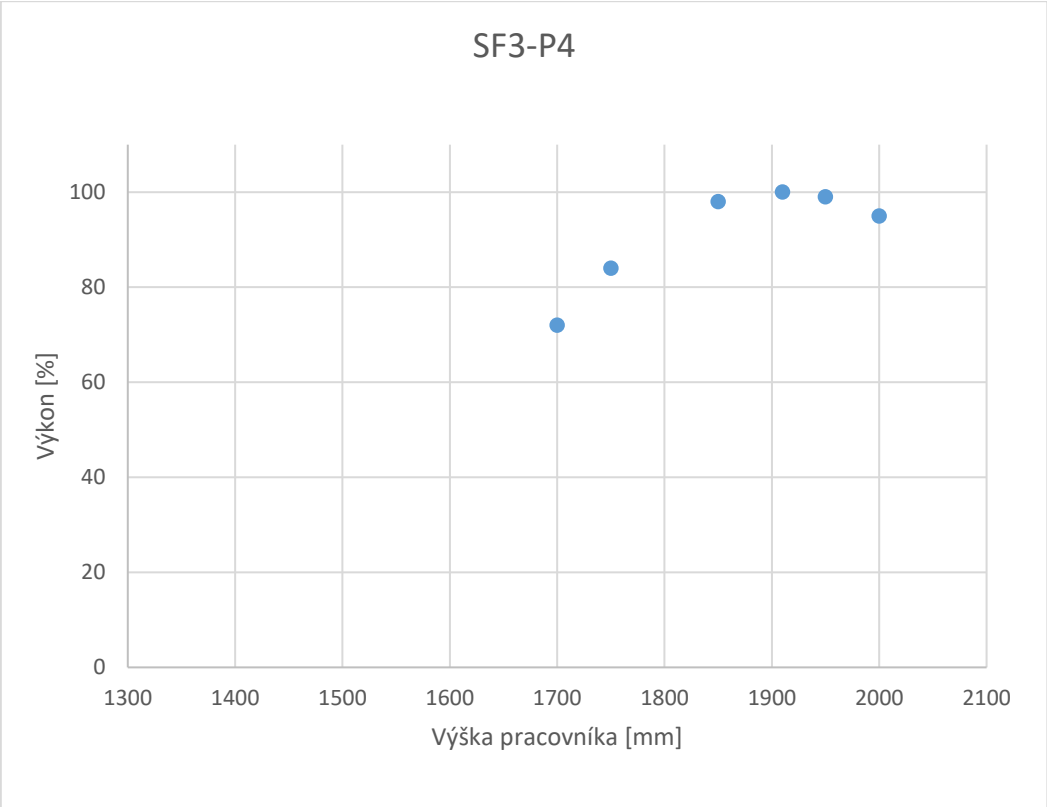

SF1-P2
Výkon [%]
0
20
40
60
80
100
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
Výška pracovníka [mm]

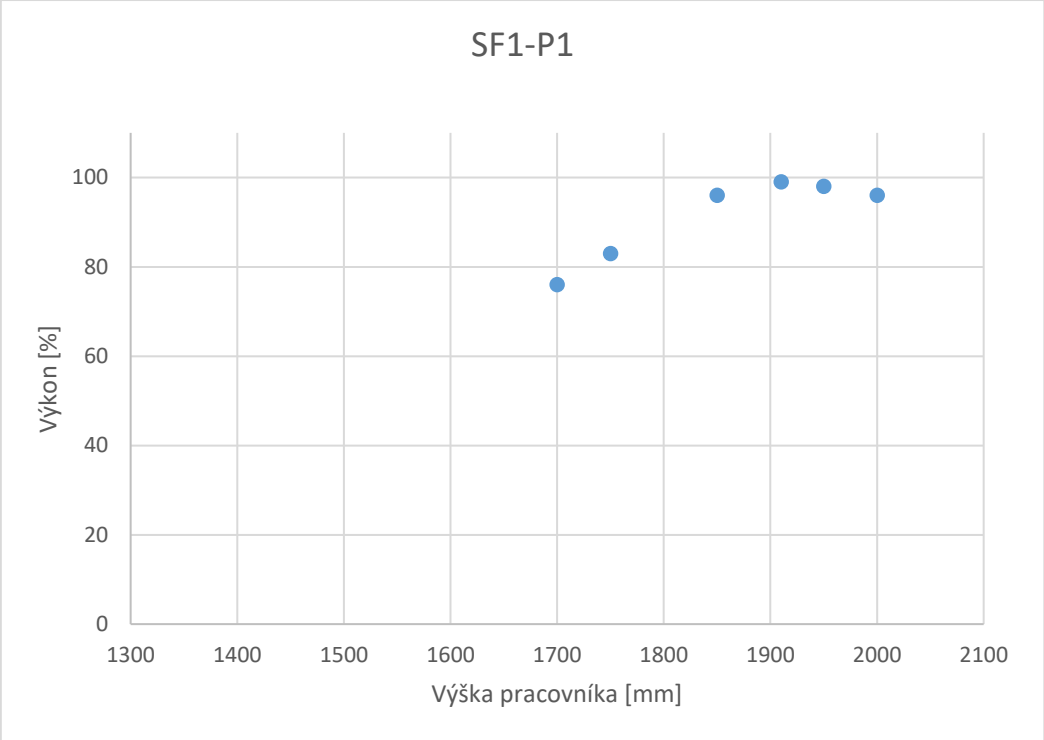

SF2-P2
Výkon [%]
100
80
60
40
20
0
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
Výška pracovníka [mm]

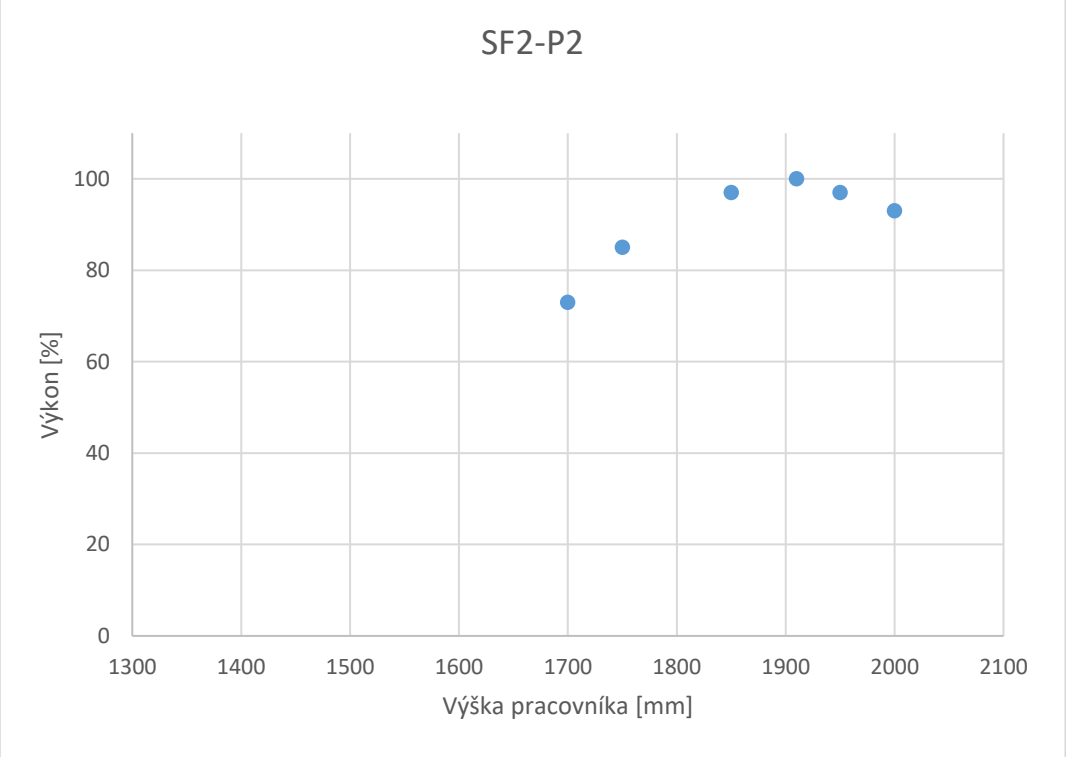

SF3-P4
Výkon [%]
100
80
60
40
20
0
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
Výška pracovníka [mm]

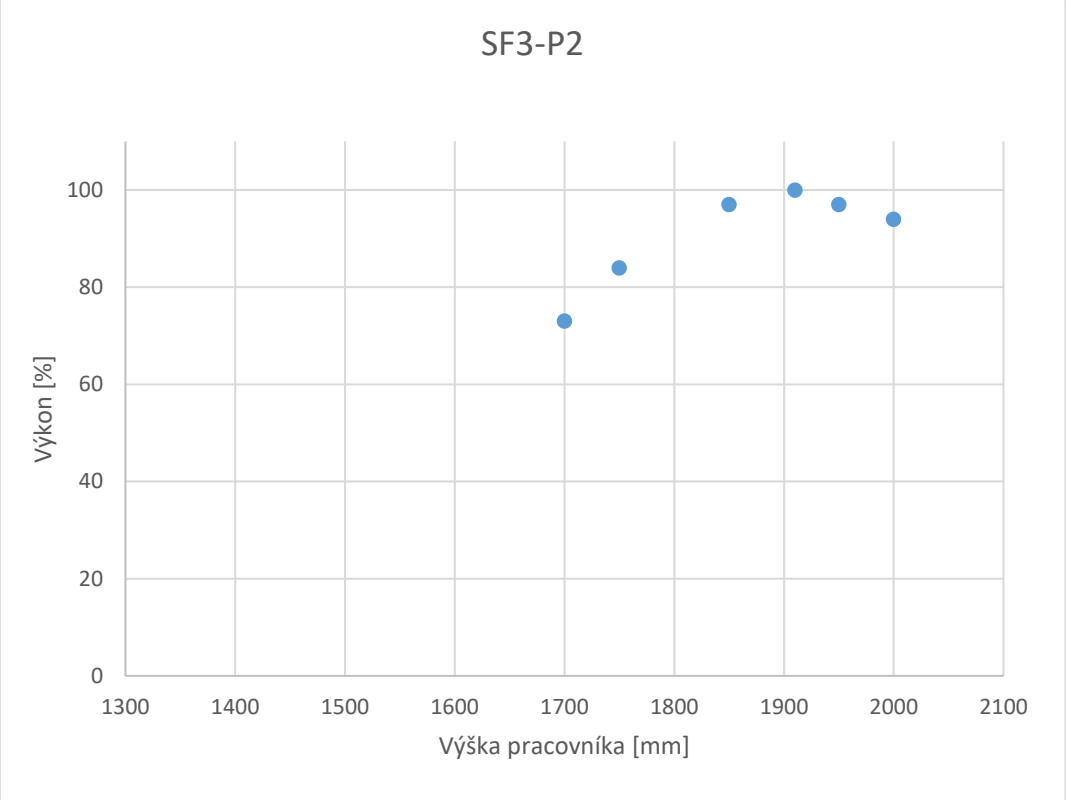
# PŘÍLOHA č. 5

## Výkonnostní grafy fáze 3


SF3-P4
Výkon [%]
0
20
40
60
80
100
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
Výška pracovníka [mm]


SF1-P1
Výkon [%]
0
20
40
60
80
100
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
Výška pracovníka [mm]


SF2-P2
Výkon [%]
0
20
40
60
80
100
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
Výška pracovníka [mm]


SF3-P2
Výkon [%]
0
20
40
60
80
100
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
Výška pracovníka [mm]