

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 – Strojní inženýrství
Studijní specializace: Průmyslové inženýrství a management

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv ergonomie na zefektivnění výrobního procesu

Autor: Vojtěch RAMEŠ
Vedoucí práce: Ing. Filip RYBNIKÁR

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vojtěch RAMEŠ**
Osobní číslo: **S20B0223P**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Specializace: **Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Vliv ergonomie na zefektivnění výrobního procesu**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Hodnocení výrobních procesů
2. Časové, prostorové a ergonomické studie
3. Identifikace ovlivňujících parametrů na hodnocení procesu
4. Ověření vlivu a stanovení hodnot
5. Závěr a zhodnocení

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **0**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. LANDA, Václav. *Základy normování práce: Praktická příručka pro začínající normovače, technology a začínající mistry výroby*. Louny: Rytmus-Václav Landa, 2019. ISBN 978-80-270-5483-1
2. JUROVÁ, Marie. a kol. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada, 2016. ISBN 9788027193301.
3. SHORROCK, Steven. WILLIAMS, Claire. *Human Factors and Ergonomics in Practice*. 1. vydání. CRC Press, 2017. 422 s. ISBN 9781472439253.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Filip Rybníkář**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Pavel Vránek**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

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

L.S.

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

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

Prohlášení o autorství

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

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Rameš	Jméno Vojtěch	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715A270013 Strojní inženýrství		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Rybníkář	Jméno Filip	
PRACOVISŤE	ZČU - FST – KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Vliv ergonomie na zefektivnění výrobního procesu		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	43	TEXTOVÁ ČÁST	30	GRAFICKÁ ČÁST	13
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Bakalářská práce obsahuje experiment zkoumající, zda vliv ergonomie má podíl na zefektivnění výrobního procesu. V teoretické části práce jsou zpracovány znalosti potřebné k pochopení problematiky výzkumu. V praktické části je popsán experiment probíhající na referenčním a racionalizovaném pracovišti. Cílem práce je pomocí získaných hodnot na pracovištích dokázat, že ergonomie jako kvalitativní parametr má vliv na zefektivnění výrobního procesu.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>Racionalizace pracoviště, ergonomie, zefektivnění, čas</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Rameš	Name Vojtěch	
STUDY PROGRAMME	B0715A270013 Mechanical Engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Rybníkář	Name Filip	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	The effect of ergonomics on the efficiency of the production process		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2023
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	43	TEXT PART	30	GRAPHICAL PART	13
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The bachelor thesis contains an experiment investigating whether the influence of ergonomics has a contribution to the efficiency of the production process. The theoretical part of the thesis elaborates the knowledge needed to understand the research problem. The practical part describes the experiment conducted in a reference and rationalised workplace. The aim of the thesis is to prove, by means of the values obtained at the workplaces, that ergonomics as a qualitative parameter has an influence on the streamlining of the production process.</p>
KEY WORDS	Workplace rationalization, ergonomics, streamlining, time

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	9
Seznam grafů.....	10
Seznam příloh.....	11
Úvod.....	12
1 Hodnocení výrobních procesů.....	13
1.1 Zvyšování výkonnosti procesu	14
1.2 KPI (Key Performance Indicator).....	19
1.3 Přístupy hodnocení produktivity v podniku	21
1.3.1 Produktivita osob.....	22
1.3.2 Produktivita strojů.....	22
1.3.3 OEE	23
2 Časová, prostorová a ergonomická studie.....	25
2.1 Časová studie.....	25
2.1.1 Přímé měření	25
2.1.2 Nepřímé měření.....	27
2.2 Prostorová studie	28
2.3 Ergonomická studie	29
3 Identifikace ovlivňujících parametrů na hodnocení procesu.....	32
3.1 Popis experimentu	32
3.2 Popis procesu.....	34
3.3 Popis pracoviště – současný stav.....	35
3.4 Popis pracoviště – racionalizovaný stav	36
3.5 Porovnání variant pracovišť	39
4 Ověření vlivu a stanovení hodnot.....	44
4.1 Vliv ergonomie na spotřebu času	44
4.2 Vliv věku operátora na spotřebu času.....	49
4.3 Časté chyby a kritická místa při měření	51
5 Vyhodnocení	54
Závěr.....	55
Seznam použité literatury.....	56

Seznam obrázků

Obr. 1 Perspektiva BSC a jeho propojení s vizí a strategií podniku [4]	15
Obr. 2 Schéma modelu Malcolma Baldrige [4]	17
Obr. 3 Schéma modelu EFQM Model Excellence [4]	17
Obr. 4 Typy měřítek výkonnosti [16].....	19
Obr. 5 Návodka	33
Obr. 6 Současné pracoviště	35
Obr. 7 Regál se součástkami	35
Obr. 8 Detailní pohled na uspořádání součástek v nejvyšším patře regálu.....	36
Obr. 9 Pohled na ergonomicky racionalizované pracoviště - varianta vestoje	37
Obr. 10 Uspořádání součástek v regálu ergonomicky racionalizovaného pracoviště.....	37
Obr. 11 Pracovní stůl s upořádáním součástek – ergonomická racionalizace	37
Obr. 12 Pohled na ergonomicky racionalizované pracoviště - varianta vsedě.....	38

Seznam tabulek

Tabulka 1 Převod jednotek TMU na další časové jednotky Je zadán neplatný pramen.	27
Tabulka 2 Hodnota času MOST - současné pracoviště.....	36
Tabulka 3 Hodnota času MOST - varianta vsedě	38
Tabulka 4 Hodnota času MOST - varianta vestoje	38
Tabulka 5 Porovnání jednotlivých variant pracovišť	39
Tabulka 6 Zaznamenané časy jednotlivců na referenčním pracovišti věkové skupiny 18-24 let	41
Tabulka 7 Procentuální zastoupení času skutečného vůči času MOST	48
Tabulka 8 Souhrnné časové hodnoty dle věkových skupin a pracovišť	50
Tabulka 9 Skutečné naplnění normovaného výkonu dle metodiky MOST, pracovišť a věkových skupin	51
Tabulka 10 Pořadí umístění věkových skupin na pracovištích dle rychlosti času	51
Tabulka 11 Trendy chyby během měření.....	52

Seznam grafů

Graf 1 Porovnání času MOST na pracovištích a vyobrazení ušetřeného času vůči univerzálnímu času MOST	40
Graf 2 Zobrazení času MOST a skutečných průměrných časů sedmi měření věkové skupiny 18-24 na současném pracovišti	41
Graf 3 Průměrné časy jednotlivců na referenčním pracovišti věku 18-24 let	42
Graf 4 Průměrné časy jednotlivců na referenčním pracovišti věku 25-39 let	42
Graf 5 Průměrné časy jednotlivců na referenčním pracovišti věku 40-54 let	43
Graf 6 Porovnání skutečných hodnot s časem MOST současného pracoviště	45
Graf 7 Porovnání skutečných hodnot s časem MOST - varianta stoj	46
Graf 8 Porovnání skutečných hodnot s časem MOST - varianta sed	47
Graf 9 Vliv operátora na spotřebu času na referenčním pracovišti věkové skupiny 18-24 let	49
Graf 10 Vliv operátora na spotřebu času na racionalizovaném pracovišti vestoje věkové skupiny 25-39 let	50

Seznam příloh

PŘÍLOHA č. 1 MOST-referenční pracoviště.....	i
PŘÍLOHA č. 2 MOST-racionalizované pracoviště vsedě	iii
PŘÍLOHA č. 3 MOST-racionalizované pracoviště vestoje	v
PŘÍLOHA č. 4 Vliv věku operátora na spotřebu času věkové skupiny 18-24 let.....	vii
PŘÍLOHA č. 5 Vliv věku operátora na spotřebu času věkové skupiny 25-39 let.....	ix
PŘÍLOHA č. 6 Vliv věku operátora na spotřebu času věkové skupiny 40-54 let.....	xi

Úvod

Základem každého výrobního podniku je výroba, kterou je snaha v dnešní době, co nejvíce zlepšovat a zefektivňovat. Proto je důležité sledovat parametry, které ovlivňují samotnou výrobu, a díky nim lze hodnotit a následně zlepšovat výrobní procesy. V této práci jsme se zaměřili na parametry kvalitativního typu. Kvalitativní parametry jsou oproti kvantitativním parametrům obtížněji prokazatelné a často na ně v praxi není brán ohled. Konkrétně byla jako pozorovaný parametr vybrána ergonomie.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na montážní procesy, které jsou velmi často používány ve výrobních závodech českých zaměstnavatelů. Většina podniků má svou montáž částečně či plně automatizovanou, ale manuální montáž byla a vždy bude nadále využívána. Pracovníci montážní výroby musí dle zadané normy složit desítky až stovky kusů za svou pracovní směnu. Zde hraje ergonomie svou roli. Jelikož pracovníci opakovaně vykonávají stejné pohyby, může zde dojít kvůli špatnému rozvržení pracoviště ke krátkodobému či dlouhodobému zranění pracovníka. Díky tomuto se také zpomaluje samotný montážní proces. Proto jsou pracoviště racionalizována, aby se předešlo poškození zdraví pracovníků, ušetřil se výrobní čas a proces se zefektivnil. V našem experimentu dojde k ergonomické racionalizaci pracoviště dle antropometrických rozměrů jedince. V této práci se nezabýváme celkovou fyzickou, a lokální svalovou zátěží.

První část této práce je zaměřena na teorii nutnou k pochopení problematiky. Jedná se o metody zvyšování výkonnosti výrobních procesů, popsání časové a ergonomické studie. V druhé části je popsán postup vypracování experimentu a vyhodnocení nalezených výsledků.

Hlavním cílem studie je potvrdit, že kvalitativní parametr, ergonomie, má vliv na zefektivnění výrobního procesu. V experimentu jsou navržena dvě pracoviště, referenční a racionalizované, definovány věkové skupiny probandů a montážní proces. Pomocí naměřených hodnot a metodiky Basic MOST se dojde k vyhodnocení experimentu.

1 Hodnocení výrobních procesů

Hodnocení výrobních procesů je v současné době velmi probírané téma. Výrobní podniky se před sebou předhánějí, kdo bude mít lepší výsledky a tím ukáže nejen konkurenci, ale také zákazníkovi své postavení na trhu. Rovněž tím dává najevo svou kvalitu a spolehlivost svých výrobních procesů. Pro úspěšné setrvání na trhu musí vedení podniku reagovat na poptávky zákazníků, sledovat vyvíjející se trh, neustále zlepšovat a vyvíjet své výrobní procesy [1].

Hodnocení těchto procesů managementem je různé. Dle většiny zdrojů se hodnotí podle ekonomického hlediska využitím finančních ukazatelů pro analýzu výkonnosti podniku, či jak je na tom podnik z pohledu rovnováhy výnosů a nákladů, plánovaných investic a jiných ekonomických hodnocení. Další možnou oblastí, kterou je možné sledovat, je hodnocení jednotlivých samostatných výrobních procesů a hledání jejich možného vylepšení. Jde zejména o zjišťování slabých míst s následným návrhem lepšího řešení, o analýzu daných procesů, či o návrh na úpravu daného procesu. Především jde o dosažení cílů podniku a zdárnost výsledků s porovnáním naplánovaných bodů [1].

Pro tuto práci jsou klíčové již zmiňované výrobní procesy. Z toho vyplývá, že je důležité dosáhnout určité výkonnosti a kvality výrobků. Ve většině dostupné literatury je hodnocení výrobního procesu soustředěno na hlavní ukazatele výrobního procesu, kterými jsou způsobilost a výkonnost. Hodnotit lze také pomocí základních i složitějších nástrojů řízení kvality a rovněž lze podrobit naměřená data a hodnoty z výroby statistické analýze [1].

Pro kvalitní zhodnocení je velkým úskalím kolik a jaké nástroje se využívají, které jsou správné a vhodné a jaké identifikátory vedení společnosti chce nechat zjistit. Je otázkou, zda je společnost schopná zajistit potřebné množství dat, ze kterých by udělala odpovídající závěr.

Nedílnou součástí hodnocení výrobního procesu je také sběr potřebných dat. Pro některé firmy je složité shromáždit potřebné množství dat a mnohdy je to velmi finančně náročné. Je třeba mít kvalitní a odpovídající data, protože je-li kvalita získaných dat nízká, tak přínos hodnocení výroby bude malý, či dokonce neodpovídající. Špatnému nastavení následných změn ve výrobě, může mít fatální následky pro chod výrobního závodu [2].

Abychom se mohli zabývat důkladnějším hodnocením výrobních procesů, musíme si nejdříve ujasnit, co je to vlastně výrobní proces.

▪ Výrobní proces

Procesy jsou mezi námi už od nepaměti. Neustále se postupně vyvíjejí a optimalizují. Aby k tomu mohlo dojít, musíme mít k dispozici údaje o jejich efektivitě, výkonnosti a možnosti zaznamenat změnu. Pro setrvání podniku na trhu je třeba jasné představy o tom, jak chce vedení svých plánů dosáhnout, a díky tomu je nepostradatelné měření výkonnosti a efektivnosti jednotlivých procesů. Pro měření výkonnosti procesů v moderních systémech je důležité, nejen využívat naměřených dat z minulosti, ale také soustředit se na vývoj. Proces je obecně plynulý tok, ve kterém dochází k transformaci surovin na finální výrobky řadou operací [1], [2].

1.1 Zvyšování výkonnosti procesu

Aby organizace dosáhla optimálního řízení procesů, je nezbytné změřit kritické veličiny, které charakterizují vývoj procesů a jejich stav. Z toho vyplývá, že organizace potřebuje metriky, které dokáže změřit. Se zvyšováním výkonnosti je potřeba si vysvětlit pojmy jako globální strategie, metriky a cíle [3].

Globální strategie znamená představu, jak společnost dosáhne svých naplánovaných cílů. Jedná se o základní dokument, který má v sobě zahrnuje a zaznamenává časové plány všech akcí konající se v budoucnu. Tento dokument je důležitý pro optimalizaci a mapování podniku. Je nezbytné, aby byl dokument srozumitelný a pochopitelný pro zaměstnance napříč celým podnikem [3].

Cíl je hodnota, jež chce podnik dosáhnout pomocí daných zdrojů a nákladů do předem určené doby. Měl by být reálný, dosažitelný, jednoznačně stanovený, měřitelný pomocí metrik či ukazatelů. Z těchto kritérií vychází metodika Smart, která bude popsána níže. Cíl by byl obecně pro každý podnik jiný, protože jednotlivé výrobní závody mají jiné možnosti a časové omezení. Ze zmíněných parametrů vychází, že musíme jasně definovat metriky, určit cílové hodnoty, definovat časový rámec, stanovit zodpovědnosti pracovníků a musí existovat dostatečné množství zdrojů pro měření [3].

Dříve byla výkonnost měřena pouze pomocí finančních ukazatelů nebo jejich systémů. Tyto metody hodnocení však mají určité nevýhody a metodu sebehodnocení je třeba zlepšit. Moderní přístup k hodnocení podnikové výkonnosti přidal k finančním ukazatelům také nefinanční ukazatele. Tato kombinace vytvořila model, který mohou organizace kvalitativně a komplexně ohodnotit. Pomáhají společně pochopit, na co se zaměřit, a co potřebují zlepšit. Je důležité pokračovat v používání těchto modelů a podniknout kroky k nápravě zjištěných zranitelností v dané organizaci [4].

Mezi tyto metody se řadí:

- Globersonův systém kritérií výkonnosti,
- Matice měření výkonnosti,
- Metodika Smart,
- Sink a Tuttle model,
- Dotazník měření výkonnosti,
- EFQM model Excellence,
- Topp systém,
- Balanced Scorecard,
- Six Sigma,
- Model Malcolma Baldrige,
- a další [4], [5].

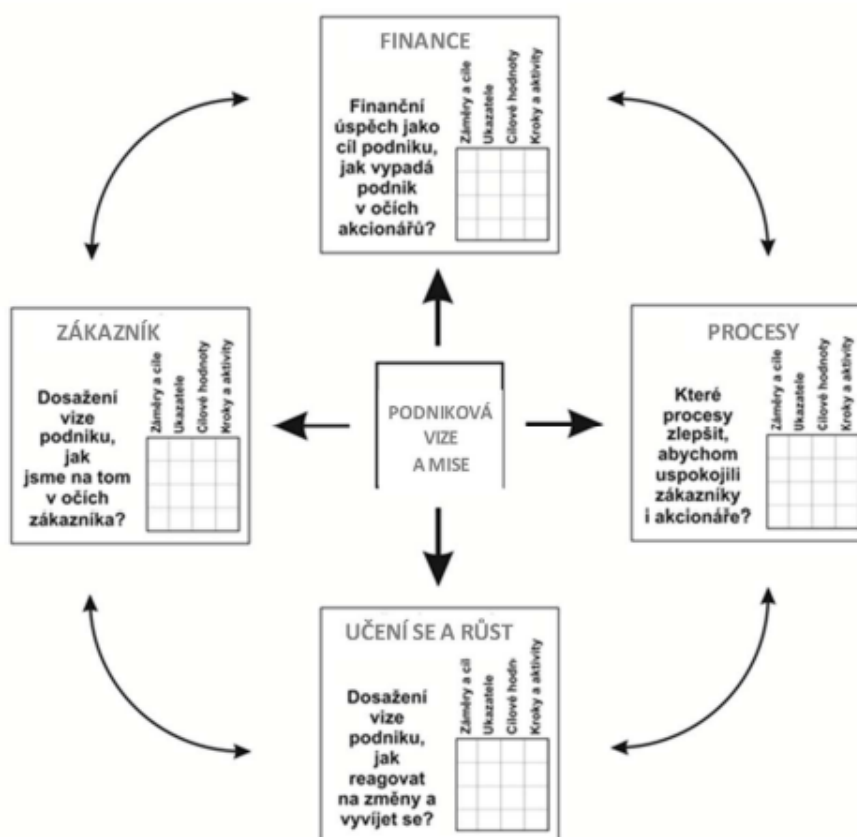
Mezi nejuznávanější a již aplikované přístupy k hodnocení společností, jejichž aplikace a pravidelné opakování vede k následnému zlepšení výkonnosti společnosti, patří Balanced Scorecard (BSC), Metodika Smart, Six Sigma, Model Malcolm Baldrige nebo EFQM Model Excellence. Všechny tyto modely budou podrobně popsány v následujících podkapitolách [4].

• **Balanced Scorecard (BSC)**

Tato metoda vyrovnaně převádí mise a vize do cílů a jejich metrik tak, aby všeobecně a provázaně postihovaly dané oblasti podniku. Jedná se o jednoduchý nástroj vyjadřující kauzální vztahy *příčina – důsledek* [6].

Cíle jsou prvotně definovány na strategické úrovni ve finanční perspektivě. Podkladem pro stanovení cílů je především analýza změn v důležitém okolí, analýza trhu, SWOT analýza a také analýza minulých výsledků podniku. BSC je ověřeným nástrojem pro formulaci firemních cílů a jejich zpětné vazby k nim. Komplexnější použití této metody se projeví, až se podaří vedení zvládnout to, co je nad BSC, a co je jeho prvotním vstupem. Jedná se o specifikaci směřování firmy [6].

Dle studie od autorů Molina a Florena bylo zjištěno, že implementace této metody zlepšuje závazek zaměstnance, podnikové prostředí, pracovní obětavost a uspokojení z práce. Tato metoda je podstatným nástrojem pro řízení lidských zdrojů, jelikož zlepšuje parametry týkající se chování pracovníků a jejich motivace [4].



Obr. 1 Perspektiva BSC a jeho propojení s vizí a strategií podniku [4]

• Metodika Smart

Jedná se o metodu, pomocí které navrhne cíle, jichž chceme dosáhnout. Při návrhu zvolených cílů musí být splněny podmínky této metody, vycházející z akronymu počátečních písmen SMART.

- S – Specific – cíle by měly být konkrétní a jasně definované.
- M – Measurable – daný cíl musí být měřitelný, neboť je to důležité pro dokázání, že cíl byl splněn. Parametry by se měly dát změřit exaktně (množství, váha, rozměry apod.).
- A – Achievable/Acceptable – cíl musí být schválen/akceptován odpovědnou osobou.
- R – Realistic/Relevant – cíl musí být reálný, existovat v reálném čase a musí mít k dispozici potřebné znalosti a nástroje.
- T – Timed – cíl musí mít svůj časový termín. Pokud není stanoven termín, bude se úkol stále odkládat [7], [8].

• Six Sigma

Definice pojmu Six Sigma [9]:

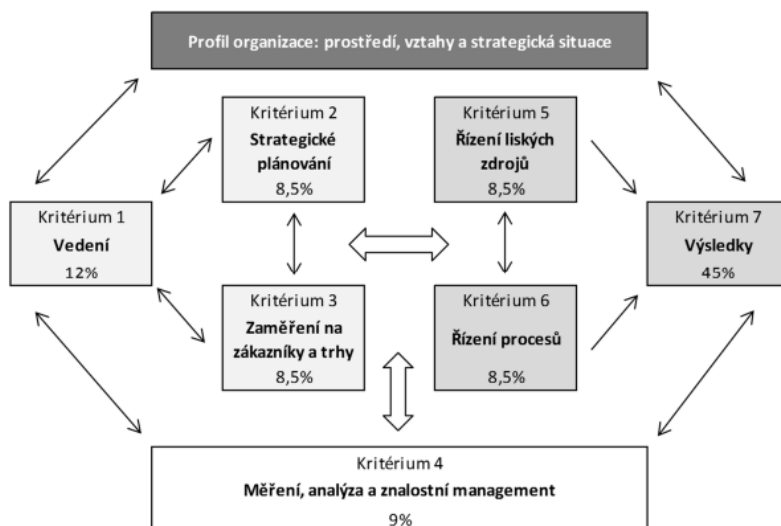
„Metoda Six Sigma je flexibilní a úplný systém dosahování, udržování a maximalizace obchodního úspěchu. Je založena na porozumění a očekávání zákazníků, správném používání dat, faktů a na detailní statistické analýze a na základě pečlivého přístupu k řízení, zlepšování a vytváření nových výrobních, obchodních a obslužných procesů.“

Tato metoda je manažerský koncept, jenž vychází z pevných dat. Tento přístup cílí k eliminaci ztrát, vad nebo problémů v kvalitě produkce. Využívá systematické metody řízení, statistické analýzy a data. Snaží se o neustálé zlepšování podniku a měření jeho výkonu, s cílem snížení počtu nedostatků v celém podniku. Tento typ modelu určuje maximální hodnotou zmetkovitosti. Jedná se o flexibilní a komplexní metodu, pomáhající organizacím k udržení, dosažení a zvyšování jejich výkonnosti. Poskytuje způsob, jak snížit počet chyb ve všech činnostech. Cílem metody je produkování služeb či produktů s nižšími náklady, zvyšování spokojenosti zákazníka a zesílení výsledků organizace [4], [10].

• Model Malcolma Baldrige

Model představuje dohromady sedm kritérií. Každé toto kritérium je dále rozděleno na dva až osm subkritérií. Jednotlivá kritéria mají svou váhu s určeným bodovým ohodnocením. Maximální dosažená hodnota podniku je 1000 bodů, obdobně jako u modelu EFQM Modelu Excellence, který bude popsán v následující podkapitole.

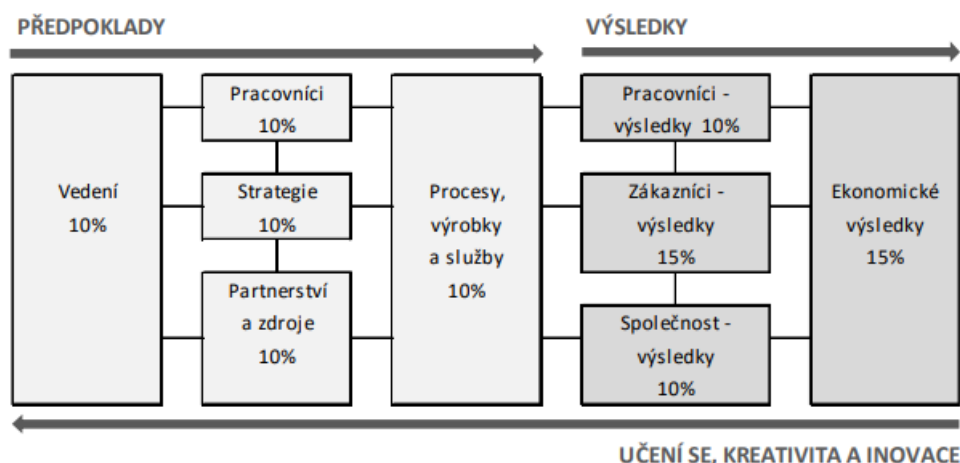
Prvé tři kritéria, jakož kritérium Strategického plánování, Vedení a Zaměření na zákazníky a trhy, představují vůdcovství. Další tři kritéria v pořadí 5, 6 a 7, jmenovitě Řízení procesů, Výsledky a Řízení lidských zdrojů, zohlední všechny úkony a činnosti, které cílí k výsledkům. Poslední čtvrté kritérium, Měření, analýza a znalostní management jsou v tomto typu modelu brány rozhodujícím prvkem, který vede k efektivnímu řízení podniku, zlepšuje konkurenceschopnost a jeho výkon [4], [11].



Obr. 2 Schéma modelu Malcolma Baldrige [4]

• EFQM Model Excellence

Tento model patří k nejoblíbenějším a nejčastěji používaným hodnocením výkonnosti firem v Evropě. Metodika vychází k metody TQM (Total Quality Management) obsahující devět hlavních kritérií, možno říci oblastí činnosti podniku. Prvních pět členů tvoří předpoklady pro výsledky. Zbylé čtyři hodnotí dosažené cíle a výsledky, které si organizace určila. Stejně jako u metody Model Malcolma Baldrige se jednotlivá kritéria ohodnocují body, nebo procenty, z důvodu hodnocení vytrvalosti organizace. Bodové hodnocení se v průběhu času měnilo a nyní se používá Model Excellence EFQM 2020 [4].



Obr. 3 Schéma modelu EFQM Model Excellence [4]

Mnoho výzkumů a studií jsou důkazem toho, že aplikace EFQM Modelu Excellence přináší organizacím podstatné sociální a ekonomické efekty. Implementace tohoto modelu poskytuje návod pro zlepšení výkonnosti společnosti na základě sebehodnocení. Z mnoha analýz se došlo k závěru, že díky implementaci metody se podařilo podniku zvýšit hodnotu akcií, tržeb, hodnotu aktiv a provozní zisk [4], [12].

Metriky jsou míry, či parametry použité pro měření kvantitativního posuzování, sledování nebo porovnávání výkonu produkce. V dnešní době jsou metriky používány analytiky pro srovnávání různých společností. Metrika je jasně definovaná metoda měření. Jedná se o měřitelný ukazatel pro stanovení kvantity, kvality a finanční kategorie, ale také ukazatel výkonnosti z hlediska určených cílů. Metriky odkazují na velké množství nástrojů, které vedení společností může použít pro hodnocení výkonnosti svých zaměstnanců, služeb, spojenosti zákazníka, produktů, a především svých procesech [6].

Metriky se dají dělit do dvou skupin, a to na tvrdé a měkké metriky. Zásadní rozdíl je v jejich měření a možnosti dosažení výsledků díky finančním, matematickým a jiným ukazatelům.

Tvrdé – kvantitativní metriky:

Tvrdé metriky jsou objektivně měřitelné ukazatele, které sledují postup plnění cílů společnosti. Zaměřují se na to, jak fungují obchodní procesy. Jejich charakteristikou je, že jsou snadno měřitelné, dostupné bez dodatečných nákladů a lze je převést do finanční formy za určité období. Mezi tvrdé metriky se také řadí indikátory [13].

U indikátorů je jasně stanoven horní a dolní limit pro výsledky metrik. Tvrdé metriky se dělí na *výsledkové (lag)*, které jsou zaměřeny na dosažení cílů a na *výkonnostní (lead)*, jež jsou zaměřeny na měření úrovně podpory a výkonnosti [6].

Měkké – kvalitativní metriky:

Měkké metriky se používají k měření a hodnocení úrovně výkonu procesu nebo úrovně IT podpory auditovaným způsobem. Tyto metriky jsou koncipovány tak, aby s nimi bylo možné hodnotit míry jako je výkonnost zdrojů a lidí, a plnění interních cílů v dané oblasti [6].

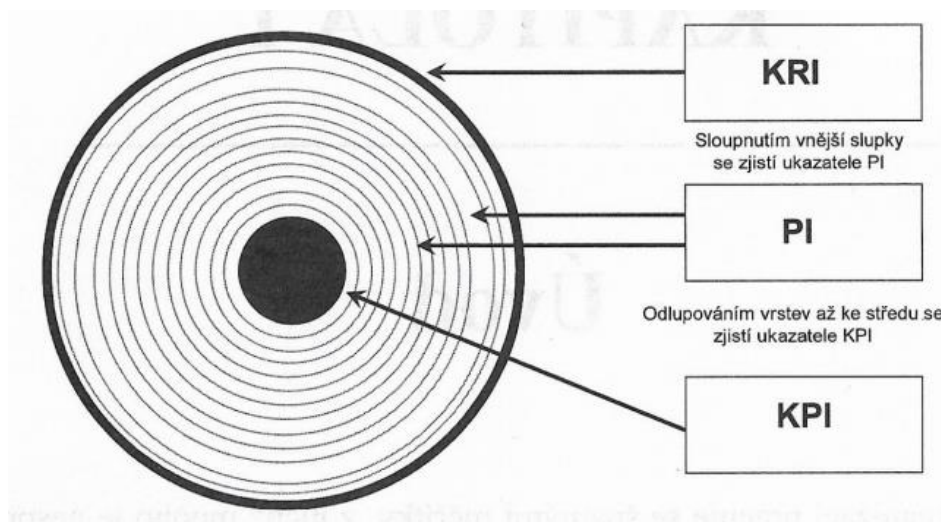
Metrika je definována následujícími atributy:

- *název a identifikace,*
- *algoritmus/vzorec (týká se tvrdých metrik),*
- *definice (týká se měkkých metrik),*
- *vlastník,*
- *dimenze (měrná jednotka, organizační jednotka, časové období, ...),*
- *výchozí a cílová hodnota,*
- *zdroj dat pro měření,*
- *měření a ověřování (postup, způsob, opakovatelnost, harmonogram, odpovědnost a vykazování výsledků) [6].*

Měření výkonnosti podniku je také možné označit jako performance measurement (PM). Jedná se o styl vedení organizace, založeném na řízení podle stanovených cílů, které lze pojmenovat jako klíčové indikátory výkonnosti – KPI (Key Performance Indicator).

1.2 KPI (Key Performance Indicator)

KPI jsou ukazatele, kterými lze vypořádat, kde se společnost udává správným směrem. Umožňují managementu informace o prováděných krocích strategie firmy. Tyto ukazatele pomáhají s přesným hodnocením výkonnosti společnosti. Lze s nimi měřit kvalita, efektivita a úroveň řízení. Ve většině případů skoro všechny použité metriky vycházejí z kvantitativních ukazatelů hodnocení. Bohužel v praxi se často neberou v potaz také ukazatele kvalitativní, které rovněž mají vliv na hodnocení [14], [15].



Obr. 4 Typy měřítek výkonnosti [16]

Dělení typů KPI:

- kvantitativní

Umožňují objektivní ohodnocení kvantitativně vyjádřených naměřených hodnot pomocí různých opatření, jakou jsou peníze, čas, počty lidí, procenta, objem výroby, množství atd.

Jako příklad můžeme popsat technologický odpad. Jedná se o nutný odpad, který je vytvořen např. u řezání materiálu na pile. Další příklady mohou být počty vyrobených kusů za určitý čas, člověkohodiny a z nich spočítaný celkový výkon procesu atd [16].

- kvalitativní

Jsou reprezentovány ve formě ohodnocení nebo bodů. Jejich cílem je zhodnotit kvalitativní výsledky podniku (zaměstnance).

Tyto ukazatele jsou těžce měřitelné a prokazatelné. Z tohoto důvodu jsou voleny zástupné ukazatele. Změna zástupného ukazatele projevuje hodnotu nebo změnu ukazatele měkkého. Mezi tyto ukazatele patří např. firemní kultura, zlepšení dobrého jména firmy, spokojenost zákazníků a zaměstnanců, zvýšení vzdělání a kvalifikace zaměstnanců, zlepšení pracovního prostředí pomocí použití ergonomie, zavedení bezpečnostních opatření eliminující riziko vzniku poranění pracovníků atd. [17], [18].

Jako příklad zástupného ukazatele můžeme uvést na zlepšení pracovního prostředí. Tento měkký ukazatel se dá zhodnotit různými anketami, které vyplní pracovníci, a dlouhodobě vede ke stabilizaci pracovníků, tedy k růstu zájmu o práci [19].

Používané ukazatele ve výrobě:

Počet správně vyrobených kusů, počet vyrobených zmetků, čas běhu stroje, doba výroby, prostoje, přestávky, spotřeba materiálu, spotřeba energie a vody, dodržení výrobního plánu, počet operátorů na pracovišti, délka přestavby [14], [15].

▪ **Měřitelné nefinanční ukazatele**

Tento typ ukazatele je zařazen do skupiny tvrdých metrik, které sledují strategii a cíle podniku. U nich je důležité určit snadno měřitelné hodnoty. Tyto ukazatelé se dají dělit do dvou skupin. *Výkonnostní* ukazatele měřící výkonnost procesu a *výsledkové* ukazatele, které se soustředí na dosažení daných cílů. Jedním z hlavních nefinančních měřitelných ukazatelů je produktivita. Monitoring produktivity je dlouhodobě časově náročná činnost. Další ukazatele mohou vyplynout z dalších různých oblastí, nejen z výrobních procesů. Může se jednat na příklad o úspěšnost testů výrobku, počet nových zákazníků, zkrácení vývoje aj. [18].

▪ **Způsobilost výrobního procesu**

Pro management kvality je důležité měření procesu, jehož součástí je hodnocení způsobilosti procesu, který se snaží splnit požadovanou kvalitu produktů z výroby. Vyhodnocení způsobilosti je důležité pro zákazníka, který pozoruje svá zvolená kritéria požadované kvality, ale také pro výrobu, která využívá skutečnosti pro zlepšování a plánování kvality. Tato skutečnost vytváří či zachovává důvěrné vztahy mezi výrobcem a zákazníkem. Při zavedení kvality výrobku do prvotního plánování výroby dokáže hodnocení způsobilosti ušetřit výrobní náklady. Díky způsobilosti dokážeme odhadnout vyhlídku vadných vyrobených produktů [20].

▪ **Hodnocení způsobilosti výrobního zařízení**

Kvalifikace výrobního zařízení sleduje reprodukovatelnost produktů vyrobených výrobním zařízením s cílem určit schopnost tohoto zařízení produkovat konkrétní produkt, který splňuje požadované kvalitativní charakteristiky. Toto hodnocení se provádí před hodnocením způsobilosti výrobního procesu. Cílem je zjistit, zda je výrobní závod schopen vyrobit konkrétní produkt v rámci požadovaných tolerancí uvedených ve výrobní dokumentaci. Kapacita výrobního prostředku je informace, která spolu s kapacitou výrobního procesu určuje míru variability ve sledovaných attributech kvality a také variabilitu dalších zdrojů, jako jsou materiály a služby [21].

Při získávání hodnot je žádoucí zajistit stálé výrobní podmínky pro vyhodnocení způsobilosti výrobního procesu. Takovými podmínkami mohou být např. materiál, nastavení výrobního zařízení, stálá neměnná obsluha, parametry prostředí a výroby. Výsledné hodnoty jsou zobrazeny jako funkce času a napomáhá jim analýza, aby se zjistilo, zda nedošlo k nepříznivému vývoji ve výrobním procesu, jako jsou periodicitu nebo nepravidelnosti v provozu výrobního zařízení [21].

▪ Hodnocení způsobilosti procesu

Při hodnocení způsobilosti procesu se používají indexy způsobilosti, pomocí kterých se porovnává povolená odchylka hodnot daná tolerančními limity se skutečnou odchylkou uvažované jakostní charakteristiky. Pro vyhodnocení je důležité získat perfektní vstupní hodnotu. Hodnoty musí být získány ze statisticky řízených procesů.

Před zahájením hodnocení způsobilosti procesu na základě měřitelných kvalitativních charakteristik by měl být výrobní proces analyzován se zaměřením na jeho charakteristiky, klíčové vstupy a výstupy, které nejvíce ovlivňují výrobní proces. Nejprve vybereme znak kvality z obdržených výrobních dokumentů. Následně identifikujeme každý z faktorů, které nejsilněji ovlivňují získané hodnoty atributů kvality. Před samotným začátkem získávání hodnot musíme zvolit vhodný systém měření, který budeme používat. Pokud je prověřeno, že je proces statisticky zvládnutelný a je ověřena normalita sledovaného znaku kvality, můžeme spočítat indexy způsobilosti a porovnat je s konkrétními hodnotami, jichž potřebujeme dosáhnout.

- Volba znaku kvality
- Analýza systému měření
- Získávání údajů
- Rozhodnutí (posouzení) o statistické chybě zvládnutelnosti procesu
- Ověření normality sledovaného znaku kvality, indexy sledovaného znaku kvality
- Indexy způsobilosti kvality [21].

1.3 Přístupy hodnocení produktivity v podniku

Podnik vyrábí efektivně tehdy, jestli produkuje své výrobky tak, aby uspokojil potřeby trhu [22]. Obecně se efektivita výroby týká úrovně maximální kapacity, při které jsou všechny zdroje plně využity k vytvoření co nejekonomičtějšího produktu. Efektivita výroby vysoce souvisí s náklady na vyrobenou jednotku a také s počtem vyrobených jednotek. Koncept efektivnosti se dá také použít v odvětví služeb. Provozování služby vyžaduje zdroje, jako jsou lidský kapitál a čas. V těchto případech lze efektivitu měřit jako dokončený zadaný úkol nebo cíl v co nejkratším čase s optimalizovanou kvalitou výstupu [14]. Dle některých autorů je efektivita též označována jako efektivnost, účinnost nebo produktivita a je obecně zobrazena jako poměr vstupů a výstupů nějakého systému či činnosti. Produktivita je měřena uvnitř podniku, kde se soustřeďuje na procesy, stroje a osoby [23].

Na tomto hodnocení má velký podíl aplikací s informačními systémy (IS). Přínos IS se v průběhu času měnil. V začátcích sloužil ke zvyšování úspor, a poté se jeho užití projevilo ve zvyšování produktivity. V současnosti IS dodává změnu v inovaci a podnikání podniku. Hodnocení kvality je zpravidla dáno plněním norem, technickými požadavky na údržbu, provozem, ale především uživatelským hodnocením. Nejdůležitějším hodnotitelem kvality je opět uživatel. Hodnotí se vlastnosti jako spolehlivost, dostupnost, bezpečnost, použitelnost aj. Je potřeba si uvědomit, že pokud je nespokojený pracovník, může to ovlivnit jeho pracovní výkonnost. Ta se může odrazit na nekvalitních pracovních výstupech, na prodloužení doby splnění daných pracovních úkonů či kusů, větší tvorbě počtu zmetků aj. Je třeba, aby každý pracovník byl seznámen se zavedeným IS, byl řádně proškolen a pochopil, že zavedený IS pomůže usnadnit a zlepšit jeho pracovní výkon. Nesmíme zapomenout, že největší podíl vlivu na efektivitu a výsledek práce mají právě pracovníci. Dále si představíme metody nebo přístupy, které se používají při hodnocení efektivnosti [18].

1.3.1 Produktivita osob

Toto hodnocení osob lze provést dvěma způsoby měření. První je určení času na jednotlivé operace. Druhý je zaměřen na pozorování vykonaných úseků zaměstnancem. Měření se dá rozdělit na přímé a nepřímé.

Přímé

Tento typ měření pracuje s přímo zaznamenanými hodnotami a následně tyto hodnoty prozkoumává a popisuje.

Dělení přímého měření:

- Normování
 - Norma času
 - Norma množství
- Snímek pracovního dne
 - bude popsáno v kapitole „Časová studie“

Nepřímé

Toto měření má úkol analyzovat jednotlivé činnosti základních pohybů, které jsou podle náročnosti rozebírány a je jim přidělen index odpovídající přesné spotřebě času.

Použité metody:

- Metoda MTM,
- Metoda MOST [14].

Tyto metody jsou popsány níže v kapitole „Časová studie“.

1.3.2 Produktivita strojů

Jedná se o měření schopnosti stroje, který přemění vstupní surovinu (polotovary) na zadaný výrobek. Určující prvek nákladové efektivity je označen jako produktivita. Lze ji spočítat podělením průměrné produkce ve všech obdobích nákladů vynaložených na spotřebování zdrojů ve stejném časovém období. Do zmíněných zdrojů můžeme zařadit náklady potřebné na provoz stroje, na příklad spotřebu maziva či energie.

- Snímek pracovního dne stroje
Jedná se o obdobnou metodu jako u snímku pracovního dne pracovníka. Použije se zde nepřetržité měření stroje či skupiny strojů za určený časový úsek. Za tento zaznamenaný úsek se vytvoří vyhodnocení do kategorií jako jsou produktivní, neproduktivní a ztrátové činnosti [14].
- Sběr dat
Tento typ měření efektivity může probíhat ručně nebo automaticky. V současnosti se nejčastěji využívá sběr dat automatický, který se zaznamenává přímo na výrobním stroji. Využívá se k záznamům začátků a konců prostojů a jejich příčin, rychlosti výroby, výrobních cyklů, počtu neshodných a shodných kusů. Tato data se vyhodnocují a použijí se k nastavení či upravení taktu stroje nebo rychlosti výroby [14], [24].
- OEE (Overall equipment effectiveness)
Tato metoda bude podrobněji popsána níže v samostatné části.

1.3.3 OEE

Metoda znázorňuje, jak je operace využita (čas, materiál, stroj) v porovnání s jejím celkovým možným potenciálem v naplánovaném období jejího provozu. Určuje skutečný podíl produktivního času. Jakmile je OEE 100 %, znamená to, že se vyrábějí pouze bezchybné výrobky (0 % zmetků) maximální rychlostí (maximální výkon) a bez jakéhokoli přerušení (maximální možná dostupnost). OEE je velmi často používaná metoda. Pomocí této metody a zmapování souvisejících ztrát je možné zjistit důležité informace o tom, jak postupně vylepšit výrobní proces. OEE je efektivní metrikou k nalezení ztrát pomocí odstraňování plýtvání a dorovnání pokroku [14], [25].

Metoda je často popisována jako vícevrstvý ukazatel, který je možné použít při různých typech výroby a jejich odvětvích. Může se jednat o kontinuální či dávkovou výrobu. Měření OEE jsou zvláště důležité v montážních systémech, protože jsou vyžadovány pro různé účely, jako je plánování, odhad kapacity a přidělování lidských nebo finančních zdrojů [14], [26].

▪ Odvozené metody z metody OEE

V odezvě po nových požadavcích na hodnocení efektivnosti vznikly pomocí metody OEE nové metodiky. Některé z nich se jsou určeny pro úroveň zařízení jako jsou ukazatele TEEP, PEE a další. Ukazatele jako jsou OAE, OPE, OFE jsou implementovány na úrovni podniku [25].

– TEEP (Total Equipment Effectiveness Performance)

Tato metoda ve výpočtech zohledňuje předem naplánované prostoje a posuzuje efektivnost vztahující se kalendářnímu času. To znamená 24 pracujících hodin za den, 7 dní v týdnu a 365 dnů v roce [25].

– PEE (Production Equipment Efficiency)

U této metody je rozdíl v udělení váhy jednotlivých ukazatelů dostupnosti, výkonu a kvality. U metody OEE jsou váhy u všech tří ukazatelů stejné [25].

– OAE (Overall Asset Effectiveness) a OPE (Overall Production Effectiveness)

Tyto metody jsou koncipovány tak, aby jejich použití bylo rovněž možné v odlišných typech odvětví. Ze všech ukazatelů udávají největší důraz na kalkulované ztráty. Slouží k určení a měření veškerých ztrát napříč celým výrobním procesem [25].

– OFE (Overall Factory Effectiveness)

Tento typ metody slouží k určení efektivnosti vztažené na celý výrobní podnik. Do výpočtu jsou zahrnuty interakce a vztahy mezi danými procesy a zařízeními [25].

Pomocí metody OTE (Overall Throughput Effectiveness) a CTE (Cycle Time Effectiveness) je zkoumáno pracovní prostředí skládající se ze subsystémů [25].

▪ Hledání slabých míst

Slabá místa jsou velmi úzce spjata s plýtváním. Jelikož výše zmiňovaná metoda OEE cílí k odstranění plýtvání, budou slabá místa popsána se ztrátami z OEE.

Nejčastější poruchou jsou poruchy na pracovních strojích, které vedou k zastavení práce, a tím ke snížení efektivity. Mezi další časté příčiny jsou považovány přestavby strojů pro výrobu nových produktů, nebo také chybějící zásoby, materiál či zaměstnanci. V mnohých případech jsou také malé prostoje jsou to zablokované snímače, zastavování dopravníků, zablokované komponenty. Další negativní účinek má snížená rychlost, zaběhnutí nové výroby a zmetková výroba. U zmiňované zmetkovitosti je nutné klást důraz na průběžné sledování zmetků a jejich vzniku příčin [25], [26].

Těmto problémům se dá předejít jednoduchými kroky, jako jsou pravidelně naplánované údržby, záložní náhradní díly či stroje, zavedení optimálního plánování výrobních dávek, optimalizace zásob, dodržování osvědčených postupů, zaškolení zaměstnanců, okamžité upozornění chyb, kontrolování zmetků a mnoho dalších faktorů [25], [26].

2 Časová, prostorová a ergonomická studie

Tuto kapitolu můžeme chápat jako optimalizaci jednotlivých pracovišť, pracovních úkonů či pracovních procesů. Časová, prostorová a ergonomická studie jsou spolu velmi úzce spojeny a jsou navzájem dosti propletené a závislé jedna na druhé. K hodnocení výrobních procesů slouží právě tyto studie, pomocí kterých jsou získávány informace, data a poznatky o vlastnostech výroby, které porovnávají vlivy jednotlivých ovlivňujících faktorů, atributů či KPI. Mezi tyto vyjmenované prvky, především časového charakteru jmenovitě patří např. čas práce stroje, doba výroby, prostoje, dodržení výrobního plánu, spotřeba energií, počet operátorů na pracovišti a další [14], [27], [28].

2.1 Časová studie

Jedná se o metodu, která je používána jako nástroj průmyslového inženýrství, a je využita pro analýzu a měření práce v dané řešené oblasti. Cílem je změřit časovou náročnost konkrétního zaměstnání u zaměstnanců. Výsledkem měření je norma spotřeby času. Informace získané z časových studií mohou být také podkladem pro stanovení ztraceného času a následnou racionalizaci práce. Následně budou popsány jednotlivé typy časových studií [29], [30].

2.1.1 Přímé měření

Přímé měření monitoruje proces v reálném čase na místě. Strávený čas se určuje pomocí stopek, zaznamenávání hodnot do připravených tabulek nebo pomocí speciálního zařízení, jež přenáší data do elektronické podoby, která nahrazuje tradiční stopky a papírovou formu. Existují dvě základní metody přímého měření. *Chronometrie* se používá k určení načasování operací a při sledování pracovníků je to *snímek pracovního dne* [29], [31].

▪ Časový snímek pracovního dne

Jedná se o metodu zaznamenávající ztráty a spotřeby času formou nepřetržitého sledování během celého pracovního dne. Snímek pracovního dne se týká nejen pracovníků ve výrobě, ale také pracovníků v kancelářích a vedoucích pracovníků. Výhodou této metody je, že během dne získáme podrobné informace o činnosti pozorovaného pracovníka. Pozorovatelé jsou v přímém kontaktu se zaměstnanci a mohou lépe identifikovat zdroje pracovních nedostatků a problémů, které vedou k neefektivnímu využívání pracovní doby. Nevýhodou této metody je, že je časově náročná a představuje určitou psychickou zátěž pro pozorovatele [29].

Dělíme:

- Snímek pracovního dne pro jednotlivce
- Snímek pracovního dne pro pracovní skupiny
- Hromadný snímek pracovního dne (pozorování až 30 zaměstnanců)
- Vlastní snímek pracovního dne (časové ztráty způsobené organizačními a technickými závadami)

Zásadní etapy sestavování pracovního dne zahrnují [29]:

- Přípravy: V této etapě se určí cíl pozorování, právní místo, daný zaměstnanec a pozorovatel. Pozorovatelé jsou seznámeni se základními informacemi o zaměstnancích, pracovišti, jeho vybavení a organizaci práce. Manažeri a pozorovaní pracovníci budou informováni o účelu pozorování. Výsledkem přípravy je pracovní plán obsahující všechny důležité informace k vytvoření snímku.
- Pozorování a záznam: Sledovatel zapisuje úkony do pozorovacího listu od začátku až do konce směny.
- Rozbor a vyhodnocení snímku pracovního dne: Zhodnocení dílčích časů pro rozvahu normální a skutečné spotřeby času. Poté jsou na řadě výpočty ukazatelů a zpracování návrhů optimalizace k odstranění ztrát pracovního času.

▪ **Snímky operace**

Snímek operace a pracovního dne spadá do nepřetržité časové studie. Pomocí nich nacházíme potřebnou časovou spotřebu nejen na výrobní zařízení, ale také na pracovníka. Snímek operace hledá spotřebovaný čas na opakujících se činnostech na jednotlivých pracovních místech, tedy na identických pracovištích [28].

Účel pro získání informací pro [29]:

- Určení normativů
- Odhalení účelnosti pracovního postupu
- Data pro návrhy technologicko-organizační opatření
- Objevení plýtvání a jeho příčin

Třídy snímků operace [28]:

- 1) Plynulá chronometráž
- 2) Výběrová chronometráž
- 3) Obkročná chronometráž
- 4) Snímková chronometráž (snímek průběhu práce)

▪ **Videozáznam**

Jedná se o záznam kamerovým zařízením. Zde je vhodné použití pro zaznamenávání operací s krátkou časovou náročností [29].

▪ **Metody momentového pozorování**

Tento typ metody vychází z náhodně zvolených momentů během pracovní činnosti. Jsou založeny na statistickém zjišťování četnosti výskytu pozorovaných událostí s využitím teorií pravděpodobnosti a náhodného výběru, které jsou jejich základním stavebním kamenem. Pro získání kompletního obrazu o produktivním čase a časové nevytíženosti výrobních zařízení, bychom je měli sledovat nepřetržitě v dlouhém časovém intervalu. Momentové pozorování je postaveno na nepravidelných obchůzkách pracovišť a zjišťování, zda se na konkrétním pracovním místě pracuje, či nikoli. Jestliže výrobní zařízení nevykonává pracovní činnost, musíme tento stav odůvodnit. Pokud je výsledný soubor statistik dostatečně velký, pak

pozorování pravděpodobně představuje skutečný stav. Momentové snímky se primárně používají při určování rozsahu prostojů pro skupinu pracovníků nebo strojů [28], [30], [32].

▪ Metoda REFA

Tato metoda se zakládá na podrobném popisu pracovní operace, která zjišťuje informace o pracovišti, ale také o zaměstnanci. Metoda popisuje všechny postupy, podmínky, veličiny a další faktory, které ovlivňují výrobu. Zaznamenávají se časová měření, která se musí provádět v několika cyklech, aby měření bylo průkazné. Ze zaznamenaných hodnot se vypočítá průměrná hodnota na jeden kus (výrobní takt) [28], [33].

2.1.2 Nepřímé měření

Jedná se o metody předem stanovených časů. Tyto metody jsou založené na pohybových a časových studiích. Základním pohybům jsou předem nadefinované časy, dříve prošetřené na dlouhodobých měření práce. Jejich příslušné použití je pro aplikování ve všech sektorech průmyslu s malosériovou a sériovou výrobou [28], [29].

▪ MTM (Methodes Time Measurement)

Jedná se o jednu z nejpoužívanějších metod daných předem časem. Při podrobném zkoumání lidské manuální práce bylo zjištěno, že se operace musí rozložit na základní elementární pohyby člověka (uchopit, sáhnout) nutné k provedení práce. Jednotlivým pohybům je předem určeno časové ohodnocení, ve kterém svou činnost pracovník vykoná. Tato metoda je vytvořena na základě časových a prostorových studií. Metoda je použita jako nástroj pro vytvoření optimálních pracovních postupů. Pomocí analýzy této metody lze identifikovat neefektivní, zbytečné pohyby [29], [34].

▪ MOST (Maynard Operation Sequence Technique)

Použití této metody je obdobné jako výše zmíněná metoda MTM. Lze ji implementovat na ruční pracovní postup, ale nelze použít na chod stroje. Metoda vychází ze skutečnosti, že práce je spotřebovaná energie na dokončení zadaného úkolu. Jedná se tedy o transport objektů nebo hmoty. Přemístění předmětů pozoruje opakující se činnosti jako je sáhnout, uchopit, umístit atd. Zmíněné činnosti jsou formulované jako sekvence pohybu. Tyto sekvence jsou základní kamenem pro použití metody MOST. Oba přístupy jsou z pohledu výhod a nevýhod značně obdobné, avšak metoda MOST je časově méně náročná [14], [23], [31].

Obě popisované metody mají společné ještě to, že jsou vyjadřovány speciálním časem takzvaným TMU (Time Measurement Units). Tento speciální čas se převádí jako užitečný, reálný čas konkrétní operace. Je znám převod v podobě $1 \text{ TMU} = 0,036 \text{ vteřiny}$ [23], [35].

Tabulka 1 Převod jednotek TMU na další časové jednotky [35]

1 TMU = 0,00001 hodiny	1 hodina = 100 000 TMU
1 TMU = 0,0006 minuty	1 minuta = 1667 TMU
1 TMU = 0,036 vteřiny	1 vteřina = 27,8 TMU

2.2 Prostorová studie

Pomocí prostorové studie dokážeme zanalyzovat stávající stav podniku a vyhodnotit jej. Mezi nejčastější data, která je možné z tohoto měření získat patří zvýšení objemu výroby, produktivity a efektivity, ale také zlepšení ergonomických podmínek na pracovišti [36], [37].

Pod touto oblastí si můžete představit rozložení jednotlivých prvků výrobního systému. Obecně se jedná o rozdělení prvků do komplexního systému. V rámci prostorového řešení je navrženo takové dispoziční řešení částí závodu, která zajistí výrobní proces. Jedná se např. o výrobní stroje a systémy, jejich příslušenství, montážní pracoviště, přepravní jednotky, manipulační jednotky, příslušenství pracovišť atd. Je také důležité správné umístění a rozložení správních, skladových a sociálních prostor. Do komplexního hlediska musíme zahrnout určitá kritéria a podmínky (normy), ale také specifické zásady, jako je ergonomie pracoviště, délka a intenzita toku materiálu, zdravotní a bezpečnostní stanoviska. Rozsah návrhu prostorového uspořádání, na které se vážou výše uvedené integrované okrajové podmínky, závisí na typu nebo stupni utváření výrobní struktury [38].

Jedná se o nástroj vyhodnocování výrobních systémů. Jde o racionální uspořádání jednotlivých výrobních úseků, pracovišť či výrobních zařízení. Mají velký vliv na jejich správný chod a produktivitu. Metody zkoumající optimalizaci prostorové studie se dají dělit do dvojího rozdělení, a to na rozmístění výrobních a nevýrobních útvarů a uspořádání pracoviště [28].

▪ Prostorové struktury výrobních systémů

Využití výrobních strojů a pracovních míst závisí na výsledcích analýz provedených v předchozích krocích návrhu a také na výsledcích řešení způsobu nasazení. Prostorová struktura výrobního systému primárně definuje proporční vztahy mezi jednotlivými prvky systému z pohledu uspořádání strojů a výrobního zařízení, rozložení pracovišť, strojů v určeném prostoru a poměrného rozdělení obslužných, výrobních, pomocných a dalších ploch pro výrobní proces [38], [39].

Při navrhování prostorové struktury se zaobíráme technologicky – organizačním výstupem výrobního systému ve vytyčené ploše s hlediskem k objemu výroby a sortimentu.

U zpracování prostorové struktury určené systémem je třeba nahlížet především k těmto podmínkám:

- snadná manipulace s nástroji, s vytvořeným odpadem a materiálem,
- patřičné parametry pracovního prostředí, bezpečnosti a hygieny,
- jednoduché kontroly a řízení výrobního procesu.

Mezi ovlivňující faktory při volbě prostorové struktury určeného systému patří:

- sériovost, periodicita výroby, výrobní program atd.,
- samotný výrobní proces – obtížnost výroby, podobnost s jinými součástmi z předešlých zakázek

Ze začátku byly pouze dva způsoby uspořádání technologický a předmětný. Tyto dva typy se průběhem času rozvinuly do dalších modifikovaných struktur.

Rozdělení základních způsobů uspořádání pracovišť:

- volné – rozmístění strojů je zde zcela náhodné. Toto uspořádání se většinou vytvoří před stanovením materiálového toku [40].
- technologické – toto uspořádání je postaveno na základě podobné činnosti prováděné na pracovištích. Příkladem může být svařování, kdy se všechny jeho typy provádějí na svařovně atd [38].
- předmětné – tato struktura je založena podle naplánovaných kroků dle technologického postupu výrobku, který je vyráběn. Ideální uspořádání je poskládáno pro jednu součást nebo její tvarově a technologicky podobné [38].
- modulární – seskupení je charakteristické uskupení identických technologických bloků, z nichž každý splní více technologických funkcí [41].
- buňkové – buňkové uspořádání je rozděleno na jednotlivé samostatné moduly, které mezi sebou komunikují a splní zadaný cíl [37].
- kombinace jednotlivých typů – tento typ se používá, když není možné aplikovat výše zmíněné možnosti uspořádání. Jedná se o využití kombinací dvou a více možností uspořádání [38].

2.3 Ergonomická studie

Výchozí získaná data ze změřených studií slouží k hodnocení ergonomické studie. Hodnotí se zde zvyšování efektivnosti a spolehlivosti zaměstnance při vykonávané práci, ochrana zdraví a pohoda člověka při práci, vhodnost pracovního prostředí a další [42].

Díky technologickému rozvoji se klade velký důraz na celkovou optimalizaci pracovního místa a prostředí. V současnosti je kladen důraz na člověka, i když žijeme v době automatizace a robotizace. Ergonomie má za úkol zmírnit nevhodné pracovní podmínky a potenciální riziko poranění pracovníka na minimum a pomoci ke zvýšení efektivnosti a výkonnosti [43].

Vedení by mělo mít fyzické a duševní zdraví svých pracovníků na prvním místě. Právě při opakujících se pohybech vzniká nejčastější onemocnění, a to syndrom karpálního tunelu. Dle studií nejsou tyto zdravotní problémy způsobeny jednou příčinou, ale kombinací mnoha faktorů. Na prvním místě by mělo pro podnik platit neustálé zlepšování pracovišť zaměstnanců. Pro odstranění nevhodných vykonávaných poloh nebo ostatních negativních faktorů se používají ergonomické standardy. Před zavedením těchto standardů do provozu je potřebné provést ergonomický screening a odhalit rizika na pracovišti [44].

▪ **Hodnocení podle české legislativy NV361/2007 Sb.**

Jedná se o novelu zákona, který stanovuje dané podmínky na pracovišti kvůli ochraně a zdraví při práci. Tato legislativa zahrnuje všechny možné vlivy, které působí na zdraví pracovníka jako jsou mikroklimatické podmínky, fyzická zátěž, biologické činitele, osvětlení na pracovišti [45].

• **Hodnocení fyzické zátěže**

– **Celková svalová zátěž (CSZ)**

Za CSZ se považuje dynamická zátěž těla, při které je zatíženo více jak 50 % svalové hmoty operátora. Energicky je toto vyjádřeno v netto hodnotách pomocí srdeční frekvence. Posuzované hodnoty se berou jako průměrné časy ze změřených pracovních hodnot [45].

– **Lokální svalová zátěž (LSZ)**

Zabývá se zatížením malých svalových skupin při vykonávaném pracovním úkonu. Hodnocením se zjišťují a vyhodnocují vynaložené síly, počty pohybů a pracovní polohy, které jsou závislé na rozsahu dynamické a statické složky práce při průměrné pracovní směně. Jsou jasně stanovené hygienické limity, které by pracovník neměl překročit [45].

– **Pracovní polohy**

Toto hodnocení se ve většině případů provádí při trvalé vykonávané práci operátorem, při níž se opakují pracovní pohyby. U této práce si pracovník ve většině případů sám nemůže uzpůsobit pracovní polohu z důvodu konstrukce stroje či prostorovému uspořádání pracoviště [45].

▪ **Hodnocení ostatních podmínek**

– **Osvětlení pracoviště**

V závodech je použito denní, umělé či sdružené osvětlení. Dle náročnosti vykonávané práce musí odpovídat určitá hodnota osvětlení, která je odpovídající dané činnosti a v souladu se zásadami ochrany zdraví. Normové požadavky na osvětlení jsou uvedeny v české technické normě. Osvětlení se nesmí nijak osvětlovat přímo operátora [45].

– **Větrání pracoviště**

Na pracovišti musí být zajištěna dostatečná obměna vzduchu nuceným či přirozeným způsobem nebo kombinací obou obojího. Množství vyměněného vzduchu je stanoveno s ohledem na vykonanou práci a fyzickou náročnost [45].

Používané metody:

- **Checklisty**

Tento způsob hodnocení se zejména používá již u vytvořených pracovních míst. Jsou zde předem určená kritéria, ve kterých se zaznamenává, zda jsou dosažena, či nikoliv [46], [47].

- **Dotazníky**

Vyhodnocování tohoto typu provádí sami zaměstnanci. Slouží k zaznamenání informací, na které by pozorovatel nemusel během zkoumání procesu přijít a samotný zaměstnanec si jich je vědom [43].

- **Metoda RULA (Rapid Upper Limb Assessment)**

Jedná se o screeningový nástroj, který se zaměřuje na funkční poruchy horních končetin vzniklých posturálním či biomechanickým přetěžováním pracovníka [43], [47].

- **Metoda REBA (Rapid Entire Body Assessment)**

Tato metoda je s metodou RULA velmi podobná s tím rozdílem, že REBA se zabývá hodnocením jak horních, ale také dolních končetin [43], [47].

- **Metoda NIOSH (National Occupation Safety and Health)**

Jedná se o metodu zaměřenou na analýzu činností a manipulaci s břemeny. Hlavním cílem je stanovení maximální doporučené hmotnosti břemene [43], [47].

- **Metoda OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)**

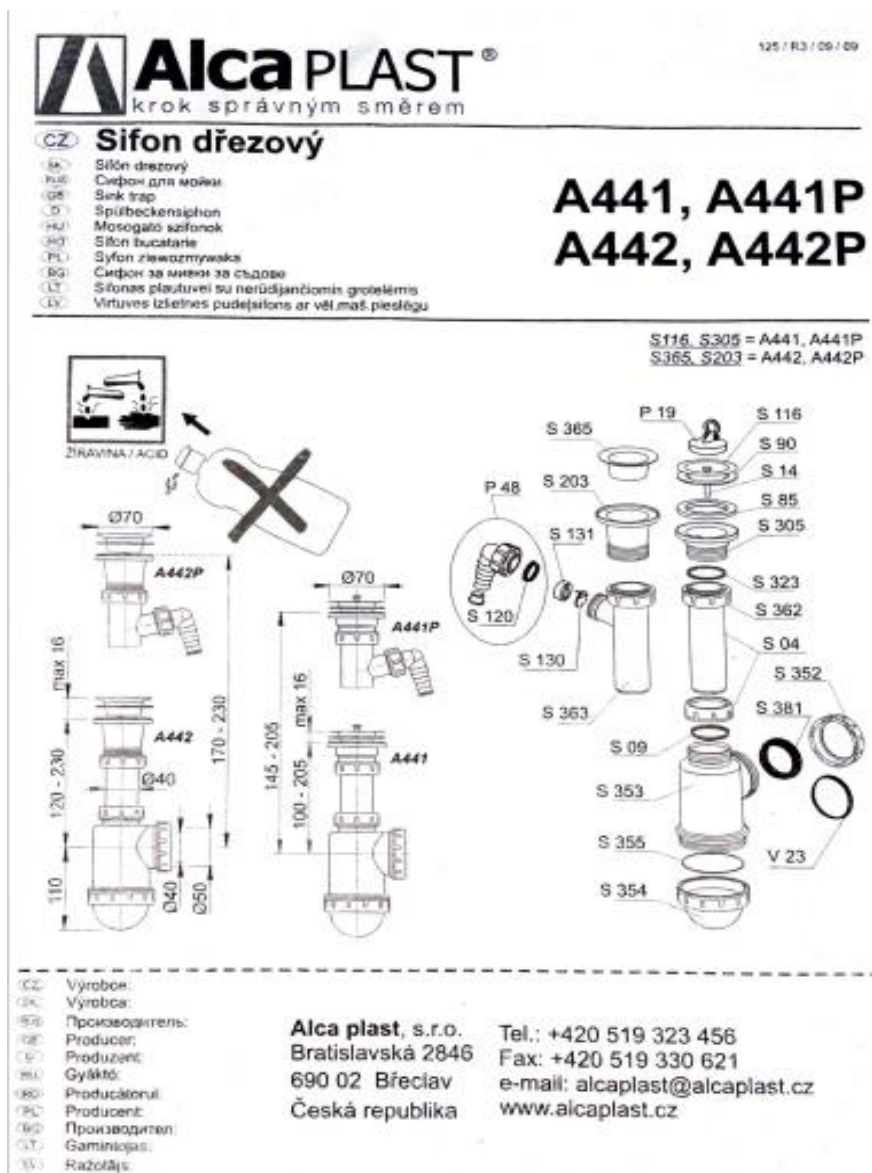
Metoda hodnotí nepohodlí při vykonávané činnosti na základě míry zatížení nejčastějších poloh zad (4 polohy), rukou (3 polohy) a nohou (7 poloh) [43], [47].

3 Identifikace ovlivňujících parametrů na hodnocení procesu

V této kapitole budeme v analyzovat, jaké kvalitativní, tedy měkké ukazatele budou mít vliv na hodnocení procesu pouze z hlediska času. To znamená, že si určíme měkké ukazatele, které nahradíme ukazateli zástupnými, což jsou kvantitativní (tvrdé) ukazatele. Na tvrdých ukazatelích budeme pozorovat změny spotřeby času u dané činnosti. K převedení výsledných hodnot použijeme korelaci. Pro provedení měření budeme muset v laboratorních podmínkách definovat prováděný proces. Bude se jednat o montáž odpadního potrubí, přesněji o montáž dřezového sifonu. Tento proces bude pomocí metody MOST rozdělen na jednotlivé pohyby a úkony, kterými si určíme „etalon“ procesu, podle něhož budeme porovnávat jednotlivé náměry od probandů.

3.1 Popis experimentu

Jedná se o montážní postup dřezového sifonu. Od výrobce sifonu jsme obdrželi výrobní postup, který budeme dodržovat. Výsledná součást se skládá z mnoha pryžových těsnění, plastových těles a matic, které se společně spojí pomocí závitů. Dále je zde nerezové sítko, které je propojeno se zbytkem sifonu pomocí šroubu s křížovou hlavou.



Obr. 5 Návodka

Pozorované měkké faktory budou **ergonomie pracoviště a věk**.

Ergonomie pracoviště byla zvolena, jelikož je známo, že má vliv na zdraví pracovníka, ale také proto, že chceme zjistit, zda má vliv i na pracovní výkon a tím i na normu, potažmo na samotnou produktivitu.

Porovnávání věk, jakož druhotný faktor, nám pomůže rozdělit probandy do věkových kategorií, které budou mezi sebou porovnávány. V těchto skupinách lze pozorovat predikované fenomény ovlivněné věkem.

Rozdělení skupin probandů do kategorií podle eurostatu [48]:

- **18-24 – mladí pracovníci**
 - U této skupiny lze předpokládat touhu po inovaci a zlepšení procesu, ale s tím může být spojena nezkušenost pracovníka.
- **25-39 – mladí dospělí**
 - Zde je možno předpokládat rovnoměrné rozložení rychlosti, kvality a produktivity výrobního procesu (celková stabilita).
- **40-54 – dospělí**
 - S touto věkovou skupinou je předpoklad větší preciznost a kvalita procesu, ale s možností prodloužení pracovního času.

3.2 Popis procesu

V prostorách katedry KPV bude vytvořeno nejprve univerzální, referenční pracoviště. Na tomto pracovišti se budou nacházet univerzální nástroje a pomůcky jakou jsou běžný pracovní stůl, běžné nářadí. Materiál bude umístěn v regálu po pravé ruce, práce bude probíhat ve stoje při neměnné výšce pracovní roviny.

Dále bude vytvořeno ergonomicky racionalizované pracoviště, které bude oproti prvotnímu, univerzálnímu pracovišti uzpůsobeno z hlediska:

- Racionalizace pracoviště z hlediska ergonomie
 - Pracovníkovi se individuálně uzpůsobí pracovní podmínky dle jeho rozměrů.
Jedná se o:
 - Změny dosahových zón
Přiblížení materiálu na pracovišti.
 - Manipulační rovina dle antropometrie
Individuální nastavení pracovní výšky stolu dle výšky pracovníka.
 - Zlepšení nevhodných pracovních poloh
Eliminace nevhodných poloh a uzpůsobení poloh na přijatelné, optimální.
 - Organizace práce
Uspořádání součástek dle postupu na návodce, jak jsou v pořadí za sebou.
 - Použití pneumatického utahováku
Pracovník použije prostředek pro usnadnění a urychlení svých pracovních kroků.

Tyto ergonomické podmínky byly vybrány nejen z důvodu dobrého porovnání úspory času mezi oběma měřenými pracovišti, ale také z důvodu usnadnění pracovních úkonů pracovníka, a tím možné prevenci před dlouhodobým pracovním úrazem.

3.3 Popis pracoviště – současný stav

Na tomto pracovišti jsou pro všechny probandy jednotné pracovní podmínky. Tyto podmínky a jejich hodnoty byly zvoleny z průměrné výšky muže a ženy v České republice a tyto dvě hodnoty byly opět mezi sebou zprůměrovány. Výsledná průměrná výška je 172,2 cm. Pomocí vzorce pro kalkulaci výšky stolu vestoje, byla výška stolu zvolena na 108 cm. Poté byla zvolena výška umístění dvou KLT boxů na pracovním stole, která je 130 cm. Zbylé součástky potřebné na sestavení dřezového sifonu jsou umístěny v regálu po pravé straně od pracovního stolu. V regálu jsou jednotlivé boxy či KLT boxy rozmístěny ve třech výškách 20 cm, 65 cm a 135 cm. Jednotlivé boxy se součástkami jsou pojmenovány dle návody viz Obr.1. Součásti na tomto pracovišti nejsou poskládány postupně za sebou, jako je vyobrazeno v návodce. Probandi zde prováděli 7 náměrů.



Obr. 6 Současné pracoviště



Obr. 7 Regál se součástkami



Obr. 8 Detailní pohled na uspořádání součástek v nejvyšší patře regálu

Před začátkem získání naměřených hodnot bylo potřeba nejdříve vytvořit časový etalon, abychom měli hodnotu času pro budoucí porovnání. Použili jsme k tomu metodiku Basic MOST. Zpracovaná tabulka znázorňující montážní proces na univerzálním pracovišti metodou MOST je přiložena v příloze, viz Příloha 1. Níže je uvedena tabulka ukazující hodnotu TMU a z ní převedené hodnoty skutečného času na univerzálním pracovišti.

Tabulka 2 Hodnota času MOST - současné pracoviště

2,45	146,76	4080
minut	sekund	TMU

- **Definice úzkých míst z pohledu ergonomie**

Během pozorování montážního procesu na univerzálním pracovišti bylo zřejmé, že jsou zde z ergonomického hlediska úzká místa a nedostatky. Tato úzká místa se budeme snažit z časového i zdravotního důvodu eliminovat a zefektivnit tak montážní proces. Mezi tyto prvky řadíme kroucení rukou během šroubování, dlouhé dosahové zóny spojené s manipulací součástek a výškou stolu.

3.4 Popis pracoviště – racionalizovaný stav

Na tomto pracovišti jsou implementovány a zařazeny takové prvky a změny, aby se předešlo nedostatkům z ergonomického hlediska, které jsou obsaženy na pracovišti univerzálním. Mezi tyto změny patří použití pneumatického utahováku, lepší dosahové zóny součástek a srovnání součástek podle pořadí na pracovním stole zleva doprava dle postupu, jaký je uveden v návodce. Výška stolu je v optimální poloze vzhledem k antropometrickým rozměrům daného jedince. V této ergonomické racionalizaci jsme chtěli porovnat ještě použití sedáku. Proto jsme vytvořili ergonomicky racionalizované pracoviště ve variantě ve stoje a vsedě.

- Varianta vestoje



Obr. 9 Pohled na ergonomicky racionalizované pracoviště - varianta vestoje



Obr. 10 Uspořádání součástek v regálu ergonomicky racionalizovaného pracoviště



Obr. 11 Pracovní stůl s upořádáním součástek – ergonomická racionalizace

- **Varianta vsedě**



Obr. 12 Pohled na ergonomicky racionalizované pracoviště - varianta vsedě

Jediný rozdíl mezi variantou vsedě a vestoje je ten, že vsedě je použit sedák, jinak je uspořádání součástek je stejné. Opět se upraví optimální výška pracovní roviny pro sedícího probanda.

Jak již bylo zmíněno dříve, pro porovnání časů je potřeba mít pro každé pracoviště časový etalon. Opět byla použita metodika Basic MOST. Etalon byl vytvořen pro obě varianty ergonomicky racionalizovaného pracoviště. Podrobné tabulky popisující montážní proces na obou variantách upravených pracovišť metodou MOST, jsou přiloženy v příloze, viz Příloha 2, Příloha 3. Níže jsou uvedeny tabulky znázorňující hodnotu TMU a z ní převedené hodnoty na skutečný čas pro obě varianty ergonomicky racionalizovaného pracoviště.

Tabulka 3 Hodnota času MOST - varianta vsedě

1,82	109,35	3040
minut	sekund	TMU

Tabulka 4 Hodnota času MOST - varianta vestoje

1,93	115,83	3220
minut	sekund	TMU

3.5 Porovnání variant pracovišť

V této sekci se budeme zabývat popisem jednotlivých pracovišť na kterých byla prováděna měření montážního procesu. Vycházeli jsme z původního univerzálního, referenčního pracoviště, které je vyobrazeno v kapitole 1.3.

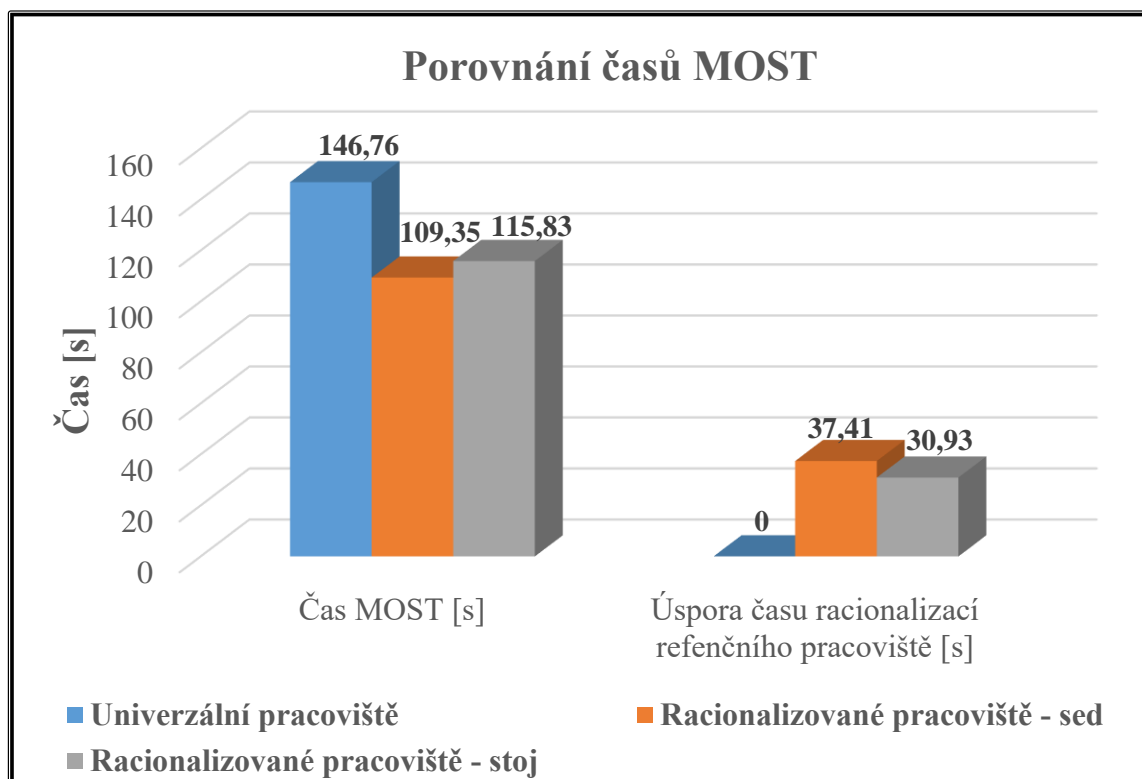
Druhé pracoviště je ergonomicky racionalizované, uzpůsobené jednotlivým probandům dle jejich výšky postavy. Jsou zde nastaveny optimální dosahové zóny a použity nástroje, které usnadní práci probandům, jako je pneumatický utahovák. Na tomto pracovišti se měří ve dvou variantách. Nejdříve vestoje a poté vsedě, z důvodu použití sedáku, jako další možnosti porovnávacího prvku. Na obou variantách ergonomicky racionalizovaného pracoviště se bude vykonávat 5 měření.

Následně je uvedena shrnující tabulka popisující jednotlivá pracoviště. Z ní lze vyčíst, co daná pracoviště obsahují či nikoli, a jak jsou umístěné součásti na pracovištích. Skutečnou vizualizaci této porovnávací tabulky lze vidět na snímcích výše u jednotlivých pracovišť.

Tabulka 5 Porovnání jednotlivých variant pracovišť

Pracoviště			
	Univerzální	Ergonomicky racionalizované vsedě	Ergonomicky racionalizované vestoje
Osvětlení	✓	✓	✓
Jednotná výška pracovní roviny	✓	✗	✗
Nastavitelná výška pracovní roviny	✗	✓	✓
Pneumatický utahovák	✗	✓	✓
Pracovní sedák	✗	✓	✗
Regál s jednotnými výškami poliček	✓	✗	✗
Regál s nastavitelnými výškami poliček	✗	✓	✓
S354 na dosah	✗	✓	✗
S355 na dosah	✗	✓	✓
S353 na dosah	✗	✓	✗
S381 na dosah	✗	✓	✓
S352 na dosah	✗	✓	✓
S09 na dosah	✗	✓	✓
S363 na dosah	✗	✓	✗
S04 na dosah	✗	✓	✓
S323 na dosah	✗	✓	✓
S305 na dosah	✗	✓	✓
S85 na dosah	✗	✓	✓
S14 na dosah	✓	✓	✓
S90 na dosah	✗	✓	✓
S116 na dosah	✗	✓	✓
S131 na dosah	✓	✓	✓
S120 na dosah	✗	✓	✓
P48 na dosah	✗	✓	✓

Níže je uveden graf vyobrazující hodnoty časů MOST na jednotlivých pracovištích. Z grafu lze pozorovat, že časy MOST obou variant racionalizovaného pracoviště jsou oproti času MOST univerzálního pracoviště rychlejší. Velikost ušetřeného času ve vteřinách lze také vidět ve sloupcích v pravé části grafu.



Graf 1 Porovnání času MOST na pracovištích a vyobrazení ušetřeného času vůči univerzálnímu času MOST

Zde je možné sledovat, že racionalizace pracoviště vedla v našem případě k ochraně zdraví pracovníka vlivem upravení ergonomických podmínek. Další možné pozorovatelné hledisko je takové, že vliv racionalizace pracoviště urychlil montážní proces, a díky tomu je zvýšena produktivita pracoviště.

Je třeba podotknout, že zvýšená produktivita pracoviště může vést k tomu, že operátoři mohou být zatíženi z hlediska celkové fyzické či lokální svalové zátěže. Tyto dvě zmíněné skutečnosti nebereme v našem experimentu v úvahu.

• Časová studie

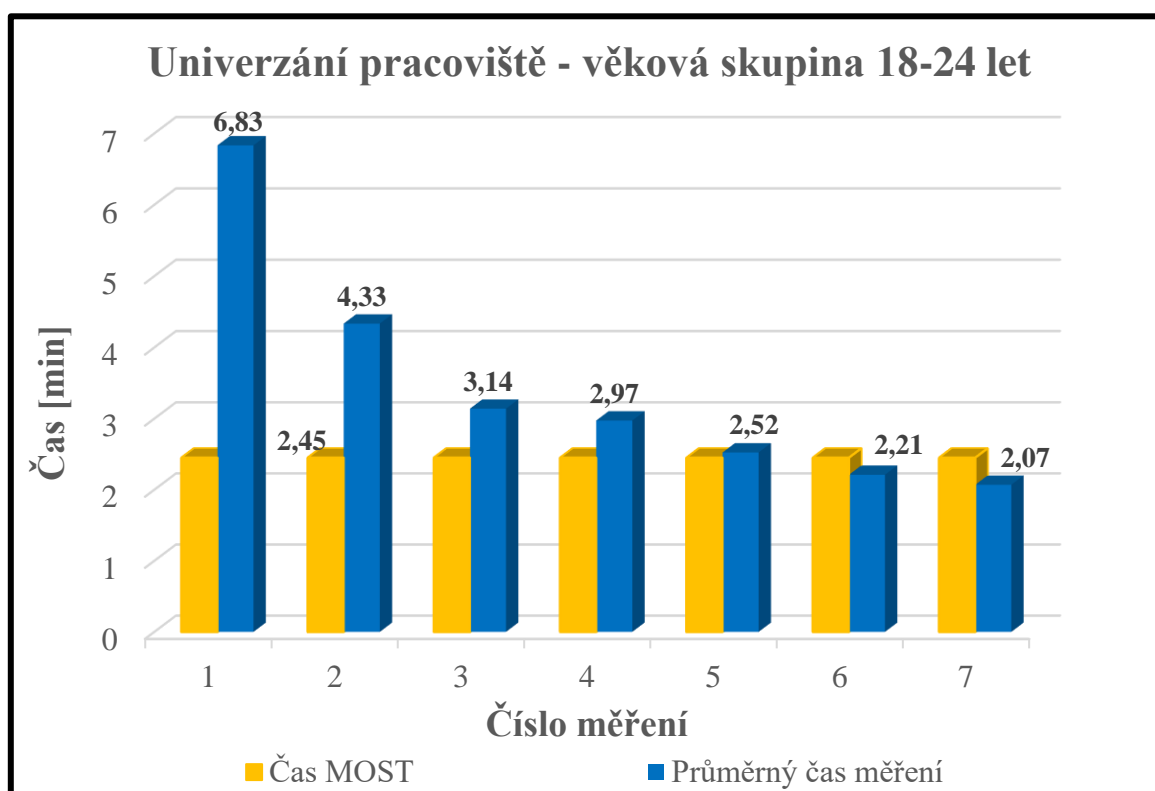
Na univerzálním pracovišti, jak již bylo zmíněno, se provádělo 7 měření. Jelikož všichni probandi napříč všemi věkovými kategorie měli problém s prvním náměrem, tak hodnota prvního pokusu měření nebyla započítána z důvodu zvýšení objektivitu. Proto tedy dále pracujeme s hodnotami od druhého do sedmého náměru. Můžeme se domnívat, že na tuto nesrovnalost má vliv to, že se jednalo o první pokus náměru. Probandi se seznamovali s pracovním prostředím, uspořádáním součástí či s popisem v návodce. Nutno podotknout, že probandi neměli možnost vyzkoušet si pokus nanečisto, neboť měření bylo časově náročné.

Tabulka 6 Zaznamenané časy jednotlivců na referenčním pracovišti věkové skupiny 18-24 let

Číslo náměru	Osoby						
	A	B	C	D	E	F	G
1.	5,30	8,45	7,33	8,07	7,34	6,40	4,94
2.	3,64	5,64	3,92	4,91	5,40	3,70	3,13
3.	3,59	4,40	2,61	3,26	3,14	2,30	2,68
4.	2,41	3,51	2,09	3,68	4,18	2,92	2,03
5.	2,22	3,83	1,74	3,17	3,04	1,83	1,84
6.	1,97	2,82	1,68	2,82	2,72	1,60	1,86
7.	1,95	2,62	1,66	2,53	2,55	1,58	1,59

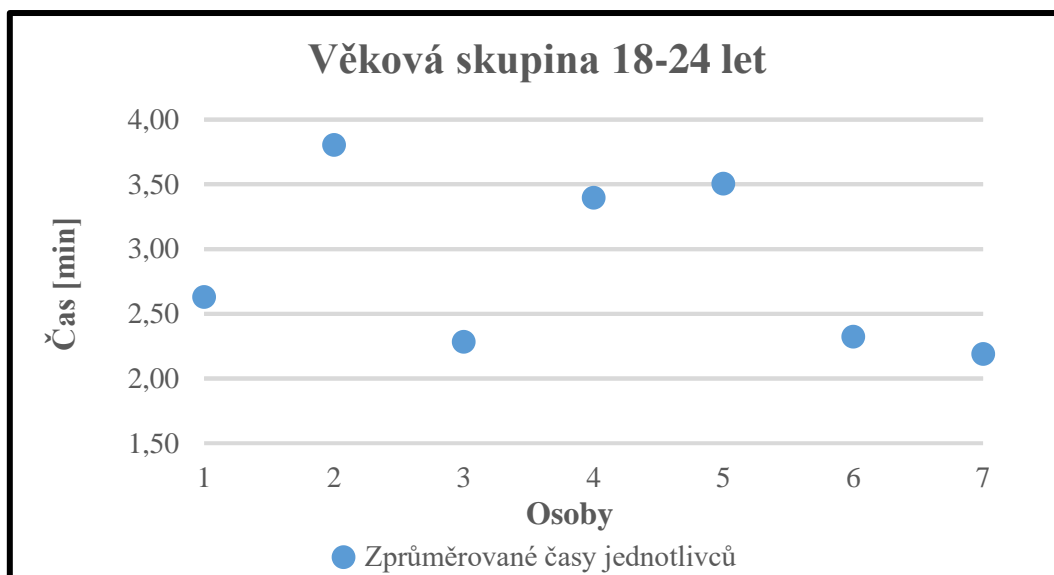
Výše je uvedena tabulka s časy v minutách měřených na univerzálním pracovišti věkové skupiny 18-24 let. Z tabulky lze vyčíst, že hodnoty prvního náměru jsou řádově odlišné. Proto, jak již bylo zmíněno dříve, hodnotu prvního měření z důvodu objektivit vyřadíme. Obdobný rozdíl prvních hodnot lze pozorovat i u zbylých dvou věkových skupin.

Z níže uvedeného grafu vyplývá tvrzení, které je uvedeno v tabulce a v textu výše.



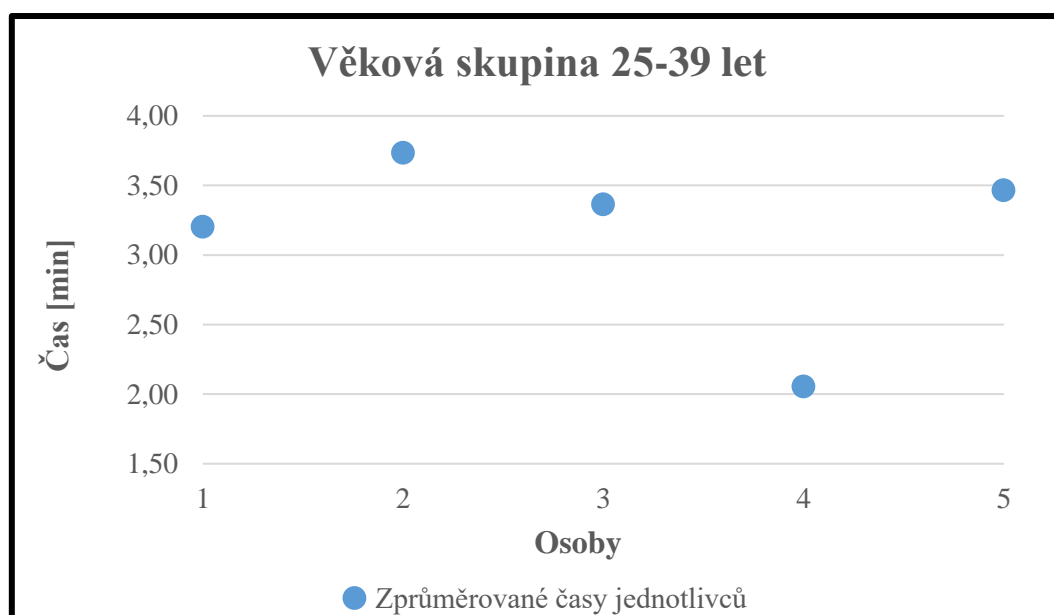
Graf 2 Zobrazení času MOST a skutečných průměrných časů sedmi měření věkové skupiny 18-24 na současném pracovišti

Dále jsou uvedeny grafy znázorňující zprůměrovanou hodnotu všech 7 měření jednotlivých operátorů na referenčním pracovišti dle definovaných věkových skupin. S těmito hodnotami se dále pracovalo ve vyhodnocování experimentu. Obdobným způsobem by vypadaly grafy věkových skupin na racionalizovaném pracovišti.

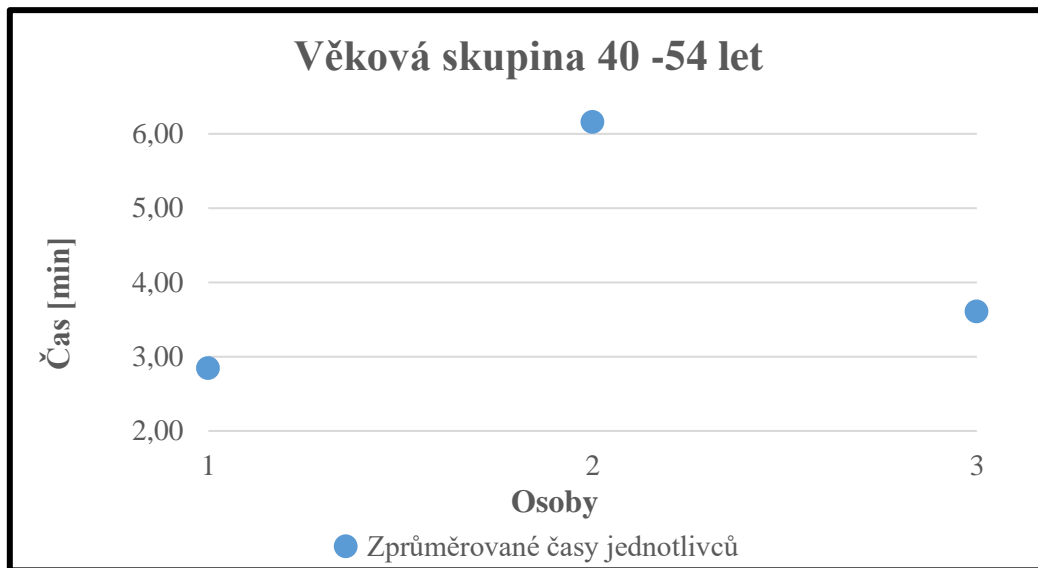


Graf 3 Průměrné časy jednotlivců na referenčním pracovišti věku 18-24 let

Ve věkové skupině 18-24 let bylo měřeno 7 probandů. Navýšení počtu měřených probandů z původních 5 bylo změněno z důvodu malého počtu probandů ve věkové skupině 40-54 let, aby byl splněn minimální počet 15 měřených operátorů našeho experimentu.



Graf 4 Průměrné časy jednotlivců na referenčním pracovišti věku 25-39 let



Graf 5 Průměrné časy jednotlivců na referenčním pracovišti věku 40-54 let

Ve věkové skupině byli změřeni pouze 3 operátoři z důvodu nízkého počtu akademiků této věkové skupiny.

4 Ověření vlivu a stanovení hodnot

Pro zajištění objektivitu byly zvoleny různé věkové skupiny operátorů. Byly stanoveny tři věkové kategorie podle eurostatu [48]. Věkové kategorie tyto: 18-24 let, 25-39 let, 40-54 let. V každé kategorii bylo změřeno minimálně 5 jednotlivců. Každý jedinec byl pozván do pracovní laboratoře, ve které probíhalo měření. Všem příchozím bylo vysvětleno, že měření bude nejprve prováděno na univerzálním pracovišti, na kterém budou začínat všichni jednotlivci a všichni zde mají rovné pracovní podmínky. Následně bylo vysvětleno, že druhé pracoviště bude ergonomicky racionalizované a upravené dle antropometrických rozměrů daného jedince. Měření zde bude probíhat ve dvou variantách, vestoje a vsedě za použití sedáku. Jednotlivci byli před začátkem měření na jednotlivých pracovištích obeznámeni s montážním postupem a vybavením pracoviště. Dále byli všichni upozorněni na kritická místa, která nejsou na první pohled zřejmá z doprovodné návodky skládání dřezového sifonu. Postupování probandů při skládání bylo analyzováno.

Před začátkem prováděných měření byli probandi informováni o tom, že jejich naměřené hodnoty budou anonymně zpracovány v bakalářské práci. Tuto skutečnost o souhlasu stvrdili svým podpisem v záznamovém archu.

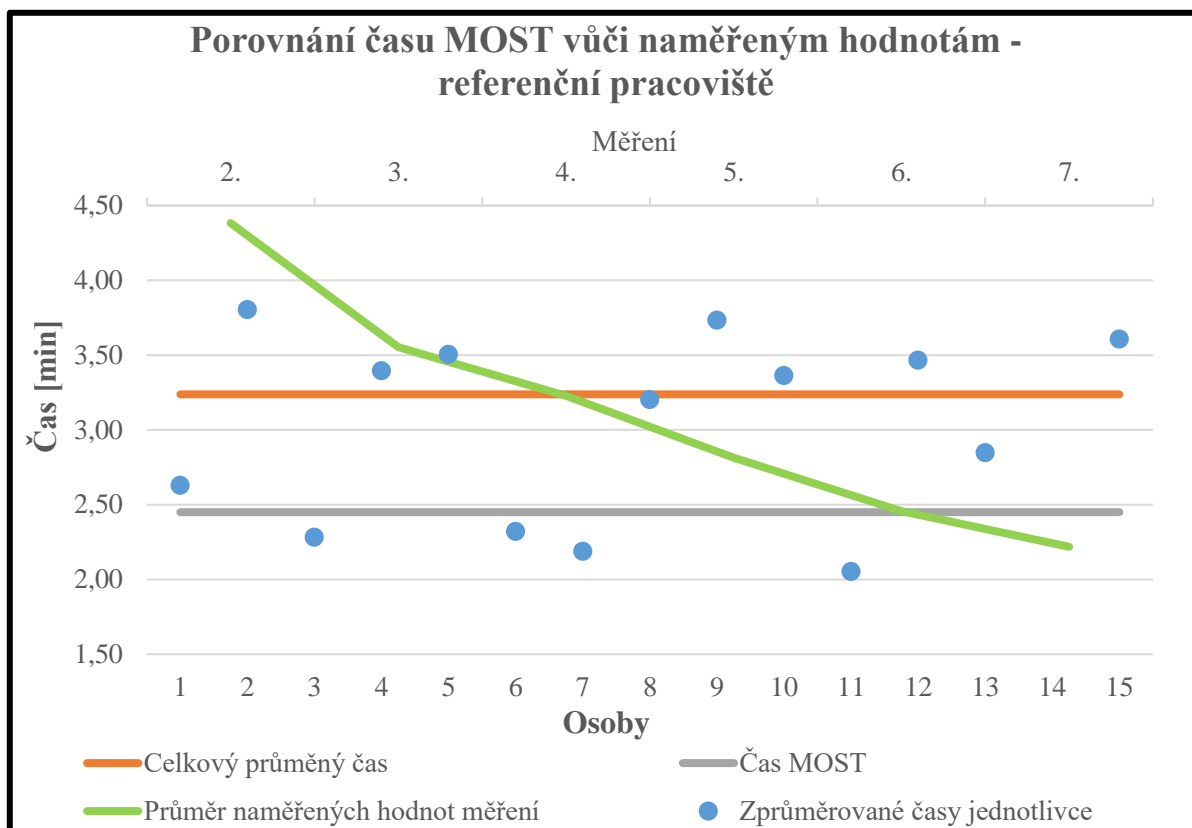
4.1 Vliv ergonomie na spotřebu času

V této části budou porovnány naměřené časy jednotlivých pracovišť a jejich variant se získanými časy MOST daných pracovišť z pohledu ergonomie. Z důvodu objektivnosti byly použity všechny náměry všech tří věkových kategorií bez ohledu na věk. Nyní však nebude brán zřetel na věk, protože ergonomie je podstatná pro všechny operátory každého věku.

V uvedených tabulkách níže lze pozorovat rozdíl časů mezi časovou hodnotou MOST a skutečným naměřeným časem dílčích operací. Skutečné časy byly získány z videozáznamu montážních procesů na jednotlivých pracovištích.

Současný stav

V těchto výstupech nebude použita první hodnota, jak je již odůvodněno výše v kapitole 3.5.

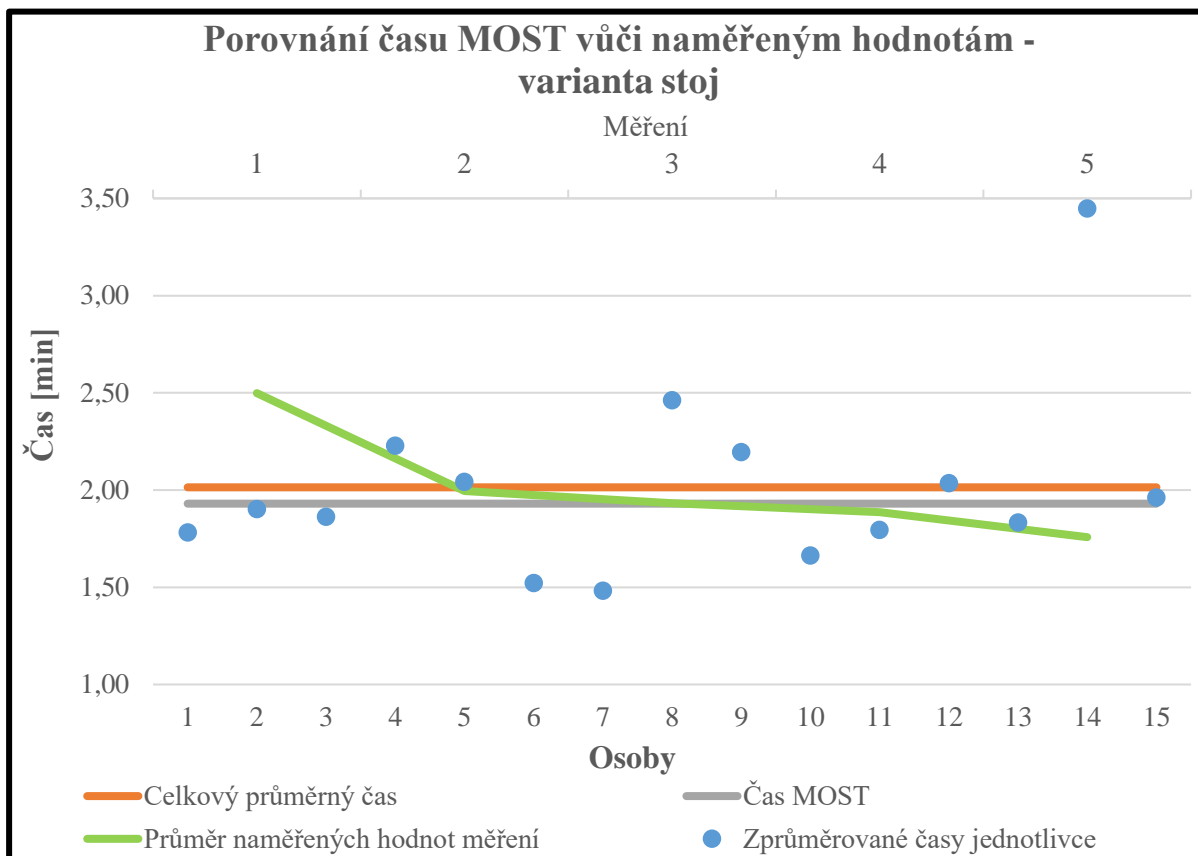


Graf 6 Porovnání skutečných hodnot s časem MOST současného pracoviště

Z grafu vyplývá trend, že s rostoucím počtem provedení stejného montážního postupu, se pracovní čas snižuje. Od šestého pokusu byl čas montáže rychlejší než čas MOST referenčního pracoviště.

Ergonomicky racionalizované pracoviště – varianta stoj

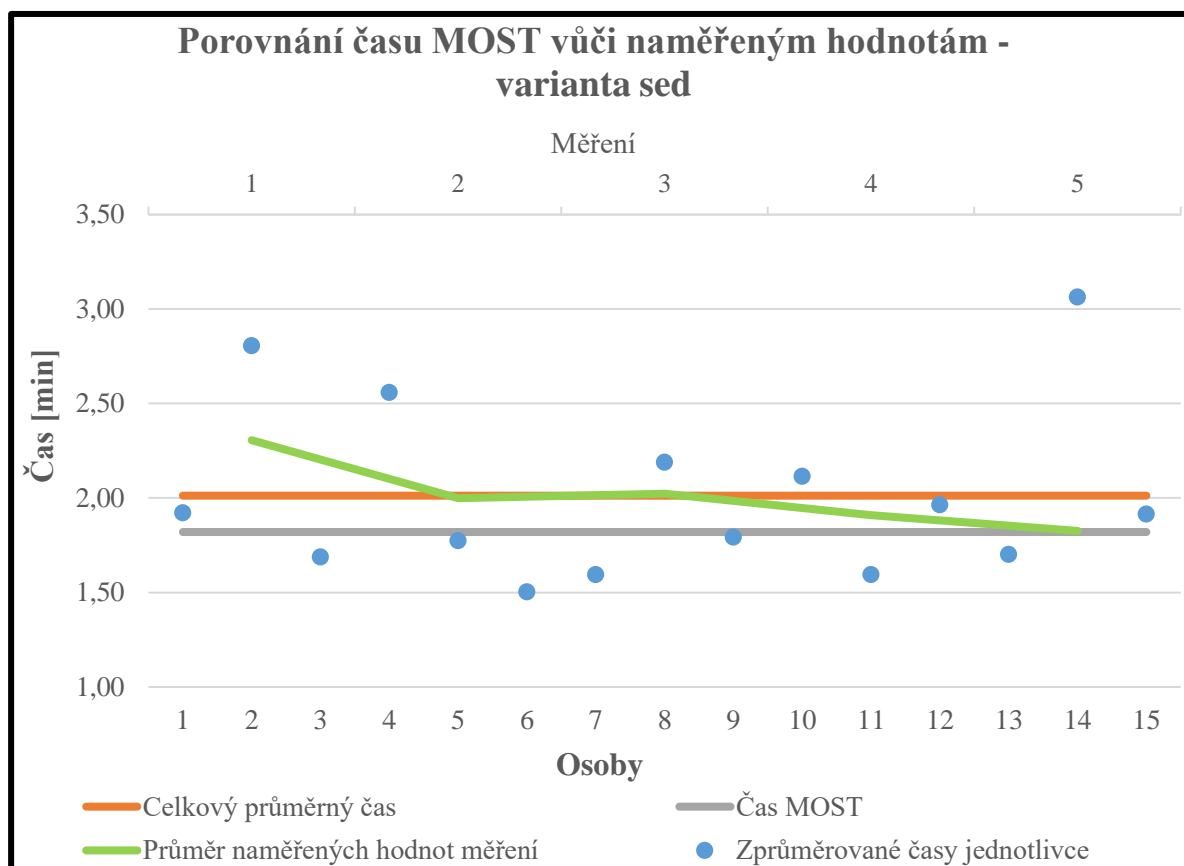
V obou variantách ergonomicky racionalizovaného pracoviště je použito všech pěti získaných časových hodnot.



Graf 7 Porovnání skutečných hodnot s časem MOST - varianta stoj

V grafu lze pozorovat stejný trend jako na referenčním pracovišti. S opakovanou montáží se pracovní čas urychluje a přibližuje se času MOST tohoto pracoviště. Čas MOST byl montážním časem překonán od třetího měření.

Ergonomicky racionalizované pracoviště – varianta sed



Graf 8 Porovnání skutečných hodnot s časem MOST - varianta sed

V tomto grafu čas MOST nebyl překonán, ale pouze se tomuto času velmi přiblížil. Nicméně je zde opět viděn trend, že s rostoucím počtem provedených montážních pokusů měření, se montážní čas urychluje.

Z vložené tabulky níže můžeme vyčíst, že výsledná celková průměrná hodnota ze všech získaných časových dat pro jednotlivá pracoviště, nebyla rychlejší než čas MOST pro dané pracoviště. Celkový průměrný čas na současném pracovišti je pomalejší než čas MOST o 47,4 vteřiny. Celkové průměrné časy na ergonomicky racionalizovaném pracovišti se v obou svých variantách liší od časů MOST méně, než je to u současného pracoviště. U varianty vestoje je celkový průměrný čas pomalejší o 4,8 vteřiny. U varianty vsedě je celkový průměrný čas pomalejší o 11,4 sekund. Tyto výsledky zobrazíme v procentuálním vyjádření jednotlivých časů MOST daných pracovišť a jejich variant.

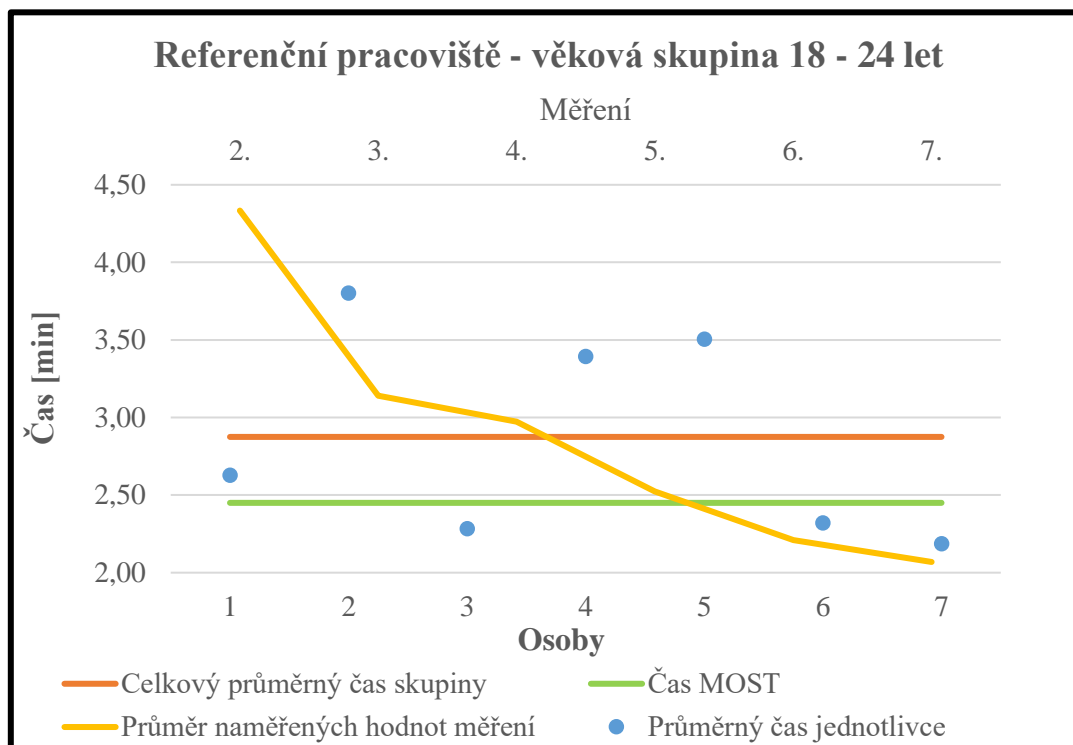
Tabulka 7 Procentuální zastoupení času skutečného vůči času MOST

	Pracoviště		
	Referenční	Ergo - stoj	Ergo - sed
Čas MOST [min]	2,45	1,93	1,82
Celkový průměr z naměřených hodnot [min]	3,24	2,01	2,01
Naplnění normy času MOST [%]	75,6	96,0	90,5
Rozdíl časů [s]	47,4	4,8	11,4

Ve výsledku můžeme říci, že celkové průměrné hodnoty všech náměrů ergonomicky racionalizovaného pracoviště v obou variantách se velmi přibližují času MOST na daných pracovištích. Toto bohužel nelze říci o současném pracovišti. Zde je rozdíl markantnější. Můžeme konstatovat, že měřené časy na všech pracovištích se s každým pokusem zrychlovaly a skoro ve všech případech se hodnoty posledních měření dostaly pod časovou hranici MOST, dosáhly ji, nebo se ji velmi přiblížily.

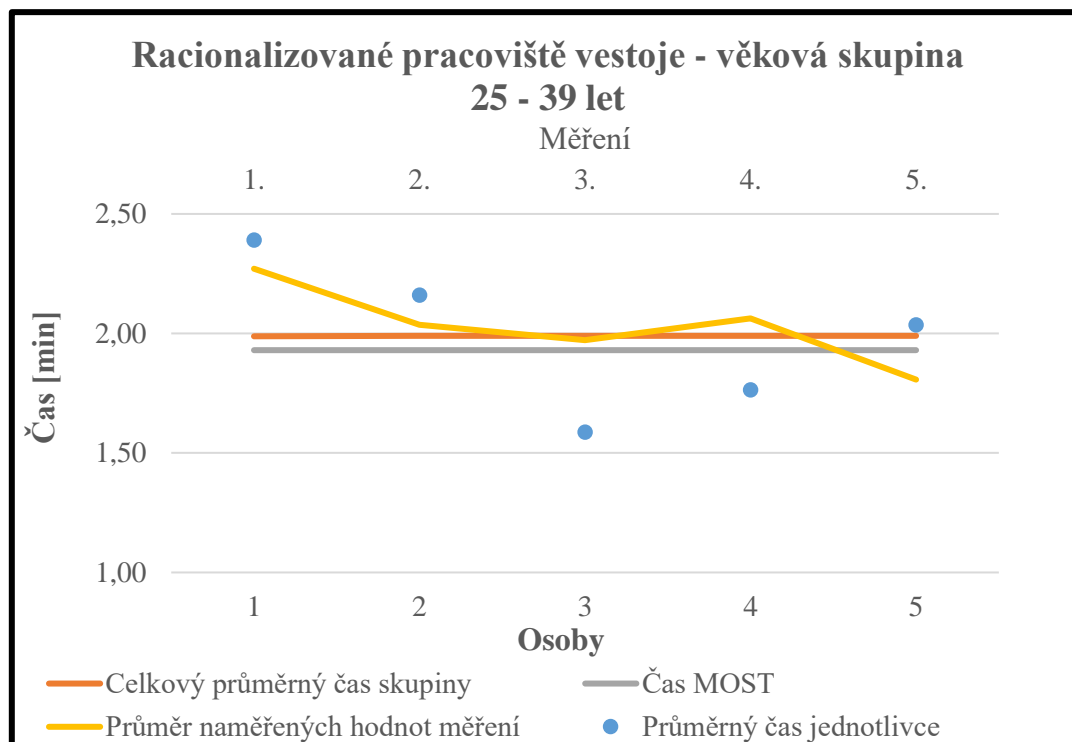
4.2 Vliv věku operátora na spotřebu času

Zde bude porovnán vliv věku operátora na čas montážního procesu. Porovnání bylo provedeno mezi pracovištěm současného stavu a oběma variantami ergonomicky racionalizovaného pracoviště napříč třemi věkovými skupinami.



Graf 9 Vliv operátora na spotřebu času na referenčním pracovišti věkové skupiny 18-24 let

Graf 9 a Graf 10 představují, jak vypadají skutečné průměrné naměřené hodnoty operátorů na současném pracovišti s porovnáním času MOST tohoto pracoviště. V grafech je možné pozorovat, jak se časy montážního procesu zrychlují s větším počtem opakování daného procesu. Obdobným způsobem by vypadaly grafy ergonomicky racionalizovaných variant pracovišť a současného pracoviště napříč věkovými skupinami. Zbylé grafy jsou vloženy v příloze.



Graf 10 Vliv operátora na spotřebu času na racionalizovaném pracovišti vestoje věkové skupiny 25-39 let

Níže je vložena tabulka se souhrnnými průměrnými hodnotami všech jednotlivců dané věkové skupiny, připadající na dva typy pracovišť a jejich varianty.

Tabulka 8 Souhrnné časové hodnoty dle věkových skupin a pracovišť

Věková kategorie	Pracoviště			Průměrný čas [min]
	Referenční	Ergo - stoj	Ergo - sed	
18 - 24	2,88	1,83	1,98	Průměrný čas [min]
25 - 39	3,16	1,99	1,89	
40 -54	4,21	2,19	2,15	
MOST [min]	2,45	1,93	1,82	

V další tabulce je vyobrazeno procentuální využití skutečného průměrného času jednotlivých věkových skupin, vůči času MOST daného pracoviště či jeho variant. V tabulce lze pozorovat, že pouze jeden průměrný čas překonal hranici času MOST. Zbylé časy jsou hranici času MOST velmi blízko, kromě času na současném pracovišti věkové kategorie 40-54 let.

Tabulka 9 Skutečné naplnění normovaného výkonu dle metodiky MOST, pracovišť a věkových skupin

Věková kategorie	Pracoviště			Skutečné naplnění normovaného času MOST
	Referenční	Ergo - stoj	Ergo - sed	
18 - 24	85%	105%	92%	
25 - 39	78%	97%	96%	
40 - 54	58%	88%	85%	
MOST [min]	2,45	1,93	1,82	

Tabulka níže vypovídá o pořadí věkových skupin na jednotlivých pracovištích. To je rozděleno podle skutečného naplnění normovaného času MOST, jak si časově vedly věkové skupiny navzájem, viz tabulka výše.

Tabulka 10 Pořadí umístění věkových skupin na pracovištích dle rychlosti času

Věková kategorie	Pracoviště			Pořadí mezi věkovými kategoriemi
	Referenční	Ergo - stoj	Ergo - sed	
18 - 24	1.	1.	2.	
25 - 39	2.	2.	1.	
40 - 54	3.	3.	3.	

Nutno podotknout, že věk je faktor, který má rozhodně vliv na spotřebu času. Jeho viditelnost ovlivňující čas procesu se zřejmě více projeví až po delším časovém období, kdy se může jednat o týdny až měsíce. V našem měření je velmi zřetelné, že nejmladší věková skupina je v porovnání se zbylými dvěma skupinami nejrychlejší. Teprve na ergonomicky racionalizovaném pracovišti ve variantě vsedě, zde byla nejrychlejší věková skupina 25–39 let. Jasně nejpomalejší skupinou na současném pracovišti a variantě vestoje ergonomicky racionalizovaného pracoviště je skupina věkově nejstarší. Její hodnoty jsou však na ergonomicky racionalizované variantě pracoviště ve stoje velmi podobné hodnotě času MOST tohoto pracoviště.

4.3 Časté chyby a kritická místa při měření

Při pozorování jednotlivců bylo možné sledovat, že napříč všemi skupinami se opakují chyby, které montáž zpomalují. Jednalo se o místa, na která byli všichni upozorněni před začátkem všech měření. Přesněji to bylo nasunutí matice S04 a těsnění S09 na středovou část sifonu S363. Probandi nejdříve nasunuli těsnění a poté matice. Toto je špatně a bylo nutné postup upravit. Dále se jednalo o vložení součástky S131 do bočního otvoru na středové součásti sifonu S363. V otvoru S363 je vytvořen výstupek a na součásti S131 je vytvořena drážka. S131 musí být zasunuta, jak nehlouběji to jde, jinak další součástka, která se na otvor u S363 montuje, nepůjde namontovat. Myslíme si, že tyto dva zmiňované problémy jsou vytvořené na straně výrobce návodky a nejspíše by bylo třeba problémy konstrukčně vylepšit, či vytvořit jasnější návodku na skládání dřezového sifonu.

Níže uvedená tabulka je rozdělená podle pracovišť a věkových skupin, ve které jsou zadané poznatky pozorování, které byly prováděny při měřeních.

Tabulka 11 Trendy chyby během měření

		Věková skupina		
		18 - 24	25 - 39	40 - 54
Pracoviště	Univerzální	málo utahování	častá kontrola	kontrola
		problém s drážkou S131		
		skládání nesimo	-	skládá nesimo
		složený kus nepokládán na stůl a stále byl držen v ruce		
		S305 a S116 bylo bráno najednou		
		obráceně nasazené těsnění S09 a S120		-
		kus S305 montován vkleče a poté se jedinec zvedl		-
	Racionalizované vsedě	špatné pořadí matice a těsnění na středové části		
		vyndány nejdříve věci z regálu a poté skládán zbytek		
		opírá si střed o vlastní tělo, a ne o stůl při nandání těsnění		-
		-	nejdříve sestaven vršek a poté celý namontován na zbytek	-
		věci brány najednou oběma rukama		
		vršek skládán nesimo		
		S85 a S90 brány najednou, srovnají si je a poté dávají společně dále		
		špatné pořadí matice a těsnění na středové části		
		problém s drážkou S131		
	Racionalizované vestoje	vezmou S85 a S90 najednou, srovnají si to, poté dávají společně dále		-
		špatné pořadí matice a těsnění na středové části		
		problém s drážkou S131		

Ve shrnutí této kapitoly lze říci, že největším problémem při montáži byly již zmiňované problémy výše v této kapitole, a to tedy pořadí nasunutí matice S04 s těsněním S09 ve správném pořadí na S363 a vložení S131 do S363. Tyto dva problémy se projevovaly na obou pracovištích a jejich variantách. Dalším viditelným trendem, který se projevoval ve všech věkových kategoriích bylo skládání „nesimo“ a držení složeného kusu stále v ruce. Toto stálé držení složeného kusu v ruce by vedlo k lokální svalové zátěži předloktí. Na racionalizovaných pracovištích všichni probandi brali součástky oběma rukama najednou. U nejmladší věkové skupiny bylo vidět, že po sobě smontované součástky tolik neutahují a nekontrolují. Oproti tomu dvě zbylé skupiny vše pořádně utahovaly a také své kroky kontrolovaly.

Aby se předešlo zmiňovaným problémům a ušetřil se tak montážní čas, bylo by třeba kontaktovat výrobce návodky a tuto následně lépe uspořádat obrázkovou návodku, či lépe konstrukčně upravit prvek S131, kvůli lepší manipulaci při skládání. Operátoři se návodkou řídili ve většině měření a stále opakovali již zmiňované chyby uvedené výše v textu. Další zmíněné poznatky nepovažujeme za chyby, ale za trendy, které si jednotlivci uzpůsobili podle sebe, svého systému skládání a především své zručnosti.

Napravení chyb během montáže či další zefektivnění procesu by se dalo vytvořit tak, že bychom zdokumentovali všechny měřené pokusy od všech probandů na videozáznam. Následně by byla provedena detailní analýza všech videozáznamů a jednotlivých kroků montážního procesu. Došlo by k časovému vyhodnocení jednotlivých kroků montáže. Z nejrychlejších kroků a posouzení jejich provedení z ergonomického hlediska by byly vytvořeny jasné definované postupy pro jednotlivé pracoviště a jejich varianty, které by se musely být striktně dodrženy. Tímto způsobem by bylo možné dojít k zefektivnění prováděného procesu.

5 Vyhodnocení

Dle znění původního zadání „Identifikace parametrů a stanovení jejich vlivů na kvalitu výrobního procesu“ bylo třeba identifikovat parametry a zjistit jejich vliv na kvalitu výrobního procesu. V našem případě byly zvoleny parametry ergonomie a věk. Pro zkoumání těchto dvou parametrů byla vytvořena dvě pracoviště, jedno univerzální a poté ergonomicky racionalizované ve variantě vestoje a vsedě. Na těchto pracovištích byli měřeni jednotlivci rozdělení do tří věkových skupin, 18-24 let, 25-39 let a 40-54 let. Aby bylo možné stanovit časové etalony na pracovištích, podle kterých by byly následné hodnoty porovnány, byla použita metodika Basic MOST. Bylo dosaženo rozhodnutí, že u hodnot získaných měření na referenčním, současném pracovišti nebude dále nakládáno s prvním náměrem, kvůli dodržení objektivnosti výsledků. První hodnota u každého operátora byla řádově větší než zbylé náměry, viz kapitola 3.5.

Pomocí ergonomicky racionalizovaného pracoviště a jeho dvou variant, lze pozorovat, že nastavení optimální výšky pracovního stolu, zlepšení dosahových zón se součástkami a použití vybavení, v našem případě užití pneumatického utahováku, má svůj časový vliv na ušetření času. Tento rozdíl můžeme pozorovat v Grafu 1. Každá racionalizační varianta ušetřila minimálně 30 sekund.

Druhým sledovaným parametrem byl věk. Na zcela jasné prokázání tohoto parametru by bylo třeba provést početnější měření s větším počtem probandů. Nicméně z našich výsledků je patrné, nehledě na věk, jsou všichni jednotlivci schopni svůj montážní proces postupně urychlovat a přiblížit se, dokonce i překonat čas MOST jednotlivých variant pracovišť. Z výsledků lze zjistit, že dvě ze tří pracovišť nejrychleji montovala nejmladší věková skupina, tedy 18-24 let. Jedno prvenství si připisuje střední věková skupina 25-39 let. Nejstarší skupina byla na všech pracovištích nejpomalejší viz Tabulka 12. Z výsledků je také možné pozorovat, že na vhodně připraveném pracovišti dokáží naplnit normovaný čas i pracovníci vyššího věku.

Je nutné zmínit, že byli pozváni pouze operátoři, kteří jsou akademickými pracovníky z katedry Průmyslového inženýrství. Z tohoto důvodu ve věkové kategorii 40-54 let bylo možné oslovit pouze pár osob, jelikož kolektiv katedry KPV se skládá z mladších členů. Jde tedy o omezení, a proto v této věkové skupině byli změřeni pouze 3 operátoři. V nejmladší věkové skupině bylo měřeno 7 operátorů místo původních 5.

Při experimentu byl zjištěn třetí vliv, a to schopnost pracovníka naučit se proces, a to nebylo ani záměrem výzkumu. Předmětem experimentu nebylo zkoumat schopnost naučit se proces, ale z naměřených výsledků vyplynulo, že od zhruba pátého nebo šestého měření na referenčním pracovišti se jednotlivci přiblíží, ne-li překonají hodnotu času MOST. Na racionalizovaných pracovištích je tento vliv možné pozorovat od třetího či čtvrtého měření. To, jakým způsobem se pracovník naučí daný proces, záleží na jeho paměti a zručnosti. Vliv schopnosti se zapamatovat si je možné vidět v Grafech 6-10, a dále v grafech přiložených v příloze. Tento nalezený vliv by bylo vhodné zkoumat v další práci.

Během experimentu byly opakovány chyby napříč operátory všech věkových skupin. Domníváme se, že tyto chyby jsou vzniklé na straně výrobce námi používaného dřezového sifonu. Jednalo se o nepřehledné vyobrazení pořadí skládaných součástek na návodce, podle které byl sifon skládán. Tyto chyby by bylo možné eliminovat lepším vizuálním zpracováním návodky, či návodku zdigitalizovat, aby se předešlo časovým ztrátám při montáži.

Závěr

Před provedením samotného experimentu bylo nejprve nutné prostudovat teoretickou problematiku týkající se této bakalářské práce. V praktické části této práce byla použita teorie týkající se produktivity osob, přímého měření pro normování času a nepřímého měření, přesněji využití metodiky Basic MOST pro stanovení časových etalonů na jednotlivých pracovištích.

Provedeným experimentem byl potvrzen cíle bakalářské práce, a tedy že zkoumaná ergonomie a věk pracovníků mají vliv na zefektivnění procesu. Zmiňovaný věk v našem experimentu není tak vypovídajícím vzorkem. Jedná se o prvotní experiment, který by bylo vhodné uskutečnit v mnohem větším měřítku jako výzkumnou záležitost, jelikož v takovém počtu měření a probandů byly potvrzeny jen některé předpoklady. V dalším experimentu zabývající se touto tematikou by bylo třeba soustředit se detailněji na ergonomickou stránku. Tím je myšleno, jaké končetiny jsou použity na uchopování součástek, celková fyzická a lokální svalová zátěž jedince a další. Dále by bylo třeba použít mnohem větší počet operátorů.

Při práci je možné pozorovat, že operátor je schopný si velmi rychle zapamatovat montážní postup, své časy postupně zrychlovat a přiblížit se, popřípadě překonat časovou normu montážního postupu na daných pracovištích a jeho variantách. Tuto skutečnost je možné považovat za třetí vliv, a to tedy schopnost pracovníka naučit se opakovaný proces. Toto zjištění nebylo účelem zkoumání tohoto experimentu. Na změřených časech bylo zajímavé sledovat, že každý jedinec je jinak zručný, a díky tomu se hodnoty mezi probandy lišily.

Seznam použité literatury

- [1] BICÍNOVÁ, Ing. Kateřina. *Příspěvek k hodnocení ukazatelů výrobního procesu v oblasti automobilového průmyslu*. Plzeň, 2016. Disertační práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Helena Zídková, Ph.D.
- [2] MICHÁLEK, Jiří. *Základy statistického myšlení*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011. ISBN 978-80-02-02327-2.
- [3] BOUKALOVÁ, Bc. Adéla. *Vytvoření procesní mapy v procesech řízení výroby* [online]. Plzeň, 2017 [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/28306/1/Diplomova_prace_Boukalova_Adela.pdf. Diplomová. Západočeská univerzita v Plzni.
- [4] *Workshop specifického výzkumu 2018* [online]. In: . Brno: Vysoké učení technické v Brně Fakulta podnikatelská, 2018, s. 186-196 [cit. 2022-11-18]. ISBN 978-80-214-5705-8. Dostupné z: https://conference.fbm.vutbr.cz/workshop/useruploads/files/sbornik/sbornik_workshop_specifickeho_vyzkumu_2018.pdf#page=186
- [5] ŠTAMFESTOVÁ, Ing. Petra. *HODNOCENÍ VÝKONNOSTI PODNIKŮ* [online]. Brno, 2013 [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/zmvfq/Stamfestova_disertacni_prace.pdf. Disertační práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Suchánek, Ph.D.
- [6] UČEŇ, Pavel. *Zvyšování výkonnosti firmy na bázi potenciálu zlepšení*. První. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2472-0.
- [7] SMART (Specific, Measurable, Achievable, Realistic, Time Specific). In: *ManagementMania* [online]. Praha: Educus z.s., 2011 [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/smart>
- [8] PRUKNER, Vítězslav. *Manažerské dovednosti* [online]. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014 [cit. 2022-11-19]. ISBN 978-80-244-4329-4. Dostupné z: <https://publi.cz/books/114/02.html>
- [9] PANDE, Peter S., Robert P. NEUMAN a Roland R. CAVANAGH. *Zavádíme metodu Six Sigma, aneb, Jakým způsobem dosahují renomované světové společnosti špičkové výkonnosti*. 1. Brno: TwinsCom, 2002. ISBN 80-238-9289-4.
- [10] KOŠÍKOVÁ, Jana. *Základní myšlenky metody Six Sigma* [online]. Brno, 2008 [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6538. Diplomová. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Josef Bednář, Ph.D.
- [11] PENG, Xianghui a Victor PRYBUTOK. Relative effectiveness of the Malcolm Baldrige National Quality Award categories. *International Journal of Production Research* [online]. 2014, **53**(2), 629-647 [cit. 2022-11-19]. ISSN 0020-7543. Dostupné z: doi:10.1080/00207543.2014.961207
- [12] UYGUR, AKYAY a SEVGI SÜMERLİ. EFQM Excellence Model. *International Review of Management and Business Research* [online]. 2013, **2013**(4), 980-993 [cit.

- 2022-11-19]. ISSN 2306-9007. Dostupné z: <https://asset-pdf.scinapse.io/prod/2106858110/2106858110.pdf>
- [13] BASL, Josef, Miroslav TŮMA a Vít GLASL. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2002. ISBN 80-708-2936-2.
- [14] KRŇOUL, Bc. Matěj. *Produktivita výroby a možnosti automatizace* [online]. Plzeň, 2022 [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/49326/1/DP%20Krnoul.pdf>. Diplomová. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Michal Šimon Ph.D.
- [15] SUSHKO, BOHDAN. *Řízení firmy prostřednictvím KPI* [online]. Praha, 2021 [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/95190/MU-BP-2021-Sushko-Bohdan-BP_2021_Sushko_Bohdan.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Bakalářská. České vysoké učení technické v Praze.
- [16] PARMENTER, David. *Klíčové ukazatele výkonnosti: rozvíjení, implementování a využívání vítězných klíčových ukazatelů výkonnosti (KPI)*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008. ISBN 978-80-02-02083-7.
- [17] MACHÁČKOVÁ, Ing. Vendula. *STRATEGIE ŘÍZENÍ A MĚŘENÍ VÝKONNOSTI MEZINÁRODNÍCH FRANCHISINGOVÝCH FIREM* [online]. Liberec, 2014 [cit. 2022-12-01]. Dostupné z: https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/39267/U_814_E.pdf?sequence=4. Disertační. Technická univerzita v Liberci.
- [18] NAVRÁTILOVÁ, Kateřina. *METODA BSC (BALANCED SCORECARD) A MOZNOSTI APLIKACE DO IT OBLASTI* [online]. Brno, 2011 [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=117587#page9. Bakalářská. Vysoké učení technické v Brně.
- [19] MOLNÁR, Zdeněk. *Efektivnost IS/IT* [online]. In: . Brno: VUT Brno [cit. 2022-12-02]. Dostupné z: http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2000/Sbornik/Molnar/Referat.htm
- [20] HLADKÝ, Kristián Dominik. *Hodnocení produktu pomocí indexů způsobilosti procesu* [online]. Plzeň, 2019 [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/38764/1/DP_Hladky.pdf. Diplomová. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Jana KLEINOVÁ, CSc.
- [21] HEJKRLÍK, Lukáš. *VYHODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI VÝROBNÍHO PROCESU TEFLONOVÁNÍ* [online]. Praha, 2018 [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80454/F2-BP-2018-Hejkrlik-Lukas-Vyhodnoceni%20zpusobilosti%20vyrobniho%20procesu%20teflonovani.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Bakalářská. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE.
- [22] SYNEK, Miloslav. *Podniková ekonomika*. 4., přeprac. a dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2006. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 80-717-9892-4.
- [23] KRÁL, Bc. Filip. *Zvýšení efektivity práce na výrobní lince* [online]. Plzeň, 2020 [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/41614/1/Diplomova_prace_Kral.pdf.

- Diplomová. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Jana Kleinová, CSc.
- [24] Automatický monitoring strojů. In: *Plantyst* [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.plantyst.cz/automaticky-monitoring-stroju/>
- [25] Celková efektivnost zařízení (OEE). In: *Moodle Západočeské univerzity v Plzni* [online]. Plzeň [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://phix.zcu.cz/moodle/mod/book/view.php?id=266370>
- [26] Overall Equipment Effectiveness (Celková efektivita zařízení). In: *EastGate* [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: https://www.east-gate.eu/cs/oe/about-oe?gclid=EAIaIQobChMI3MuCm9q9-wIVVIjVCh0HsA3LEAAYASAAEgKMzvD_BwE
- [27] HÜTTLOVÁ, Eva. *Organizace práce v podniku*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1999. ISBN 80-707-9778-9.
- [28] KNAPP, Filip. *Navýšení kapacity výrobní linky* [online]. Plzeň, 2017 [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/26644/1/KPV_DP_Filip%20Knapp.pdf. Diplomová. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Michal ŠIMON, Ph.D.
- [29] PAVEL, Aleš. *Zvýšení efektivity výrobní linky* [online]. Plzeň, 2014 [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/13179/1/BP_Ales_Pavel.pdf. Bakalářská. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Michal ŠIMON, Ph.D.
- [30] GOLDFINGER, Bc. Michal. *Aplikace metod předem stanovených časů ve výrobním podniku* [online]. Plzeň, 2012 [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/2290/1/diplomka.pdf>. Diplomová. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Ing. Marek Bureš, PhD.
- [31] *Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2005 [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz>
- [32] VANĚČEK, Drahoš. *Organizace výroby a práce*. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2001. ISBN 80-704-0480-9.
- [33] KÁBA, Bc. Martin. *Ergonomická analýza pracovišť na montážní lince* [online]. Plzeň, 2016 [cit. 2022-11-21]. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/25198/1/DP_Kaba_18.5.2016.pdf. Diplomová. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Ing. Marek Bureš, Ph.D.
- [34] KRIŠŤÁK, Jozef. MTM - Methods Time Measurement: Metóda merania a analýzy práce, ktorá pracuje s vopred stanovenými časmi. In: *IPA Slovakia* [online]. Žilina [cit. 2022-11-21]. Dostupné z: <https://www.ipaslovakia.sk/clanok/mtm-methods-time-measurement>
- [35] HAZUCHOVÁ, Bc. Ivana. *Studie analýzy technologické operace sestavené pomocí metody MTM a MOST* [online]. Liberec, 2008 [cit. 2022-11-21]. Dostupné z: [58](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjF-</p></div><div data-bbox=)

- qz9yL_7AhVDSfEDHWpnDOgQFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Fdspace.tu
l.cz%2Fbitstream%2Fhandle%2F15240%2F4000%2Fmgr_13519.pdf%3Fsequence
%3D1&usg=AOvVaw35PY741gwy2Gz6zVVCpp6M. Diplomová. Technická
univerzita v Liberci.
- [36] KLEINOVÁ, Jana a Filip RYBNÍKÁR. *Změna uspořádání pracoviště za účelem zvýšení objemu výroby* [online]. In: . Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2019 [cit. 2022-11-21]. ISBN 978-80-261-0894-8. Dostupné z: <https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/35721/1/Rybnikár.pdf>
- [37] KOŠTURIÁK, Ján. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. ISBN 80-710-0553-3.
- [38] ZOUBEK, Bc. Michal. *Prostorové uspořádání pro nový výrobní program* [online]. Plzeň, 2016 [cit. 2022-11-21]. Dostupné z: https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/25207/1/Diplomova_prace_Prostorove_usporadani_Michal_Zoubek.pdf. Diplomová. Západočeská univerzita v Plzni.
- [39] STRAKOVÁ, Jana. *Analýza prostorového uspořádání montážní fáze výrobního procesu* [online]. Zlín, 2012 [cit. 2022-11-21]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/22673/straková_2012_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [40] KOPEČEK, Pavel a Miroslav MALAGA. *Plánování a řízení výroby a DP*. 1. [Plzeň]: SmartMotion, 2012. ISBN 978-80-87539-14-9.
- [41] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
- [42] MAREK, Jakub a Petr SKŘEHOT. *Základy aplikované ergonomie*. 1. Praha: VÚBP, 2009. Bezpečný podnik. ISBN 978-80-86973-58-6.
- [43] ŠIMEK, Filip. *Ergonomická studie* [online]. Plzeň, 2022 [cit. 2022-11-21]. Dostupné z: https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/49204/1/Filip%20S_imek%20-%20Bakala_r_ska_%20Pra_ce%20%20PDF.pdf. Bakalářská. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Ing. Ilona Kačerová.
- [44] KAČEROVÁ, Ilona a Yauheniya ANAPREYENKA. *Ergonomická racionalizace výrobního pracoviště* [online]. In: . Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2022 [cit. 2022-11-21]. Dostupné z: https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/49756/1/komplet_20.10.2022-68-75.pdf
- [45] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. In: *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [46] HLÁVKOVÁ, Jana a Alena VALEČKOVÁ. *Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik: metodický materiál Národního referenčního pracoviště pro fyziologii a psychofyziologii práce*. Praha: Státní zdravotní ústav, 2007. ISBN 978-80-7071-.
- [47] PEŠEK, Bc. Ondřej Matthew. *Hodnocení povědomí managementu a zaměstnanců firem o ergonomii kancelářského prostředí* [online]. Praha, 2016 [cit. 2022-11-21]. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/77213/DPTX_2014_1_11510_

0_446518_0_157688.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diplomová. Univerzita Karlova. Vedoucí práce Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc.

- [48] Population structure and ageing/cs. In: *Statistics Explained* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Population_structure_and_ageing/cs

PŘÍLOHA č. 1

MOST-referenční pracoviště

Pořadové číslo	Popis operace	OP	Sekvence										A - Návrat	Frekvence	TMU				
			ŘP	ABG - Získat			ABP - Položit			MXI - Přemístit/Spustit						Nástroj	ABP - Položit stranou		
				N	ATK - získat			FVL - Položit			VPT - Položit stranou								
					J	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁	A ₁					B ₀	P ₀	
1	P Umístění S355 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
2	P Umístění S354 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
3	O Vložení S355 do S354	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀							A ₀	1	60		
4	P Umístění S353 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
5	O Našroubování S354 na větší průměr S353 šesti otočením zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₀	A ₁	B ₀	P ₀			A ₀	1	170		
6	P Umístění S381 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
7	O Vložení S381 do S353	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀							A ₀	1	60		
8	P Umístění S352 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
9	O Našroubování S352 na boční stranu S353 pěti otočením zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₀	A ₁	B ₀	P ₀			A ₀	1	160		
10	P Umístění S363 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
11	P Umístění S04 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
12	P Umístění S09 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
13	O Nasazení S04 na S363 nad druhou risku	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀							A ₀	1	60		
14	O Nasazení S09 na S363 na druhou risku	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₆	I ₁							A ₀	1	120		
15	O Vložení S363 do otvoru S353 do hloubky dolehnutí těsnění s S353	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀							A ₀	1	60		
16	O Sešroubování S04 s S353 osmi otočením zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₆	A ₁	B ₀	P ₀			A ₀	1	220		
17	P Umístění S323 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
18	O Umístění S305 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₃	G ₁	A ₃	B ₃	P ₁							A ₀	1	140		
19	P Vložení S323 do S363	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀							A ₀	1	60		
20	O Položení S305 na S323	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₃	I ₀							A ₀	1	80		
21	O Sešroubování S305 s S362 osmi otočením zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₃	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₆	A ₁	B ₀	P ₀			A ₀	1	250		
22	P Umístění S85 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
23	L Umístění S14 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁							A ₀	1	40		
24	P Umístění S90 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
25	L Umístění S116 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₃	G ₁	A ₃	B ₃	P ₁							A ₀	1	140		
26	O Vložení S85 do S305	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀							A ₀	1	60		
27	O Položení S90 na S85	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀							A ₀	1	60		
28	O Položení S116 do S90	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀							A ₀	1	60		
29	O Vložení S14 do S116	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₃	I ₀							A ₀	1	80		
30	O Šroubování (ručně) s S14 dokud to jde (zhruba 25 otáček)	NF	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₆	A ₁	B ₀	P ₀			A ₀	1	230		
31	P Umístění S131 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁							A ₀	1	40		
32	P Umístění S120 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
33	P Umístění P48 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁							A ₀	1	100		
34	O Vložení S120 na P48	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁₆	I ₀							A ₀	1	210		
35	O Vložení S131 do bočního otvoru S363	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₁₆	I ₃							A ₀	1	220		
36	O Vložení P48 na boční otvor S04 (S363)	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₃	I ₀							A ₀	1	80		
37	O Sešroubování P48 s S363 třemi otáčkami	NF	A ₁	B ₀	G ₁	A ₀	B ₀	P ₃	F ₆	A ₁	B ₀	P ₀			A ₀	1	120		
Celková spotřeba času:									2,45	146,76			4080						
									minut	sekund			TMU						

PŘÍLOHA č. 2

MOST-racionalizované pracoviště vsedě

Pořadové číslo	Popis operace	OP	Sekvence											A - Návrat	Frekvence	TMU	
			ŘP	ABG - Získat			ABP - Položit										A ₀
							MXI - Přemístit/Spustit										
				N				ABP - Položit			Nástroj	ABP - Položit stranou					
J	ATK - získat			FVL - Položit					VPT - Položit stranou								
1	P Umístění S355 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
2	P Umístění S354 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
3	O Vložení S355 do S354	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	60		
4	P Umístění S353 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
5	O Nasřobování S354 na větší průměr S353 šesti otočením zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₀	A ₁	B ₀	P ₀	A ₀	1	170		
6	L Umístění S381 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	G ₁					A ₀	1	40		
7	O Vložení S381 do S353	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	60		
8	P Umístění S352 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
9	O Nasřobování S352 na boční stranu S353 pěti otočením zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₃	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₀	A ₁	B ₀	P ₀	A ₀	1	190		
10	P Umístění S363 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
11	P Umístění S04 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
12	L Umístění S09 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
13	O Nasazení S04 na S363 nad druhou risku	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	60		
14	O Nasazení S09 na S363 na druhou risku	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₆	I ₁					A ₀	1	120		
15	O Vložení S363 do otvoru S353 do hloubky dolehnutí těsnění s S353	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀					A ₀	1	60		
16	O Sešroubování S04 s S353 osmi otočeními zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₃	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₆	A ₁	B ₀	P ₀	A ₀	1	250		
17	P Umístění S323 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
18	P Umístění S305 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
19	O Vložení S323 do S363	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	60		
20	O Položení S305 na S323	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	80		
21	O Sešroubování S305 s S362 osmi otočeními zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₃	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₆	A ₁	B ₀	P ₀	A ₀	1	250		
22	P Umístění S85 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
23	P Umístění S14 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
24	P Umístění S90 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
25	P Umístění S116 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
26	O Vložení S85 do S305	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀					A ₀	1	60		
27	O Položení S90 na S85	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀					A ₀	1	60		
28	O Položení S116 do S90	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀					A ₀	1	60		
29	O Vložení S14 do S116	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	80		
30	O Šroubování pneumatickým utahovákem	NF	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₃	F ₃	A ₁	B ₀	P ₁	A ₀	1	110		
31	P Umístění S131 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
32	P Umístění S120 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
33	P Umístění P48 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40		
34	O Vložení S120 na P48	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁₆	I ₀					A ₀	1	210		
35	O Vložení S131 do bočního otvoru S363	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₁₆	I ₃					A ₀	1	220		
36	O Vložení P48 na boční otvor S04 (S363)	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	80		
37	O Sešroubování P48 s S363 třemi otáčkami	NF	A ₁	B ₀	G ₁	A ₀	B ₀	P ₃	F ₆	A ₁	B ₀	A ₀	A ₀	1	120		
Celková spotřeba času:									1,82	109,35			3040				
									minut	sekund			TMU				

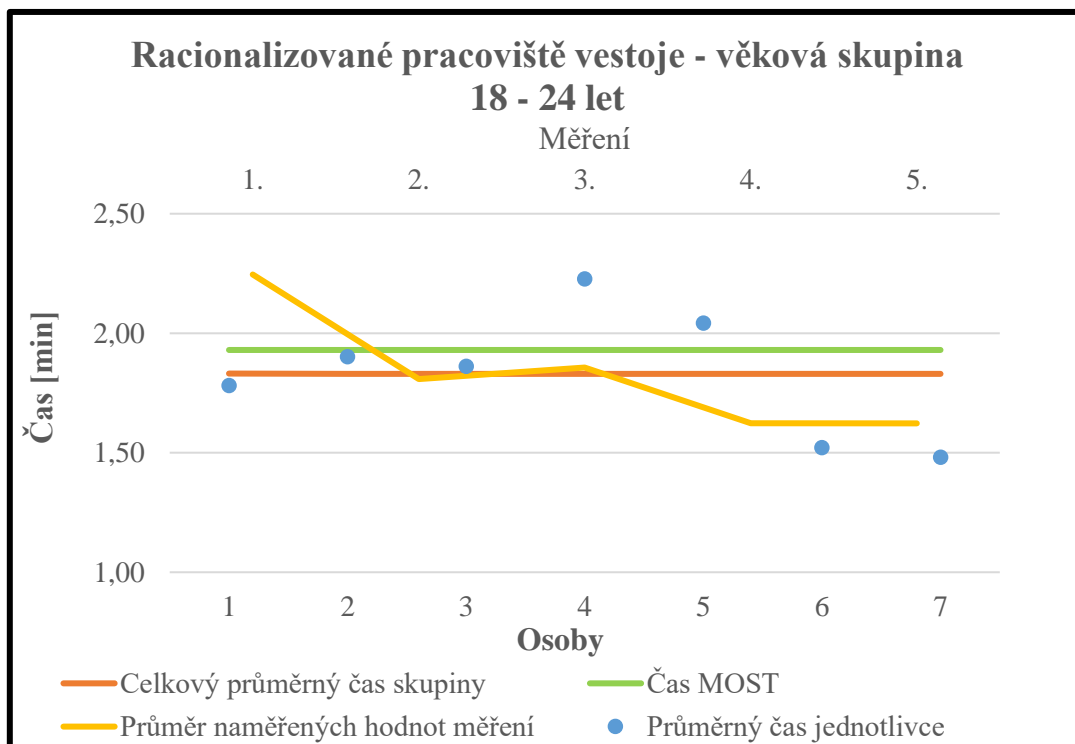
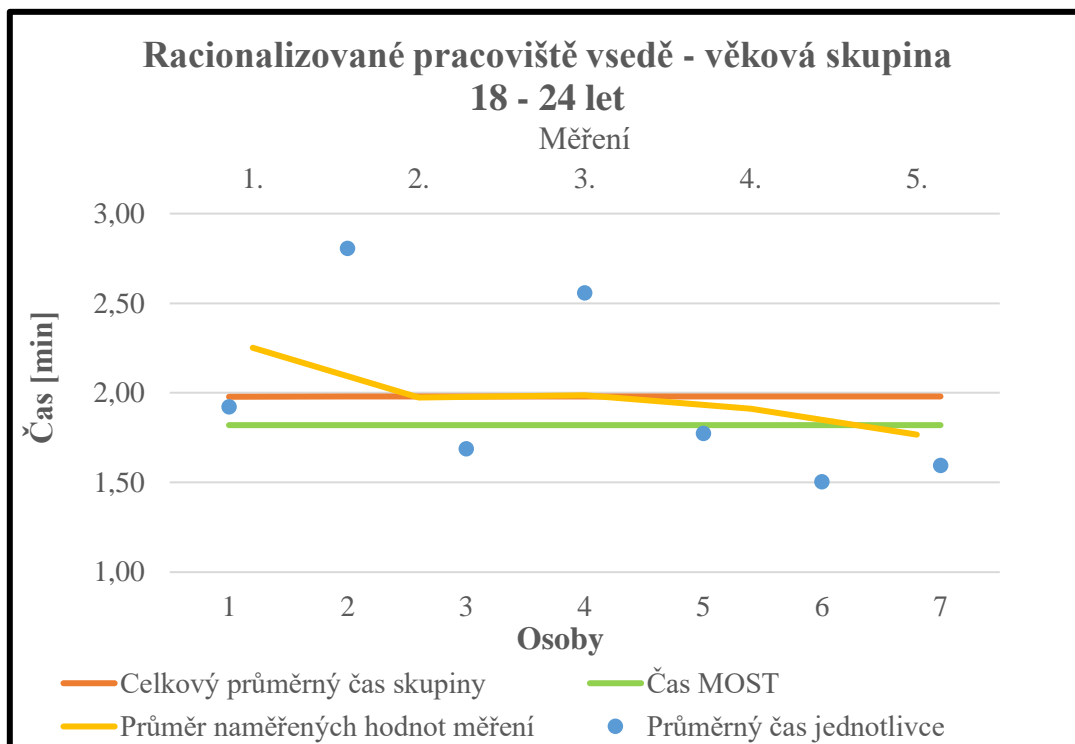
PŘÍLOHA č. 3

MOST-racionalizované pracoviště vestoje

Pořadové číslo	Popis operace OP - obecné přemístění ŘP - řízené přemístění (Č - Procesní čas) N - Použití nástroje J - jeřáb	OP ŘP N J	Sekvence											A - Návrat	Frekvence	TMU
			ABG - Získat			ABP - Položit			Nástroj	ABP - Položit stranou		VPT - Položit stranou				
			A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁		MXI - Přemístit/Spustit						
									A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀			
1	P	Umístění S355 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁						P ₁		
2	L	Umístění S354 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
3	O	Vložení S355 do S354	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	60
4	P	Umístění S353 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁					A ₀	1	100
5	O	Našroubování S354 na větší průměr S353 šesti otočením zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₀	A ₁	B ₀	P ₀	A ₀	1	170
6	L	Umístění S381 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	G ₁					A ₀	1	40
7	O	Vložení S381 do S353	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	60
8	P	Umístění S352 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
9	O	Našroubování S352 na boční stranu S353 pěti otočením zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₃	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₀	A ₁	B ₀	P ₀	A ₀	1	190
10	P	Umístění S363 na pracovní plochu	OP	A ₃	B ₁	G ₁	A ₃	B ₁	P ₁					A ₀	1	100
11	P	Umístění S04 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
12	P	Umístění S09 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
13	O	Nasazení S04 na S363 nad druhou rísku	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	60
14	O	Nasazení S09 na S363 na druhou rísku	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₆	I ₁					A ₀	1	120
15	O	Vložení S363 do otvoru S353 do hloubky dolehnutí těsnění s S353	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀					A ₀	1	60
16	O	Sešroubování S04 s S353 osmi otočeními zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₃	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₆	A ₁	B ₀	P ₀	A ₀	1	250
17	P	Umístění S323 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
18	P	Umístění S305 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
19	O	Vložení S323 do S363	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	60
20	O	Položení S305 na S323	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	80
21	O	Sešroubování S305 s S362 osmi otočeními zápěstí	NF	A ₁	B ₀	G ₃	A ₁	B ₀	P ₃	F ₁₆	A ₁	B ₀	P ₀	A ₀	1	250
22	P	Umístění S85 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
23	P	Umístění S14 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
24	P	Umístění S90 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
25	P	Umístění S116 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
26	O	Vložení S85 do S305	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀					A ₀	1	60
27	O	Položení S90 na S85	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀					A ₀	1	60
28	O	Položení S116 do S90	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁	I ₀					A ₀	1	60
29	O	Vložení S14 do S116	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	80
30	O	Šroubování pneumatickým utahovákem	NF	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₃	F ₃	A ₁	B ₀	P ₁	A ₀	1	110
31	P	Umístění S131 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
32	P	Umístění S120 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
33	P	Umístění P48 na pracovní plochu	OP	A ₁	B ₀	G ₁	A ₁	B ₀	P ₁					A ₀	1	40
34	O	Vložení S120 na P48	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₁₆	I ₀					A ₀	1	210
35	O	Vložení S131 do bočního otvoru S363	ŘP	A ₁	B ₀	G ₁	M ₁	X ₁₆	I ₃					A ₀	1	220
36	O	Vložení P48 na boční otvor S04 (S363)	ŘP	A ₁	B ₀	G ₃	M ₁	X ₃	I ₀					A ₀	1	80
37	O	Sešroubování P48 s S363 třemi otáčkami	NF	A ₁	B ₀	G ₁	A ₀	B ₀	P ₃	F ₆	A ₁	B ₀	A ₀	A ₀	1	120
Celková spotřeba času:										1,93	115,83			3220		
										minut	sekund			TMU		

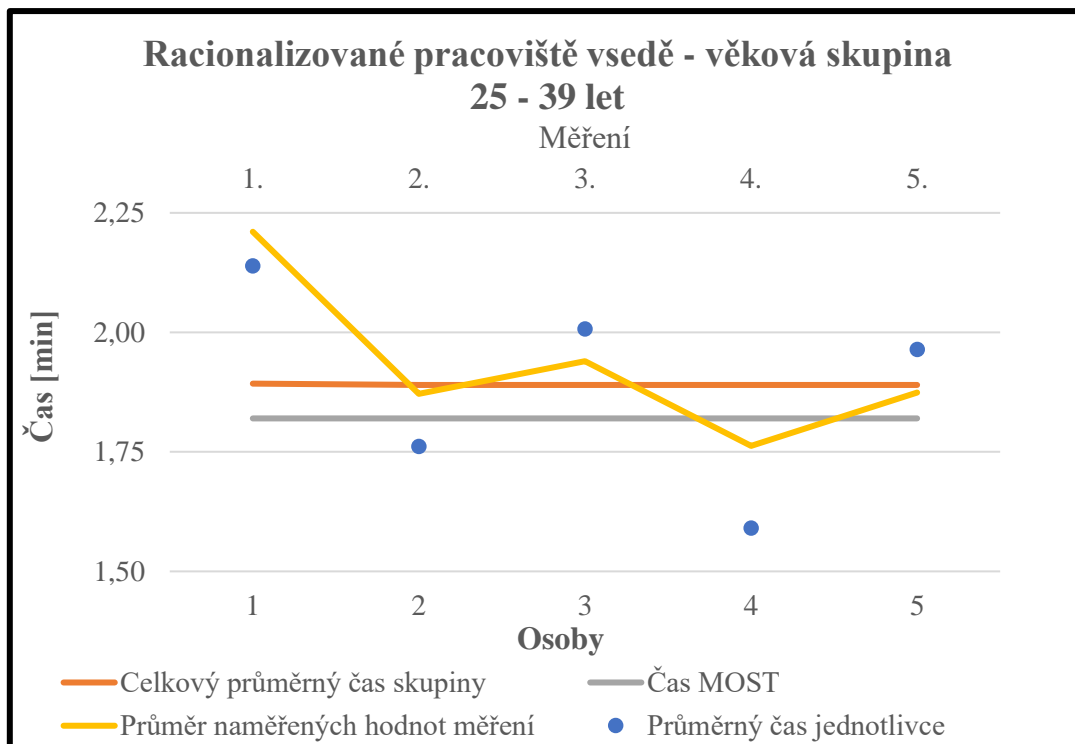
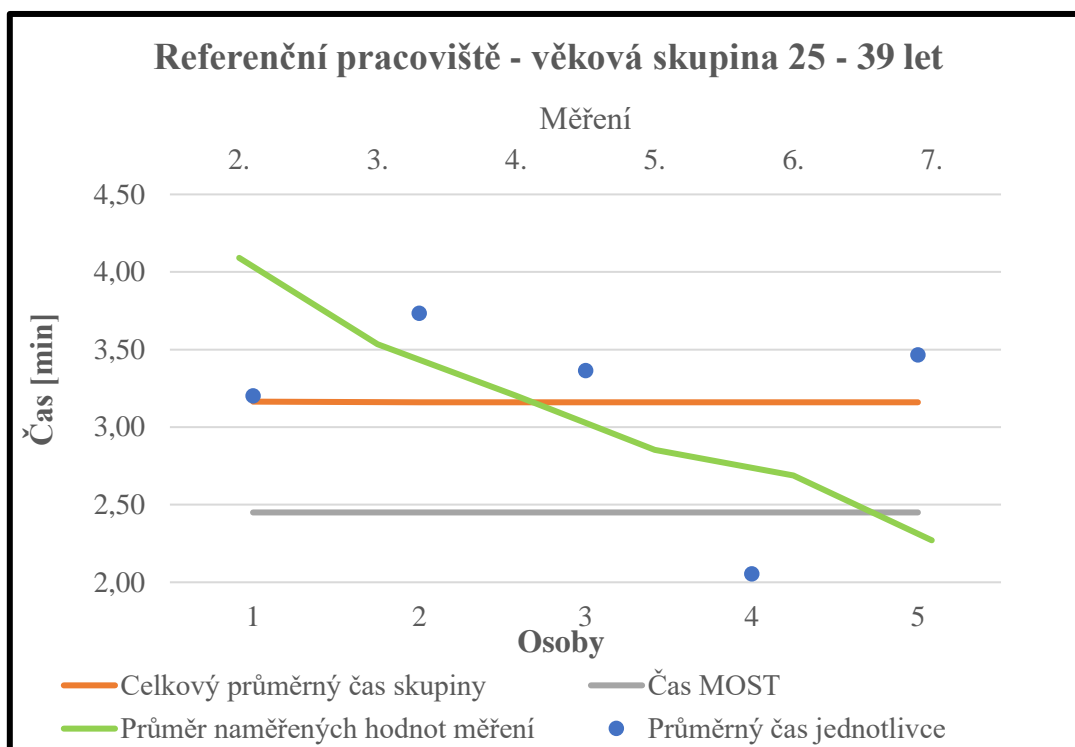
PŘÍLOHA č. 4

Vliv věku operátora na spotřebu času věkové skupiny 18–24 let



PŘÍLOHA č. 5

Vliv věku operátora na spotřebu času věkové skupiny 25–39 let



PŘÍLOHA č. 6

Vliv věku operátora na spotřebu času věkové skupiny 40–54 let

