

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
STROJNÍ**



**DIPLOMOVÁ  
PRÁCE**

**JAN  
JEŘÁBEK**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Jeřábek** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **457537**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**  
Studijní program: **Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Výrobní a materiálové inženýrství**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Optimalizace pracoviště montáže**

Název diplomové práce anglicky:

**Assembly Workplace Optimization**

Pokyny pro vypracování:

1. Rešerše problematiky optimalizace pracovišť.
2. Analýza stávajícího stavu pracoviště.
3. Návrh optimalizace pracoviště.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení návrhu.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Jiří Kyncl, Ph.D., 12134**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **31.07.2020**

Platnost zadání diplomové práce: \_\_\_\_\_

Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

23.6.2020  
Datum převzetí zadání

Jan Jeřábek  
Podpis studenta

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že diplomovou práci s názvem: „Optimalizace pracoviště montáže“ jsem vypracoval samostatně za použití literárních zdrojů uvedených v seznamu citované literatury a dále za přispění odborných konzultací svého vedoucího práce pana Ing. Jiřího Kyncla Ph.D.

V Praze dne 29. července 2020

.....

## **Poděkování**

V první řadě bych rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Kynclovi Ph.D. za odborné vedení, cenné a podnětné rady a vstřícnost, kterou mi poskytl při psaní diplomové práce. Dále bych rád poděkoval společnosti SOPO s.r.o., za poskytnutí materiálů pro zpracování této diplomové práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni za podporu po celou dobu studia.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem optimalizace pracoviště uzavírání drážek rotorů ve společnosti zabývající se výrobou a navíjením elektromotorů. První kapitola práce je věnována představení společnosti SOPO s.r.o. a jejímu portfoliu. První část práce je rešeršní a popisuje problematiku metod štíhlé výroby v rámci průmyslového inženýrství, metodu 5S a ergonomii. Další část práce je již věnována analýze současného stavu pracoviště uzavírání drážek. Na základě provedené analýzy je v další části práce navržena optimalizace montážních technologií na pracovišti a také optimalizace samotného pracoviště jako celku. Závěrečná část práce je věnována technickoekonomickému zhodnocení vybraného návrhu optimalizace daného pracoviště.

**Klíčová slova: Průmyslové inženýrství; Štíhlá výroba; Metoda 5S; Ergonomie; Optimalizace; Layout; Rotor**

## **Abstract**

This diploma thesis deals with the design of the optimization of the workplace of closing the rotor grooves in a company engaged in the production and winding of electric motors. The first chapter is devoted to the introduction of the company SOPO s.r.o. and its portfolio. The first part of the work is a search and describes the issue of lean manufacturing methods in industrial engineering, the 5S method, and ergonomics. Another part of the work is already devoted to the analysis of the current state of the workplace of closing the grooves. Based on the performed analysis, the optimization of assembly technologies at the workplace and also the optimization of the workplace itself as a whole is proposed in the next part of the thesis. The conclusion is devoted to the technical and economic evaluation of the selected optimization proposal of the workplace.

**Keywords: Industrial engineering; Lean manufacturing; 5S method; Ergonomics; Optimization; Layout; Rotor**

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>13</b>
<b>2 Představení společnosti SOPO s.r.o.....</b>	<b>15</b>
<b>3 Průmyslové inženýrství.....</b>	<b>17</b>
3.1 Štíhlý podnik .....	19
3.1.1 Štíhlá výroba .....	21
3.1.2 Historie štíhlé výroby.....	22
3.1.3 Toyota .....	24
3.2 Plýtvání .....	26
3.3 Metoda 5S .....	28
3.3.1 Metoda 5S v kontextu štíhlé výroby .....	29
3.3.2 Dělení metody.....	30
3.3.3 Novinky .....	33
3.4 Ergonomie .....	35
3.4.1 Základní definice ergonomie .....	35
3.4.2 Vývoj ergonomie .....	36
3.4.3 Základní dělení ergonomie a ergonomické zásady .....	37
3.4.4 Ergonomie z pohledu zdraví – pohybové ústrojí .....	49
3.4.5 Kategorizace pracovních provozů .....	54
3.4.6 Kritéria hodnocení ergonomického systému .....	62
<b>4 Analýza současného stavu pracoviště.....</b>	<b>65</b>
4.1 Pracoviště uzavírání drážek.....	66
4.2 Ergonomie pracoviště a použitých nástrojů .....	67
4.2.1 Ergonomické nedostatky pracoviště .....	68
4.2.2 Ergonomie pracovních úkonů a použitých nástrojů.....	71
<b>5 Návrh optimalizace pracoviště uzavírání drážek.....</b>	<b>77</b>
5.1 Shrnutí ergonomických problémů technologie .....	77
5.2 Návrhy optimalizace technologie.....	79
5.2.1 Optimalizace operace odříznutí povrchové izolace .....	80
5.2.2 Optimalizace operace páskování (izolace).....	85
5.3 Technické zhodnocení navržených variant dle vícekriteriálního rozhodování .....	92
5.3.1 Bodové hodnocení dílčích kritérií pro přípravek číslo 1 .....	94
5.3.2 Bodové hodnocení dílčích kritérií pro přípravek číslo 2 .....	96
5.3.3 Vyhodnocení pořadí technologií.....	98
5.4 Optimalizace vybraných technologických přípravků.....	100
5.4.1 Manuální přípravek s kruhovým nástrojem .....	100
5.4.2 Automatický přípravek s tlačným palcem .....	102

5.5	Optimalizované pracoviště uzavírání drážek .....	106
<b>6</b>	<b>Technicko-ekonomické zhodnocení vybraného návrhu .....</b>	<b>112</b>
6.1	Technické vyhodnocení .....	112
6.2	Ekonomické vyhodnocení .....	114
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>119</b>
<b>8</b>	<b>Citovaná literatura.....</b>	<b>122</b>



## Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 - Moderní výrobní hala SOPO v Modleticích</i> .....	15
<i>Obrázek 2 - Ukázka výroby společnosti SOPO</i> .....	16
<i>Obrázek 3 - Základní pilíře štíhlého podniku</i> .....	20
<i>Obrázek 4 - Vlastnosti ideálního výrobku</i> .....	22
<i>Obrázek 5 - Druhy plýtvání</i> .....	27
<i>Obrázek 6 - Vybrané metody štíhlé výroby</i> .....	29
<i>Obrázek 7 - Kroky metody 5S</i> .....	30
<i>Obrázek 8 - Ukázka možnosti systematizace na stavu zásob</i> .....	31
<i>Obrázek 9 - Metoda 5S, před a po</i> .....	33
<i>Obrázek 10 - Faktory ovlivňující pracovní prostředí</i> .....	38
<i>Obrázek 11 - Zdroje osvětlení</i> .....	39
<i>Obrázek 12 - Ideální zorné podmínky pro práci s počítačem</i> .....	45
<i>Obrázek 13 - Doporučená výška pracovní roviny</i> .....	47
<i>Obrázek 14 - Možnosti polohování pracovní židle</i> .....	48
<i>Obrázek 15 - Polohy trupu</i> .....	49
<i>Obrázek 16 - Poloha hlavy a krku</i> .....	50
<i>Obrázek 17 - Poloha horních končetin</i> .....	51
<i>Obrázek 18 - Poloha dolních končetin</i> .....	52
<i>Obrázek 19 - Vhodný dosah horních končetin na pracovním stole vsedě</i> .....	53
<i>Obrázek 20 - Vhodný dosah horních končetin při práci vstoje</i> .....	54
<i>Obrázek 21 - Limity pro kategorizaci prací</i> .....	57
<i>Obrázek 22 - Původní pracoviště</i> .....	65
<i>Obrázek 23 - 3D model původního pracoviště</i> .....	66
<i>Obrázek 24 - Ergonomické nedostatky původního pracoviště</i> .....	68
<i>Obrázek 25 - Operace uzavírání drážek</i> .....	72
<i>Obrázek 26 - Uchopení a upnutí výrobku</i> .....	72
<i>Obrázek 27 - Nástroj nůž s vidlicí</i> .....	73
<i>Obrázek 28 - Odříznutí izolace (povrch)</i> .....	73
<i>Obrázek 29 - Nástroj upravený nůž do špičky</i> .....	74
<i>Obrázek 30 - Ohýbání krajů izolace</i> .....	74
<i>Obrázek 31 - Nástroj malé nůžky</i> .....	75
<i>Obrázek 32 - Izolace pomocí pásku</i> .....	75

<i>Obrázek 33 - Uchopení a odnos dokončeného rotoru .....</i>	<i>76</i>
<i>Obrázek 34 - Shrnutí ergonomických nedostatků .....</i>	<i>78</i>
<i>Obrázek 35 - Nový návrh postupu operací na pracovišti .....</i>	<i>79</i>
<i>Obrázek 36 - Navržené varianty pro odříznutí povrchové izolace .....</i>	<i>81</i>
<i>Obrázek 37 - Postup operací pro přípravek s ořezem po drážce .....</i>	<i>81</i>
<i>Obrázek 38 - Návrh přípravku s jednodrážkovým nástrojem .....</i>	<i>82</i>
<i>Obrázek 39 - Postup operací pro přípravek s půlkruhovým nástrojem.....</i>	<i>83</i>
<i>Obrázek 40 - Návrh přípravku s půlkruhovým nástrojem .....</i>	<i>83</i>
<i>Obrázek 41 - Postup operací pro přípravek s kruhovým nástrojem.....</i>	<i>84</i>
<i>Obrázek 42 - Návrh přípravku s kruhovým nástrojem .....</i>	<i>85</i>
<i>Obrázek 43 - Navržené varianty pro páskování .....</i>	<i>86</i>
<i>Obrázek 44 - Postup operací pro přípravek s protahovacím zobáčkem.....</i>	<i>87</i>
<i>Obrázek 45 - Postup operací pro přípravek s klínovým aparátem.....</i>	<i>88</i>
<i>Obrázek 46 - Postup operací pro přípravek s tlačným palcem .....</i>	<i>88</i>
<i>Obrázek 47 - Přední část páskovacího automatu .....</i>	<i>89</i>
<i>Obrázek 48 - Postup operací pro manuální přípravek na protažení pásy.....</i>	<i>89</i>
<i>Obrázek 49 - Návrh manuálního přípravku pro páskování .....</i>	<i>90</i>
<i>Obrázek 50 - Návrh automatického přípravku pro páskování .....</i>	<i>91</i>
<i>Obrázek 51 - Komplexní automatický páskovací přípravek .....</i>	<i>92</i>
<i>Obrázek 52 - Rozhodovací kritéria .....</i>	<i>93</i>
<i>Obrázek 53 - Optimalizovaný přípravek s kruhovým nástrojem .....</i>	<i>101</i>
<i>Obrázek 54 - Optimalizovaný přípravek s kruhovým nástrojem, kótovaný .....</i>	<i>102</i>
<i>Obrázek 55 - Popis automatického páskovacího přípravku .....</i>	<i>103</i>
<i>Obrázek 56 - Tvarovací kola .....</i>	<i>103</i>
<i>Obrázek 57 - Popis procesu páskování.....</i>	<i>104</i>
<i>Obrázek 58 - Automatické otáčení rotorem a přední doraz .....</i>	<i>105</i>
<i>Obrázek 59 - Průmyslové osvětlení .....</i>	<i>107</i>
<i>Obrázek 60 - Výsuvné nohy pracovního stolu .....</i>	<i>108</i>
<i>Obrázek 61 - Optimalizovaný návrh nového pracoviště.....</i>	<i>109</i>
<i>Obrázek 62 - Návrh nového pracoviště .....</i>	<i>110</i>
<i>Obrázek 63 - Optimalizovaný tok materiálu.....</i>	<i>111</i>
<i>Obrázek 64 - Vyhodnocení řešení technických nedostatků.....</i>	<i>113</i>
<i>Obrázek 65 - Návrh návratnosti investice v kusech, graficky .....</i>	<i>118</i>

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 - Třídy prací dle požadavků na osvětlení [12]</i> .....	40
<i>Tabulka 2 - Váhové limity pro manipulaci s břemeny [5]</i> .....	44
<i>Tabulka 3 - Výhody práce vestoje a vsedě [12]</i> .....	46
<i>Tabulka 4 - Základní polohy trupu při práci [5]</i> .....	50
<i>Tabulka 5 - Základní polohy hlavy a krku při práci [5]</i> .....	51
<i>Tabulka 6 - Základní polohy horních končetin při práci [5]</i> .....	52
<i>Tabulka 7 - Proces uzavírání drážek</i> .....	67
<i>Tabulka 8 - Nevhodné pracovní polohy</i> .....	70
<i>Tabulka 9 - Počty pohybů při procesu uzavírání drážek</i> .....	71
<i>Tabulka 10 - Bodové ohodnocení jednotlivých kritérií</i> .....	93
<i>Tabulka 11 - Hodnocení prvního přípravku, pohybová úspora</i> .....	94
<i>Tabulka 12 - Hodnocení prvního přípravku, časová úspora</i> .....	95
<i>Tabulka 13 - Hodnocení prvního přípravku, fyzická náročnost</i> .....	96
<i>Tabulka 14 - Hodnocení prvního přípravku, bezpečnost</i> .....	96
<i>Tabulka 15 - Hodnocení druhého přípravku, pohybová úspora</i> .....	97
<i>Tabulka 16 - Hodnocení druhého přípravku, časová úspora</i> .....	97
<i>Tabulka 17 - Hodnocení druhého přípravku, fyzická náročnost</i> .....	98
<i>Tabulka 18 - Hodnocení druhého přípravku, bezpečnost</i> .....	98
<i>Tabulka 19 - Bodové vyhodnocení přípravku pro ořez a ohyb izolace</i> .....	99
<i>Tabulka 20 - Bodové vyhodnocení přípravku pro páskování</i> .....	99
<i>Tabulka 21 - Odhad časové a pohybové úspory po optimalizaci</i> .....	114
<i>Tabulka 22 - Investiční náklady pro tvorbu nového pracoviště</i> .....	115
<i>Tabulka 23 - Doba návratnosti investice</i> .....	117

## **Seznam zkratek**

TPS	Toyota Production System
JIT	Just in time
VSM	Value Stream Mapping
SMED	Single Minute Exchange od Die
TPM	Total Productive Maintenance
IEA	International Ergonomics Association
PEL	Přípustný expoziční limit

# 1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá problematikou optimalizace pracovišť a ergonomií. Cílem této diplomové práce je navrhnout optimalizaci vybraného pracoviště spolu s kompletní výrobní technologií ve společnosti SOPO s.r.o. Komplexní návrh optimalizace pracoviště zahrnuje nejprve podrobnou rešerši problematiky průmyslového inženýrství a její nejvýznamnější metody a dále také ergonomie. Následně je nutné provést analýzu současného stavu na pracovišti, návrh technologií na pracovišti, návrh optimalizovaného pracoviště a také technickoekonomické zhodnocení navržené optimalizace.

Úvod práce je věnován samotné společnosti SOPO s.r.o., kdy je nejprve představena její historie a následně její nynější podoba. Dále je v této kapitole krátce představeno produktové portfolio společnosti. Poté již začíná samotná rešeršní část, která je věnována průmyslovému inženýrství. V této kapitole jsou nejprve představeny základní pojmy z průmyslového inženýrství a je zde také rozpracováno téma štíhlého podniku a na něj navazující štíhlé výroby. Následně je do této části práce zahrnuto představení společnosti Toyota, která je hlavním představitelem ve světě průmyslového inženýrství. Následně jsou do této kapitoly zapracovány pojmy spojené s plýtváním a samotné představení tohoto důležitého pojmu.

Poté je kapitola věnována představení nejdůležitější metody z oblasti průmyslového inženýrství pro návrh pracovišť, kterou je metoda 5S. Metoda 5S je podrobně představena a zapracována do kontextu ostatních metod štíhlé výroby. V kapitole jsou uvedeny také novinky spojené s touto metodou.

Poslední část rešerše se zabývá ergonomií. Ergonomie je pro návrh pracoviště úplně nejdůležitější a je nutné ji velmi pečlivě rozpracovat a představit. Nejprve je představen pojem a definice ergonomie a také vznik této disciplíny. Dále je rozpracována problematika rozdělení ergonomie a ergonomických zásad, kdy pro pracoviště bylo nejdůležitější zaměřit se na pracovní místo, pracovní prostředí a pohybové ústrojí člověka. V závěru této kapitoly jsou představeny základní kategorie pracovních provozů, které vycházejí především z platné české legislativy.

Další kapitoly se již zabývají návrhem optimalizace konkrétního pracoviště, kterým je pracoviště uzavírání drážek rotoru. Další část práce se zabývá analýzou současného stavu uvedeného pracoviště. Toto pracoviště je nejprve důkladně představeno a následně je provedena analýza, která pomůže určit prováděné operace na pracovišti, nadměrné pohyby

a také ergonomické nedostatky. Tato analýza je podkladem pro samotný optimalizační návrh nového pracoviště.

Další kapitola se věnuje optimalizace pracoviště uzavírání drážek rotoru. Toto pracoviště bylo vybráno především z důvodu značných mezer v produktivitě a nevhodné ergonomii na pracovišti. V této části jsou nejprve shrnuty ergonomické nedostatky stávajícího pracoviště, které je potřeba odstranit. Nejdůležitější z pohledu optimalizace je odstranění nadměrného počtu pohybů, odstranění fyzické a časové zátěže a odstranění ergonomických nedostatků. Následně je v této části navrženo několik variant, které vylepšují samotnou technologii přípravků, které jsou nyní na pracovišti. Tyto varianty jsou následně vyhodnoceny a jsou vybrána nejvhodnější zařízení pro toto konkrétní pracoviště. Vybrané přípravky jsou následně konkrétně rozpracovány a popsány. Poslední částí této kapitoly je návrh samotného pracoviště a umístění ergonomického stolu na pracovišti.

Poslední kapitola práce je věnována technickoekonomickému vyhodnocení návrhu optimalizace pracoviště. V technickém zhodnocení jsou shrnuty vyřešené ergonomické nedostatky a zároveň je proveden odhad časové úspory, díky zapojení nových technologií. Ekonomické zhodnocení je věnováno výpočtu investice, která je potřebná pro realizaci nového pracoviště. Následně je v této části zpracována predikce doby návratnosti a vypočtena návratnost investice v kusech.

## 2 Představení společnosti SOPO s.r.o.

V této kapitole je představena společnost SOPO s.r.o. (dále jen SOPO), její výrobní profil a zaměření. Společnost SOPO se specializuje na oblast navíjení, a to konkrétně na výrobu statorů a rotorů, které lze využít ve všech typech elektromotorů. Tato výroba probíhá v malých, středních i velkých sériích. Společnost je v dnešní době schopna spolehlivě plnit veškeré požadavky zákazníků, a to v nejvyšší možné kvalitě, za výhodnou cenu a také v krátkých horizontech dodání. V tomto všem společnosti výrazně napomáhá úzká specializace na oblast navíjení, nejmodernější technologie a vybavení, a hlavně odborní zaměstnanci se špičkovými znalostmi. Na obrázku číslo 1 je moderní výrobní hala v Modleticích.



*Obrázek 1 - Moderní výrobní hala SOPO v Modleticích*

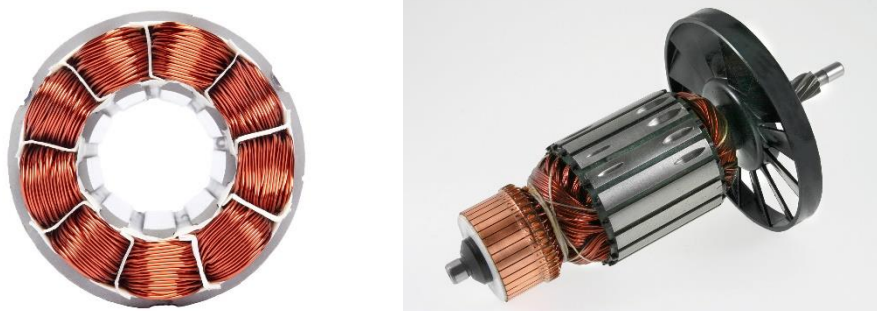
Zdroj: [21]

Společnost byla založena v roce 1993, kdy se zaměřovala na servis elektromotorů. Majitelem společnosti je od prvopočátků pan Vladimír Olmr, který byznys založil v garáži u rodinného domu svých rodičů v Modleticích. Samotné výrobě se společnost začala věnovat v roce 1999, kdy prvními výrobky byly komutátorové rotory. V dnešní době je již společnost o výrazný kus dále a patří na vrchol ve svém oboru. Výrobky této ryze české společnosti jsou již dnes součástí zařízení po celém světě. Firma má zhruba 30 významných evropských zákazníků. Cílem firmy SOPO je stát se největším odborníkem na navíjení v Evropě a být evropskou jedničkou na trhu. Tento cíl neustále posouvá společnost dále a byl to důvod proč, se společnost úzce specializovala pouze na oblast navíjení. SOPO pro vlastní rozvoj dělá mnoho dalších důležitých kroků, jako například vlastní vývojové centrum, vlastní výroba přípravků a používání nejmodernějších technologií. V roce 2017 udělala společnost další

důležitý krok pro zkvalitnění svých služeb, získala certifikát systému řízení kvality dle normy EN ISO 9001.

V průběhu let došlo k různým dělením a odštěpování dceřiných společností. V dnešní době ke společnosti SOPO s.r.o. patří ještě další dva samostatné právní subjekty, kterými jsou SOPO-SERVIS s.r.o. a SOPO INVEST s.r.o. Všechny tři společnosti mají centralizované vedení a každá z nich má své specifické úkoly a zaměření. SOPO s.r.o. se zaměřuje na dodávání dílů výrobním firmám a samotný vývoj technologií pro navíjení. Druhá společnost SOPO-SERVIS s.r.o. je prodejcem elektrických spotřebičů pro koncové zákazníky v České republice. Společnost poskytuje také servis těchto spotřebičů. Třetí společnost SOPO INVEST, která je ve skupině SOPO nejmladší, vznikla v roce 2015, vlastní a spravuje investice a nemovitosti celé skupiny SOPO. Všechny tyto firmy ze skupiny SOPO sídlí v Modleticích, kde je výroba i sklad. Další pobočky a výrobu má SOPO v Nebovidech, Bystřici nad Pernštejnem a v Jedovnici.

Na obrázku číslo 2 je ukázka základních výrobků společnosti SOPO. Jsou jimi statory a rotory. Tyto součásti se využívají u široké škály výrobků, které pro svůj pohon potřebují elektromotor.



*Obrázek 2 - Ukázka výroby společnosti SOPO*

Zdroj: [21]



### 3 Průmyslové inženýrství

V této části práce je podrobně popsána kompletní problematika týkající se štihlého podniku a štihlé výroby a dalších důležitých pojmů a principů nezbytných pro celkové pochopení moderního přístupu k průmyslovému inženýrství a zároveň optimalizaci výrobních a nevýrobních procesů. Dále je v této kapitole představena metoda 5S, která je jednou ze základních metod štihlé výroby a některé z jejích principů byly použity při optimalizaci daného pracoviště. Závěr této rozsáhlé rešeršní kapitoly je poté věnován velmi důležité součásti návrhu pracoviště, kterou je ergonomie.

Prvním pojmem, který je důležité si přiblížit, je průmyslové inženýrství. Průmyslové inženýrství lze definovat jako multidisciplinární obor, který propojuje poznatky a znalosti z oblasti inženýrských oborů a z oblasti podnikového řízení. Průmyslové inženýrství se snaží o ideální propojení a co nejefektivnější využívání firemních zdrojů (např. finance, lidská práce, schopnosti zaměstnanců). Hlavní důvody a přínosy průmyslového inženýrství jsou především racionalizace, optimalizace a neustálé vylepšování všech procesů, a to výrobních i nevýrobních [8].

Důležité je také říct, že průmyslové inženýrství je dnes již naprostým základem optimalizace procesů většiny společností. U některých společností jen není uváděno pod pojmem průmyslové inženýrství, ale využívá se jiných pojmů, které jsou buď více konkretizovány na metodu, kterou dochází k optimalizaci případně se jedná o pojmy, které jsou s průmyslovým inženýrstvím zaměnitelné nebo se jedná o anglická značení. Mezi tyto pojmy patří například procesní inženýrství, process engineering, engineering, lean případně Kaizen oddělení. Pracovníci zabývající se touto oblastí ve společnostech jsou nazýváni dle názvu oddělení například procesní inženýr, lean manager nebo kaizen specialista [8].

Pokud se tedy podíváme komplexně na průmyslové inženýrství, můžeme konstatovat, že pro dnešní podniky jde o velmi významnou součást systému řízení společnosti, která by rozhodně neměla být opomíjena. Pro společnosti je velmi důležité, aby průmyslové inženýrství bylo využito co nejefektivněji. Faktory, které ovlivňují potenciál tohoto oboru jsou především:

- začlenění průmyslového inženýrství v rámci struktury společnosti;
- náplň práce, odpovědnost a rozsah pravomocí;
- systém hodnocení práce tohoto útvaru.

Pro první bod platí, že velmi záleží, co podnik od průmyslového inženýrství očekává. Jsou podniky, kde je tento útvar bez problémů začleněn pod výrobu případně technologii. Nelze říct, že by toto řešení nebylo správné, jen nelze očekávat, že procesní inženýr zařazený ve výrobním procesu bude zlepšovat i procesy nevýrobní v dalších segmentech společnosti. Pokud bychom chtěli tento útvar do společnosti začlenit ideálně, tak aby měl, co nejširší pole působnosti, museli bychom ho umístit jako samostatný subjekt přímo do vrcholného managementu firmy, tak že by spadal přímo pod ředitele. Poté by měl vedoucí útvaru průmyslového inženýrství nejširší pole působnosti pro všechny oblasti společnosti, a to jak výrobní, tak nevýrobní [8].

Pokud se podíváme na druhý důležitý bod, který ovlivňuje kvalitu průmyslového inženýrství, a to náplň práce, můžeme provést základní rozdělení.

- Zlepšení procesů ve vývoji a předvýrobě.
  - Procesní inženýr přímo ovlivňuje konstruktéra a technologa, tak aby předešel možným úzkým místům v budoucím procesu.
- Zlepšování výrobních procesů.
  - Nejrozšířenější činnost procesního inženýra.
- Zlepšování nevýrobních procesů.
  - Snaha o ideální administrativní a logistické procesy. Procesní inženýr spolupracuje s dodavateli a odběrateli, tak aby byla minimalizována úzká místa.
- Workshopy a vzdělávání ostatních pracovníků.

Poslední a nezbytnou součástí, kterou každá společnost ve spojení s průmyslovým inženýrstvím potažmo s prací procesního inženýra řeší, je jeho odměna a přínos, který by měl společnosti vlastně přinést. Dle některých manažerů a majitelů by měl procesní inženýr přinést zisk alespoň 10násobek svého platu. Ve skutečnosti odměňování není tak jednoduché a má svá úskalí, která mohou přínos a následnou odměnu velmi ovlivnit [8].

- Firemní kultura
  - Zjednodušeně řečeno, pokud nebude v celé společnosti vůle brát připomínky procesního inženýra vážně, jeho jedinou motivací pro navrhování nových řešení zůstanou finance, a to pro společnost není nikdy správně.

- Náplň práce oddělení
  - Velmi záleží, na které procesy se daný inženýr zaměřuje. Pokud se zaměří na předvýrobní procesy, nelze ho odměňovat za výsledky stávající produkce, ale je nutné brát v potaz úspory v budoucnu. Stejně tak nelze podceňovat komunikační schopnosti procesního inženýra, pro nějž bývá největší prací, ne vymyslet lepší řešení, ale přesvědčit ostatní zaměstnance o jejich výhodnosti.
- Pravomoci a kompetence
  - Zde je důležité zmínit opět první bod, a to je zařazení celého útvaru ve struktuře společnosti. Pokud je procesní inženýr přímo zodpovědný vedení společnosti a má vysoké pravomoci, je schopný své názory prosadit mnohem lépe, než když spadá například do výrobního procesu [8].

### 3.1 Štíhlý podnik

Průmyslové inženýrství je velmi úzce spjato také s termíny štíhlý podnik a štíhlá výroba neboli lean. V této práci se budu držet českého překladu a popíšu, jak štíhlý podnik vypadá a jaké splňuje parametry. Dnešní svět je typický svým rychle se měnícím prostředím, kde se každý úspěšný podnik musí snažit maximalizovat svou efektivitu, tak aby splnil přání a předpoklady zákazníků. Předpovědi o výrobě a dodávkách zboží zákazníkům se mění každým dnem a každou hodinou a pro podniky je tedy velmi důležité umět pružně reagovat a být schopný plnit přání zákazníků, tak aby neodcházeli ke konkurenci. Samozřejmostí pro každý podnik je snaha udržet si své dodavatele a odběratele a nejlépe získávat nové, což samozřejmě vytváří tlak na cenu. Zároveň zaměstnanci společnosti žádají zvyšování mezd a fixní náklady na provoz společnosti se rok od roku také zvyšují. Ze všech výše uvedených důvodů je patrné, že podnik, který chce být na trhu úspěšný, musí hledat nové cesty k úsporám a větší efektivitě. Jednou z možných cest je v dnešní době právě prosazování lean filozofie neboli štíhlého myšlení, které postupnými kroky ve všech oblastech podniku zvyšuje efektivitu a pomáhá nám dovytvářet štíhlou a pokrokovou společnost. Na obrázku číslo 3 níže je znázorněn tzv. chrám, který představuje základní pilíře, které tvoří štíhlý podnik [9].



Obrázek 3 - Základní pilíře štíhlého podniku

Zdroj: Vlastní zpracování, [9]

Snahou štíhlého podniku je přinést zákazníkovi, co nejefektivnější přístup, aby zákazník platil pouze za činnosti, které mu přinesli hodnotu. Štíhlý podnik se neskládá pouze z výroby, jak vyplývá z obrázku, štíhlý a inovativní podnik, musí pracovat chytře a být schopný štíhlou filozofii přenést do všech odvětví společnosti od vývoje až po konečnou logistiku [14].

Důležité pro pochopení štíhlého myšlení v podniku je uvědomit si, že implementace není krátkodobá a na zavádění je potřeba neustále pracovat. Pokud chceme, aby byl podnik štíhlý a štíhle fungoval, je potřeba se především zaměřit na rychlost a flexibilitu procesů. Nesmíme ale opomíjet fakt, že rychlost a flexibilita nemůže být nikdy na úkor kvality, tak aby na ni doplácel zákazník. Kvalita musí zůstat vždy zachována na stejné nebo vyšší úrovni. Pokud chceme výše řečeného dosáhnout, je důležité především odstranit veškeré nepotřebné plýtvání = muda. Této problematice bude věnována samostatná kapitola [14].

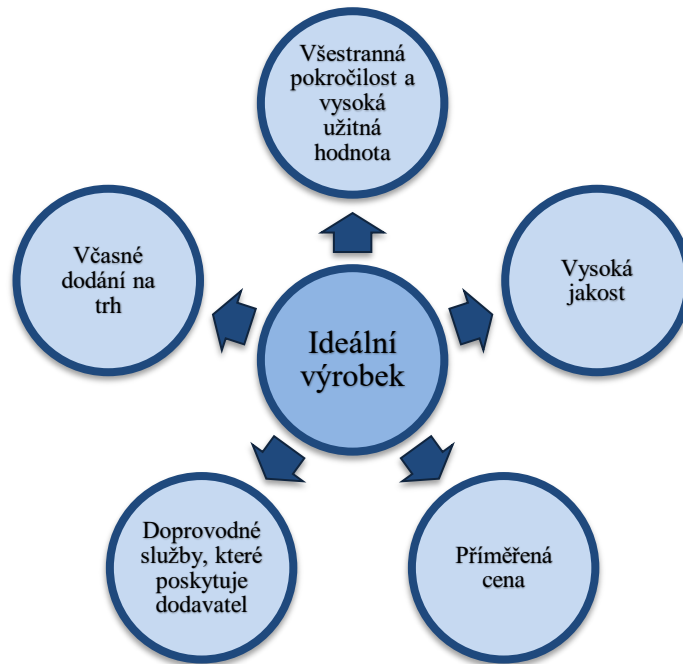
Pro úplné dokončení procesu implementace štíhlého myšlení je potřeba především přesvědčit zaměstnance napříč pozicemi ve firmě. Pro procesního inženýra bývá tento krok

jedním z nejtěžších v celém procesu. Při zavedení je nezbytné, aby se procesní inženýr vcítil do role zaměstnanců, komunikoval s nimi a vyslechl si jejich náměty a připomínky. Jeho hlavním úkolem je zaměstnancům vysvětlit důvody pro zavedení a udržování štíhlého podniku, a zároveň zaměstnance pomocí workshopů učit flexibilitě a snažit se u nich vzbudit zájem o štíhlé myšlení a získat jejich výpomoc při dalším rozvíjení štíhlého podniku [14].

### **3.1.1 Štíhlá výroba**

Štíhlá výroba je komplexní soubor nástroj, principů a metod, pomocí kterých se podnik zaměřuje na svou výrobní část a snaží se pomocí nich v dlouhodobém horizontu zefektivňovat výrobu a zvyšovat produktivitu výrobních zařízení, linek a pracovníků ve výrobě. Jak jsme uvedli výše štíhlá výroba je pouze jedním z více pilířů štíhlého podniku, ale je důležité říct, že pro výrobní podniky je to část nejdůležitější, a především dle implementace ve výrobě lze posuzovat, zda budeme schopni štíhlý podnik realizovat. Při zavádění štíhlé výroby máme širokou škálu metod, které lze ve výrobě použít. Pokud chceme maximalizovat účinnost štíhlé výroby, je důležité komplexní zavádění na co největší část podniku. Hlavním cílem štíhlé výroby je zavést dlouhodobě fungující nástroje zlepšování efektivity a omezení plýtvání a neustále je vylepšovat. Ve výsledku dosáhneme stabilní, flexibilní a pokrokové výroby, která se neustále zlepšuje v drobnostech, a to nám nakonec přináší neustálý rozvoj výroby [23].

Při zavádění štíhlé výroby v podniku je potřeba sledovat celkový proces a přemýšlet nad různými možnostmi a kroky, které ovlivňují další činnosti a procesy. Důležité je zamyslet se nad tím, co potřebujeme omezovat a kde se dá rozumně snížit plýtvání. Musíme se, ale zabývat tím, aby žádný z našich kroků neomezil a nepřenesl žádné důsledky na zákazníka. V ideálním případě by zákazník při zavádění štíhlé výroby v podniku, neměl poznat žádný rozdíl v kvalitě výsledného produktu. Snahou je tedy po zavedení nabídnout zákazníkovi ideální výrobek za co nejnižší cenu, v co nejlepší kvalitě, a to za co nejrychlejší čas. Na obrázku 4 níže je znázorněn ideální silný produkt s vyznačenými vlastnostmi [2].



*Obrázek 4 - Vlastnosti ideálního výrobku*

Zdroj: Vlastní zpracování, [13]

### 3.1.2 Historie štíhlé výroby

Tato kapitola bude věnována historii a samotnému vzniku průmyslového inženýrství potažmo štíhlého myšlení a výroby. Začátky štíhlé výroby jsou dlouhodobě spojovány především se společností Ford, a to se samotným Henrym Fordem. Své průkopníky štíhlé výroby jsme měli i u nás v Československu. Hlavním představitelem ale je a zůstává společnost Toyota, která je jednoznačným fenoménem v této oblasti a byla hlavní průkopníkem.

Pokud se podíváme na počátek časové osy, zjistíme, že úplně první zmínky a snaha o štíhlé myšlení při výrobě pochází již z devatenáctého století. Prvním, kdo se o tyto zmínky postaral byl Frederick W. Taylor, který přemýšlel nad zlepšováním pracovních metod a nad zefektivnění pracovních výkonů zaměstnanců. Z jeho výsledků vznikly první návrhy zefektivněného pracoviště a plány pro standardizaci práce. Dalším, kdo se významně podílel na vzniku štíhlého myšlení, byli Frank a Lillian Gilberthovi, kteří přišli s prvotním náznakem metody identifikující plýtvání. Zaměřovali se ve výrobě na procesy, které nepřinášely užitek a ty se snažili měnit. Těchto prvních náznaků se ale opravdově chytil až Henry Ford. Při návrhu výrobní linky ve společnosti Ford využil těchto poznatků a začal je naplno využívat a optimalizovat [11].

Počátek automobilky Ford datuje se do roku 1903. První spojení se štíhlou výrobou přichází okolo roku 1910, kdy samotný Henry Ford spolu se svým přítelem Charlesem E. Sorensenem vytvářejí první souhrnný výrobní postup. Převratný návrh spočíval v použití první průběžné montážní linky, která byla uspořádána za sebou tak, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám při přemísťování výrobků a zaměstnanců. Všechny výrobní stroje, nástroje, polotovary, výrobky a zaměstnanci tvořili montážní linku v podobném duchu, jako ji známe dnes. Na této lince vznikl jako první automobil Ford T, který byl průlomový nejen v té době svojí unikátní výrobou, ale také obrovským úspěchem na celosvětových trzích. Z Henryho Forda se tak stal velmi úspěšný muž, který je považován za zakladatele lean filosofie v praxi a zároveň za zakladatele metody JIT (Just in time). Forda se ve své době snažilo napodobit mnoho podnikatelů, ale vzhledem k základní myšlence štíhlého myšlení, kterou je neustálé zlepšování a snaha o pružnost a flexibilitu, nebyl nikdo tak úspěšný jako Ford. V důsledku na stejném problému ztroskotal i samotný Henry Ford, který nebyl schopný v průběhu doby pružně reagovat na vyvíjející se trh, a tak postupně síla jeho automobilky slábla, a to natolik že po příchodu odborových svazů na počátku 20. století a vzestupu automobilky General Motors uvolnil nejvyšší místo mezi výrobci automobilů. Přestože Henry Ford nebyl v průběhu doby schopný pružně a flexibilně reagovat, což je podstatou filosofie štíhlého myšlení, je určitě jedním z průkopníků, kteří položili této filosofii základní kámen [22].

Historie štíhlé výroby u nás je také úzce provázána s Henrym Fordem. Během první světové války Tomáš Baťa, švec ze Zlína, založil obuvnickou firmu. Jeho syn Tomáš Baťa mladší po konci první světové války odcestoval do Ameriky, kde pracoval pro samotného Henryho Forda. Jak vyplývá z řádků výše, Henry Ford je průkopníkem štíhlé výroby ve světě a nadchnul i svého zaměstnance Tomáše Baťu, který po návratu do tehdejšího Československa přenesl myšlenku štíhlé výroby do společnosti svého otce na výrobu bot [13].

Myšlenka, kterou Tomáš Baťa při výrobě realizoval jako první, bylo použití dopravního pásu. Pásová výroba přinesla uspořádání výroby do navazujících pracovišť, kde každý pracovník měl svůj úkol a nemusel čekat na dodávku z předchozího stanoviště. Baťa vytvořil kruhový pás, který nejlépe odpovídal jeho představě o výrobě obuvi, zároveň využil nové stroje a kvalifikované pracovníky, a to vedlo k výraznému zefektivnění celého procesu. Kruhové uspořádání mělo za následek také neustálou kontrolu a zvyšování efektivnosti, protože každý zaměstnanec měl přehled o dalších pracovnících okolo pásu, a to ho nepřímo

motivovalo ke zvýšení své vlastní výkonnosti. Samotný Baťa byl také velkým vizionářem. Snažil se v průběhu doby o další úspory a tahy ke zvyšování produkce a odbytu, a zároveň se snažil výrobu zefektivňovat a snižovat plýtvání. Jedním z Baťových příspěvků společnosti, využívajících se dodnes, je využití cenového optického klamu. Například pokud výrobek stál 20 KčS, cenovka byla uvedena o řád nižší v jeho nejvyšším stupni, v tomto případě 19,90 KčS. Pro zefektivnění a motivaci všech zaměstnanců zavedl Baťa akordní odměnu, kde se každý zaměstnanec v rámci společnosti podílel svým vlastním platem na zisku nebo případně ztrátě podniku [13].

Díky všem výše uvedeným skutečnostem lze prohlásit Tomáše Baťu za propagátora štíhlého myšlení v Československu. Tomáš Baťa dosáhl svých úspěchů stejně jako Henry Ford díky svojí pílí a pracovitosti, pro kterou dokázal nadchnout i své zaměstnance. Jako důkaz vyspělosti Baťových nápadů lze uvést termín batismus, který byl v období před druhou světovou válkou známý ve světě a vyjadřoval dobu efektivně fungujícího podniku [13].

### **3.1.3 Toyota**

Po představení pojmů, jako je štíhlé myšlení, průmyslové inženýrství nebo štíhlá výroba, je nezbytně nutné věnovat svoji pozornost společnosti, která po prvních náznacích ve světě i v Československu, položila těmto pojmům opravdu pevné základy. Touto společností je Toyota, která nejenže tyto pojmy dokázala vybudovat a vylepšit až do dnešních podob, ale zároveň v průběhu let neustále pracuje na vývoji nových efektivních řešení a na neustálém zlepšování stávajících řešení.

Pokud se podíváme na značku Toyota od jejích počátků, nespadá její původní obor do automobilového odvětví. Rodina Toyodů, která společnost založila, zprvu podnikala v textilním průmyslu a už zde začala uplatňovat své první nápady zvyšující efektivitu výroby. Prvním projektem, který pomohl rodině vydělat peníze, byl automatický systém rozpoznávání přetržené nitě při šití. Postupem času, jak se rodině a společnosti samotné dařilo a rodina dokázala vydělat větší peníze, padlo rozhodnutí opustit textilní průmysl a založit automobilku s názvem Toyota [11].

Z pohledu štíhlého myšlení a výroby je toto zásadní krok, který otevřel dveře k novým metodám a systému, který se zachoval a vyvíjí dodnes. Začátky této problematiky se datují do období po druhé světové válce, kdy Japonsko po výrazných zásazích bylo zničené a stejně tak jeho průmysl. V Japonsku se snažili tuto situaci co nejrychleji vyřešit a



jako vzor jim sloužily americké výrobní postupy se zaměřením na společnost Ford. USA mělo snahu Japonsku vypomoci, a tak do Japonska poslali některé ze svých manažerů v čele s Edwardsem Demingem, který se pro Japonce stal symbolem úspěchu a snažili se mu naslouchat a společně spolupracovat na vylepšení výrobních procesů. Tato spolupráce přinesla své výsledky ve společnosti Toyota [11].

V Toyotě se snažili sami vylepšovat zavedené procesy a zároveň vylepšovali systém převzatý od Fordu, který byl již archaický, a především v zaměstnanecké oblasti měl mnoho nedostatků. Ve Fordu byl nastolen neúprosný dril, který v Japonsku nebyl dlouhodobě úspěšný. V Toyotě naopak zapojili své zaměstnance do výrobních procesů a naslouchali jejich přáním a návrhům na vylepšení výroby. Tento systém se ukázal jako velmi úspěšný a s pomocí všech pracovníků se podařilo vylepšit procesy a každý pracovník se mohl se svými nápady zapojit a být kreativní při návrhu výroby. Toyota se také poučila z dřívějších chyb Fordu a systém zefektivňování aplikovala na pracovníky a na většinu produktů a výrobních postupů [15].

Systém společnosti se neustále dařilo vylepšovat, a to za pomoci nejvyšších manažerů Toyoty, kterými byli Eiji Toyoda a Taiichi Ohno. Tito zástupci firmy hledali nové možnosti a výzvy pro zefektivnění společnosti a jako inspiraci si vybrali opět funkční systém známý v amerických supermarketech. Tato myšlenka spočívala v pořizování jen takového množství zboží, které si žádá zákazník a společnosti tím dovoluje významně omezovat skladové zásoby. Tento systém se později vyvinul v metodu, kterou známe dodnes pod názvem Just in Time (JIT). Tato metoda byla také základem dodnes známého celosvětového konceptu, který vznikl v Toyotě v 50. letech 20. století Toyota Production System (TPS). Druhou metodou spadající do uvedeného konceptu na samém počátku byla Jidoka. V nejbližších letech se připojila také metoda 5S, která byla také částečně převzata ze sítě amerických supermarketů. Od počátku konceptu TPS můžeme říci, že společnost výrazně vzkvétala a v šedesátých letech přišlo další oživení v podobě manažerů Shigeo Shingo a Ishikawa, kteří přinesli čerstvý vítr do společnosti a nové nápady zlepšení. Za jejich působení vznikla další z metod známých dodnes, a to Poka yoke, zároveň se podíleli na ještě širším propojení zaměstnanců a výrobního procesu [11].

Toyotu můžeme tedy považovat za opravdu inovátorskou společnost v oblasti štíhlého myšlení, která se největším měrou podílela na vývoji a rozšíření této metodologie do světa. Celý systém vznikl díky rodině Toyodů, podpořených americkými konzultanty. Tato rodina byla od začátku nakloněna vizionářským nápadům a snažila se uplatňovat

veškerá možná vylepšení v praxi. Hlavním přínosem zakladatelů byla jejich neutuchající snaha zlepšovat procesy a zároveň rovnocenný přístup k zaměstnancům, kteří pomohli tento skvělý koncept vytvořit. Koncept TPS přetrvává a je známý dodnes, přestože procházel mnoha úpravami a jeho vývoj se neobešel bez chyb a kompromisů, které Toyotu stály mnoho sil a peněz. Tyto skutečnosti jen dokazují, jak silné zásady a hodnoty prosazuje společnost Toyota, která dokázala tento systém dovést až do dnešní doby a máme díky němu jasný a pevný základ štíhlého myšlení [16].

## 3.2 Plýtvání

Posledním pojmem, který je nutné uvést v úvodu práce týkající se zefektivňování výroby a průmyslového inženýrství, je již několikrát zmíněné plýtvání. Plýtvání není úplně přesné, protože vychází z japonského pojmu muda a v českém překladu je to slovo nejpodobnější. Muda se dá jinými slovy překládat také jako nešvar nebo nesprávnost. Pokud se budeme držet slova muda, můžeme říct, že je to naše cesta ke zefektivnění a možnosti zvýšení zisku, pokud na takové muda ve společnosti narazíme. *„Důsledkem eliminace každého muda ve výrobním procesu je vždy snižování nákladů na výrobu. Nejvíce času a nejvíce peněz se nám ukrývá ve využívání času, který vyčerpáváme na aktivity jiné než ty, ze kterých získáváme hodnoty“* ([2], str.26).

Celá hodnota slova muda se nejlépe zjistí při pozorování procesů v podniku, kde zjistíme, že čas strávený účelně je kratší, než si myslíme, zatímco neefektivně strávený čas je o mnoho delší. Z tohoto krátkého vysvětlení vyplývá, že naší snahou je zbavit se všech muda, kde je nutné ale zmínit, že muda nelze odstranit a určitý podíl nám v procesech vždy zůstane. Podíl času, který nám vytváří opravdu přidanou hodnotu, se v nejvyspělejších společnostech světa pohybuje okolo 10% [2].

Muda je přítomna ve všech sférách společnosti a níže jsou uvedeny základní druhy, které se v české literatuře nejčastěji uvádí jako 7+1 druh plýtvání [2].

### 1. Čekání

- doba čekání kvůli nadbytečnému nebo špatnému materiálu, čekání na rozhodnutí, zadání, stroje

### 2. Zásoby materiálu

- zbytečné zásoby zvyšují ostatní náklady jako je manipulace, prostory pro skladování, zabírají výrobní plochy a fixují finance uložené v materiálu

### 3. Transport

- jedná se o veškeré cestování materiálu a výrobků, ať už se jedná o dopravu po výrobě, ze skladu nebo do skladu

- snahou je vždy minimalizovat veškeré cestování materiálu a výrobků

### 4. Vady

- veškerá nekvalita ve výrobě, jedná se o finanční náklady navíc na opravy, finanční náklady na kontrolu výrobků

### 5. Chyby ve výrobě

- jedná se především o nesprávně navržené firemní procesy týkající se samotné výroby, případně toku materiálu nebo špatně navržené parametry výroby

### 6. Nadprodukce

- nadvýroba, která není nutně potřeba a vyrábí se na sklad, což zvyšuje náklady

### 7. Zbytečné pohyby

- v tomto bodě se jedná především o správný návrh ergonomie pracoviště, které snižuje námahu operátora a zkracuje samotnou dobu výroby

+ lidský potenciál a energie pracovníků



Obrázek 5 - Druhy plýtvání

Zdroj: [10]

Muda je ve výrobě všude okolo nás, výše uvedené druhy jsou základní druhy muda, které ale mohou být doplněny jakýmkoliv druhem plýtvání, na který ve společnosti narazíme, například špatná komunikace na pracovišti [2].

Pokud známe a máme přehled základních muda, je dalším cílem, snažit se je odhalit a odstranit je z procesu a tím vytvořit efektivně fungující společnost. Každá muda má nepřímou úměrnost vůči produktivitě. Nejlepším postupem je sledovat, co se děje na pracovišti, následně proces zanalyzovat a objevit muda a následně muda eliminovat.

Například v Toyotě je zaveden systém zakotvený v konceptu TPS, kdy se na odhalování a odstraňování plýtvání podílejí všichni zaměstnanci společnosti:

- **Kdokoliv** – každý pracovník odhaluje a upozorňuje na muda
- **Kdykoliv** – v každé chvíli a každý den analyzujeme procesy a odhalujeme muda
- **Kdekoliv** – v každém procesu nebo kterékoliv části společnosti

Pokud se podíváme opět do Japonska, zjistíme, že proces odhalování muda je velkým tématem. Inženýr, který se na tuto problematiku zaměřuje, tráví zhruba 40 % své pracovní náplně pozorováním a analýzou procesů a odděluje procesy plýtvání a přidávání hodnoty. Tato problematika se primárně řeší na místě zvaném gemba, což je místo ve společnosti, které je hlavním místem vytváření hodnoty společnosti. Ve výrobní společnosti to bývá například dílna [2].

V této části byly shrnuty základní a důležité pojmy, které jsou nutné pro pochopení průmyslového inženýrství jako celku. Tyto pojmy nám pomohou dále v práci pochopit význam některých činností a procesů, které se odehrávají ve společnostech. V další části se budu věnovat významné metodě štíhlé výroby pro návrh pracovišť, kterou je metoda 5S.

### 3.3 Metoda 5S

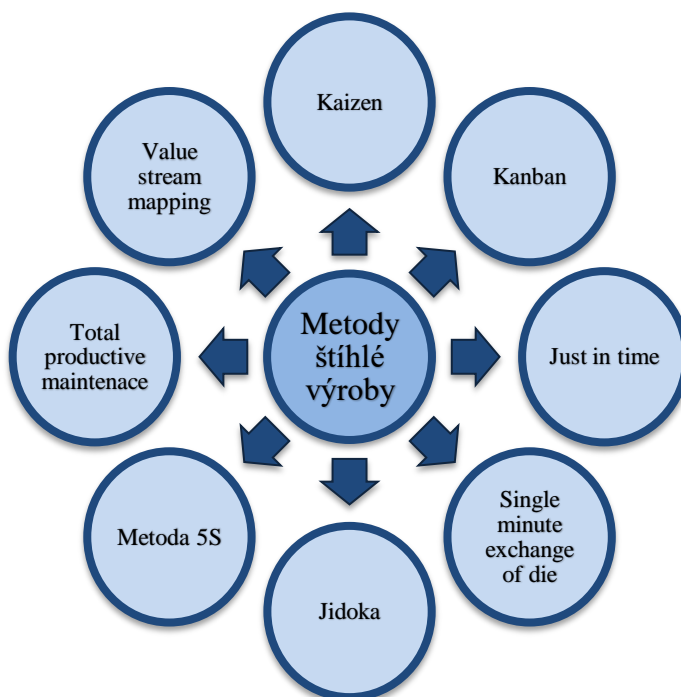
Patří mezi základní a nejstarší metody ze souboru metod štíhlé výroby. Náleží mezi nejvyužívanější metody pro zefektivnění podniku a díky tomu je také velmi vyspělá a pokročilá. Tato metoda je součástí metod, které vznikly v Toyotě jako součást TPS. Metoda 5S se pokládá za nutnou součást společnosti, která se snaží stát štíhlou společností. Z názvu vyplývá, že se jedná o metodu, kterou tvoří pět kroků popsanych pěti slovy, která vyjadřují v japonštině náležité hospodaření. Při správné implementaci metody se daří významně snižovat náklady a odstraňovat muda z procesů a tím výrazně šetřit a zvyšovat produktivitu. Pokud do společnosti přivedeme člověka znalého této problematiky, je nám schopný během prvních pár minut rozhodnout o kvalitě podniku a případně správném využívání metody. Při nevyužití metody 5S se sami ochuzujeme o významné možnosti zlepšení podniku a to především v oblasti pracovní morálky, kvality výroby, disciplíny a výkonnosti pracovníků a

dalších mnoha oblastí. Metoda je také důležitá pro dnes velmi významnou součást všech podniků, kterou je bezpečnost, a to především díky jasně daným materiálovým tokům, čistotě a uspořádanosti pracoviště nebo díky standardům práce. Pokud má společnost ambice stát se významným a uznávaným světovým hráčem na trhu, může pro ni být metoda 5S významným počátečním krokem ke splnění vlastních cílů [4].

### 3.3.1 Metoda 5S v kontextu štihlé výroby

V této části krátce shrneme metody štihlé výroby a uvedeme příklady některých z nich, které jsou řazeny mezi nejznámější. Metoda 5S je jednou z mnoha metod štihlé výroby. Metod je výrazné množství a mají různá rozdělení a každá se využívá k jiné činnosti, ve smyslu zefektivňování společnosti. Pokud se podíváme na metody v širším měřítku, cílem každé z nich je dlouhodobá snaha o stabilizaci a následné zvyšování produktivity a tím zisku. Metody se ideálně zavádějí komplexně spolu s dalšími, tím se maximalizuje jejich užitek. U některých metod je důležité je dokonce zavádět v součinnosti, protože jejich samostatný účinek by byl velmi omezený a nemusel by přinášet žádnou užitnou hodnotu.

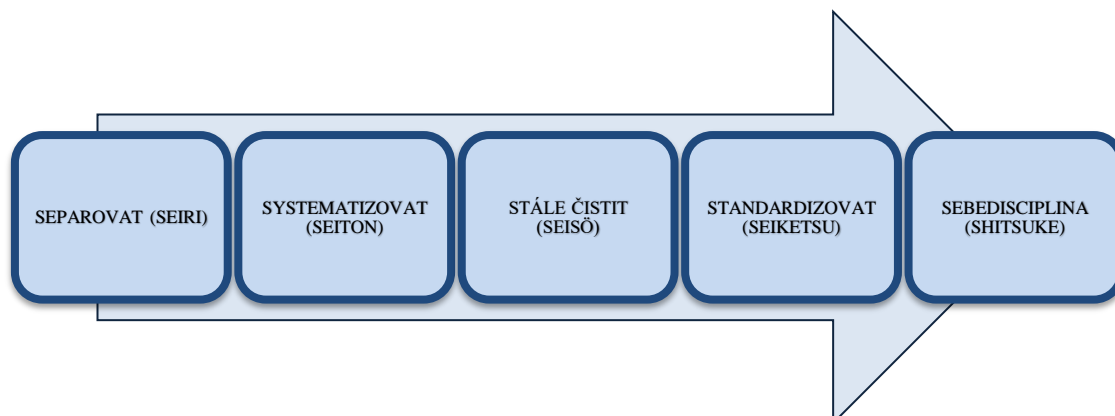
Na obrázku číslo 6 jsou základní vybrané metody, abychom si dokázali představit rozsáhlou tuto problematiku.



Obrázek 6 - Vybrané metody štihlé výroby

### 3.3.2 Dělení metody

Jak jsem již uvedl výše metoda 5S se dělí do více kroků. V této kapitole si všechny kroky této metody představíme a popíšeme. Na začátku je důležité říct, že ač původně byly kroky této metody směřovány na výrobní část společnosti dnes, se dají využít v mnoha dalších odvětvích, jako je administrativa nebo skladovací prostory. Zajímavostí je také fakt, že dříve byly v Japonsku pouze čtyři kroky, a to z důvodu, že japonští dělníci dokázali udržovat sebedisciplínu automaticky, a tak byl tento krok spojen se čtvrtým krokem. Na obrázku číslo 7 jsou graficky znázorněny postupné kroky metody [20].



Obrázek 7 - Kroky metody 5S

Zdroj: Vlastní zpracování, [3]

#### První krok: Separovat (Seiri)

Úkolem tohoto kroku je ponechat na pracovišti pouze předměty nezbytně potřebné k vykonávání činnosti a všechny ostatní předměty odstranit a případně vytržít dle četnosti využití. Důvod k tomuto kroku je jasný a vedoucí pracovníci si ani neuvědomují, jak je důležitý. Veškerý nepořádek a nahromaděné nepotřebné předměty na pracovišti vytváří chaos a nepřehlednost na pracovišti, tímto dochází k hromadění nepotřebných nástrojů nebo případné duplikaci. Dalším důsledkem nepořádku na pracovišti je větší riziko chyb nebo zranění. Tímto krokem se tedy podaří odstranit významnou část plýtvání, kdy pracovník zkrátí prodlevy a činnost nesouvisející přímo s vykonáním pracovního úkonu jako například přemísťování nepotřebných předmětů, případně hledání potřebných nástrojů.

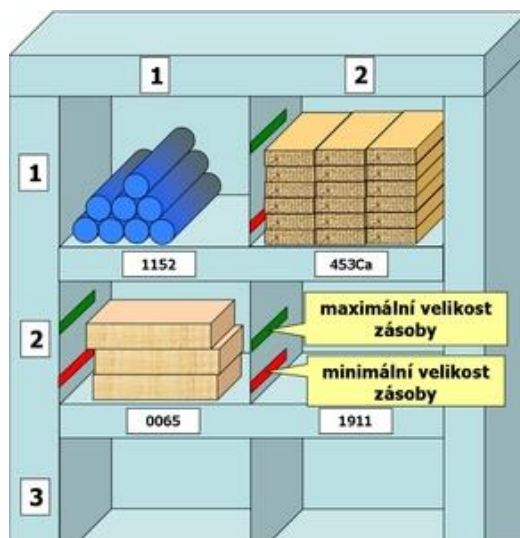
Nejčastěji se tato metoda zavádí pomocí tzv. kampaně červených štítků. Při tomto procesu se opatří veškeré nepoužívané a nepotřebné součásti pracoviště červeným štítkem. Pokud máme tedy u některého nástroje nebo věci pochybnosti o její potřebnosti označíme ji červeným štítkem a poté oslovíme zaměstnance na daném pracovišti, aby nám ukázal, k čemu tuto věc potřebuje a jestli ji opravdu používá. Úkolem této metody je odstranit

veškeré věci, které nebudou použity v příštích 30 dnech. Označené věci se poté rozdělí na věci nepotřebné a věci potřebné v horizontu delším než 30 dnů. Tyto věci se poté přestěhují do skladu [19, 20].

### **Druhý krok: Systematizovat = srovnat (Seiton)**

Po provedení prvního kroku následuje uspořádání pracoviště, na kterém již zůstaly jen nezbytně nutné předměty. V tomto kroku tedy dojde k uložení každé věci z pracoviště na své místo, je jí přiřazen název a je určen počet kusů potřebných na pracovišti. Při hledání místa určení každého výrobku je nutné opět spolupracovat s příslušným pracovníkem a předměty ukládat dle jejich vytiženosti, aby se nestalo, že pro nejčastěji používaný nástroj se bude zaměstnanec neustále ohýbat nebo natahovat. Z výše řečeného opět vyplývá, že při podcenění tohoto kroku opět dojde k plýtvání a ztrátám.

Při zavedení tohoto kroku se také vytvářejí soupisky veškerých předmětů s označením a místem jejich uložení pro snadnější orientaci i nových nebo neznalých zaměstnanců na pracovišti. Regály případně pracovní stoly a jejich zásuvky jsou označeny pro hledání uloženého nástroje. Pro funkčnost tohoto kroku je nezbytně nutné naučit



*Obrázek 8 - Ukázka možnosti systematizace na stavu zásob*

Zdroj: [3]

zaměstnance sebedisciplině, že navrací produkt vždy tam, odkud si ho sám vzal. Umístění některých předmětů je z důvodu větší přehlednosti označeno například nálepkami případně jsou vytvořeny přímo obrysy pro uložení zboží. Na závěr je důležité zmínit, že jsou některé prvky, které jsou na pracovišti nezbytně nutné a jejich umístění je dáno zákonem, jako například hasičský přístroj. Na obrázku číslo 8 je ukázka systematizace [3, 19].

### **Třetí krok: Stále čistit (Seisō)**

V tomto kroku se zaměříme na neustálé čištění pracoviště. Jedná se o všechny části našeho pracoviště, stroje, nástroje, ale také podlaha, pracovní stůl atd. U tohoto kroku je opět důležité přesvědčit zaměstnance každého pracoviště, aby tuto činnost prováděl pravidelně a měl na ni vyhrazený čas, například po každé směně. Tento krok, ač se to nemusí na první pohled zdát, má mnoho výrazných důsledků. Výrazným důsledkem je jednoznačné zvýšení bezpečnosti samotného pracovníka, který na čistém pracovišti má méně možností si ublížit. Další významnou výhodou je udržení vysoké kvality strojů a nástrojů po mnohem delší dobu a tím také zvýšení samotné produktivity. Masaaki Imai popsal tuto problematiku přímo ve své knize: „Říká se, že většina poruch na strojích začíná vibracemi (z důvodu uvolněných matic a šroubů), proniknutím cizích částic do stroje (například prachu z důvodu prasklého krytu) nebo nedostatečným mazáním“ ([19], str. 74). U čistého stroje a pracoviště je možnost odhalení nějakého problému mnohem pravděpodobnější a může se předejít úplnému zničení stroje a tím pádem výrazným ztrátám [19].

Pro zavedení je důležité oslovit zaměstnance obsluhující pracoviště a provést prvotní úklid, na kterém se mohou podílet například i manažeři a zaměstnancům vysvětlit důležitost tohoto opatření. První úklid může zabrat i celou směnu, ale následné udržení pořádku, pokud už se podaří u pracovníku vybudovat návyk, může být otázkou jen několika minut na konci směny. Pro motivaci pracovníků se také používá fotky tzv. před a po, kdy se vyfotí neuklizené pracoviště a pro porovnání pracoviště uklizené. Tyto fotografie následně slouží jako motivace a zároveň odstrašující případ [4].

### **Čtvrtý krok: Standardizovat (Seiketsu)**

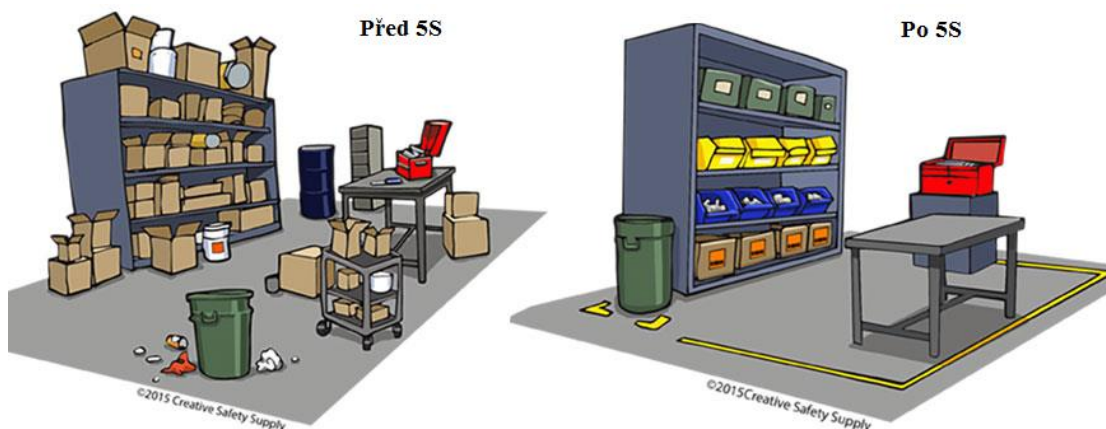
Tento krok má za úkol dvě nezávislé činnosti pracovníka a na rozdíl od předchozích kroků se již nejedná o úpravu pracoviště samotnou, ale spíš o pochopení pracovníků, jak důležitá je metoda 5S a že je nezbytně nutné ji dodržovat. V první fázi jde o osobní čistotu pracovníka, což se dá vysvětlit tak, že pracovník nosí ochranné pomůcky, předepsaný oblek a pracuje na zdravotně nezávadném pracovišti. Druhou částí tohoto kroku je správná implementace prvních 3S, jelikož dosažení krátkodobých zlepšení není problém, ale pro opravdové zlepšení a dosažení výsledků je nezbytně nutné udělat z prvních 3S standart, který je udržován. Hlavním úkolem je tedy neustále kontrolovat a případně vylepšovat nastavené standarty, tak aby se všechny procesy zrychlovaly a zlepšovaly. Tento krok je závislý na samotných zaměstnancích a na tom, zda jsou ochotni a případně motivováni se udržení zavedených standardů účastnit [19].



### Pátý krok: Sebedisciplinovanost (Shitsuke)

Jedná se o stav, kdy je dosaženo toho, že všechny předchozí kroky jsou u pracovníků již brány jako každodenní rutina. Zde je důležité zmínit, že každé pracoviště má postupem času snahu stávat se zpět neuspořádaným. Proto je nezbytně nutné vybudovat u zaměstnanců sebedisciplínu, tak aby je nemusel nikdo pobízet k tomu, aby vykonávali to, co se podařilo zavést, a to co se domluvilo. Tohoto stavu je ideální dosáhnout kombinací kontroly a motivace. Kontrola probíhá nejčastěji mezi samotnými zaměstnanci dodržujícími 5S (kontrola nemusí být jen od manažerů). Naopak motivací pro pracovníky mohou být soutěže o nejlepší a nejhorší pracoviště, na které jsou vázány odměny. Důležité je provádět hodnocení a případnou kontrolu pracovišť pravidelně a to tak, že nebudou ve společnosti zaměstnanci, kteří nejsou ochotni se na zlepšování podílet [19].

Metoda 5S při dodržení všech výše uvedených kroků může přinést významné zvýšení efektivity a produktivity. Na obrázku číslo 9 je zobrazeno pracoviště před a po použití metody 5S.



Obrázek 9 - Metoda 5S, před a po

Zdroj: [1]

### 3.3.3 Novinky

V průběhu let se k základním 5S, která jsou základním stavebním kamenem metody, začaly přidávat další vylepšení a to především v Evropě a v USA. Pro zachování návaznosti na metodu jsou užívána jako další „S“. Další „S“ jsou spíše takovým doplněním. Například v Japonsku se příliš neuchytila, a to především z důvodu, že jsou tato rozšíření brána právě v Japonsku jako naprosto samozřejmá součást původní metody. Vzhledem ke skutečnosti, že tato vylepšení již z Japonska nepochází, nemají české překlady ani původní významy slov

na počátku „S“. Další „S“ a to at' jich je dnes 6,7,8 nebo dokonce 9 jsou tedy pouze dalšími vylepšeními stávající metody, které vychází z nových potřeb a problémů dnešní doby spojenými se všemi výrobními i nevýrobními procesy. Pro úplnost je důležité říct, že se vychází z původní metody, a proto pokud není společnost schopna zavést a udržovat kvalitně metodu 5S, nemá pro ni význam a smysl zabývat se dalšími vylepšeními [20].

### **1. Šestý krok: Bezpečnost (Safety)**

- Tento krok přichází z Evropy, kde je kladen stále větší důraz na bezpečnost zaměstnanců, provozů a všech procesů. Pro tento krok je typické zavedení pracoviště, které je ideálně bezpečné a připravené pro práci. V tomto kroku jsou představeny základní prvky, které je potřeba dodržet při zavádění této části.
  - Užívání ochranných pomůcek.
  - Dostupnost záchranných prostředků (hasičské přístroje, lékárničky případně nouzové vypínače, které jsou na daných místech a jsou snadno dostupné)
  - Dodržování zásad při krizových situacích (interní směrnice společnosti, označené nouzové východy)
  - Vizualizace pracoviště, návody, plány a školení pro zaměstnance [4]

### **2. Sedmý krok: Ekologie a životní prostředí**

- Stejně jako šestý krok i sedmý má původ v Evropě a je spojen s další citlivou součástí výroby. Sedmý krok se zabývá především odpadovým hospodářstvím, a ochrannou přírodních zdrojů, jako je voda a ovzduší. Tato problematika se zaměřuje na minimalizaci zátěže životního prostředí a na ekologickou likvidaci odpadních, řezných a nebezpečných kapalin a na co nejmenší ovlivnění ovzduší [4].

### **3. Osmý krok: Zvyklost (Shukan)**

### **4. Devátý krok: Ochrana (strojů, majetku, citlivých informací)**

Především novinky v podobě osmého a devátého kroku jsou v dnešní době spíše okrajovou záležitostí. Využívají se jen v provozech, kde je již zavedena dobře fungující metoda 5S a je potřeba nějakým způsobem ošetřit danou problematiku konkrétní společnosti. Některé řešené problémy se překrývají s nařízeními ve vyhláškách a zákonech například umístění cedulí s vyznačenou trasou únikových východů. Význam těchto novinek tkví jednoznačně ve vylepšení již fungující koncepce, kde může být zajímavou nástavbou pro konkrétní společnosti [20].

Pokud bychom měli tuto metodu shrnout je možno říct, že může být významným přínosem a rozhodně by ji majitelé společností neměli podceňovat a opomíjet při snaze o zavedení štihlého myšlení v podniku. Dá se použít jako jeden z prvních kroků vylepšení pracoviště a kultury firmy. Jen je potřeba zapojit do řešení problému i zaměstnance a věnovat dostatek času vysvětlení důvodů k zavedení této metody a zaměstnance motivovat k jejímu dodržování. Pokud se nám podaří přesvědčit zaměstnance, aby na implementaci metody spolupracovali, může být implementace úspěšná a lze očekávat, že přinese významné úspory alepší produktivitu práce.

Dle uváděných zdrojů je možné díky zavedení metody 5S snížit stavy zásob až o 80 %, významně zredukovat dobu montáže a to až o 30 %, zvýšit jakost vyráběných součástí o 20 % a zároveň zmenšit pracovní prostory až o 40 %. Při dodržení daných pravidel se implementace metody 5S rozhodně vyplatí [3].

### **3.4 Ergonomie**

Poslední teoretická část práce se věnuje důležité a nezbytné součásti návrhu pracoviště. Ergonomie je v dnešní době, kdy jsou na ústupu fyzicky náročné pozice a naopak, čím dál tím více lidí tráví čas v konstantních pozicích v židlích a u stolů, jednou z nejdůležitějších disciplín, kterou musí řešit projektanti a designeři. Za těchto předpokladů je nezbytně nutné, aby celkový ergonomický návrh pracoviště a dalších návazných procesů byl na co nejvyšší úrovni tak, abychom se vyhnuli rizikovým činnostem a dokázali předejít nebezpečným nemocem z povolání. Důležité je, aby se pracovník na svém pracovišti cítil dobře a nemusel se mu nikterak přizpůsobovat. Je důležité, aby jeho pracoviště bylo navrženo tak, aby se co nejvíce přizpůsobilo vlastnostem pracovníka [12, 17].

#### **3.4.1 Základní definice ergonomie**

Pro začátek je důležité říct, že ergonomie je kvalifikována jako vědní obor. Je to věda, která se skládá z mnoha oborů a zaměřuje se především na postavení člověka v pracovním prostředí a vztahy mezi lidmi. Samotné slovo ergonomie je složeninou dvou slov původně z řečtiny – ergon = práce a nomoi = přírodní zákony [17].

Oficiální definice ergonomie se liší dle různých zdrojů. Definice, která byla přijata Mezinárodní ergonomickou asociací (IEA) na kongresu v San Diegu v USA v roce 2001 zní: „*Ergonomie je vědecká disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem a dalšími prvky*

*systemu a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci pohody člověka a výkonnosti systému.*“ ([12], str. 7). Přestože definic je větší množství, poselství těchto definic má vždy stejný a jasně definovaný cíl, kterým je snaha dosáhnout harmonie mezi člověkem a prací, která je vykonávána, popřípadě pracovištěm, kde člověk pracuje. Ergonomie se tedy snaží hledat ideální řešení spojená s veškerými pracovními vlivy, které ovlivňují samotného pracovníka, a to tak, aby člověk měl, co nejjednodušší a nejkomfortnější pracovní podmínky. Následkem kvalitně připravené ergonomie je zvýšení efektivity pracovníka, neboť je chráněn před negativními vlivy a cítí se v bezpečí a pohodlně. Ergonomie se z velké části dnes na pracovišti zaměřuje na návrh kvalitních nástrojů, strojů a dalších předmětů, které jsou využívány k práci tak, aby jejich uživatel měl práci co nejkomfortnější. Z této části je jasné, že ergonomie je pro návrh pracoviště prakticky nejdůležitějším měřítkem, proto se ji budeme dále více věnovat a v praktické části si ukážeme její důsledky v praxi [12, 17].

### **3.4.2 Vývoj ergonomie**

Prapůvod ergonomie sahá do samotných začátků lidstva. Důležité je samozřejmě zmínit, že zde, a ještě v mnoha následujících stoletích se nemluví o ergonomii jako vědě, ale spíše jako o „selském rozumu“, který vycházel z potřeb a principů fungování základních nástrojů. Za první zmínku ergonomie můžeme tedy považovat tvorbu primitivních nástrojů a zbraní, které byly vyráběny tak, aby splňovaly základní požadavky, které od nich očekával samotný uživatel. Jinými slovy už naši prapředci se snažili si vyrábět nástroje tak, aby jim co nejvíce vyhovovaly [18].

Vývoj nadále pokračuje v 16. a 17. století, kdy lidé vyrábí nepřetržitě další výrobky a pokračuje vyvíjení vztahu člověk – technika. V 17. století se také poprvé začíná řešit problematika pracovní doby nebo přenášení břemen lidmi. Na přelomu 18. a 19. století dochází k výraznému průlomů výroby. Výroba se přesouvá čím dál tím více ke strojům a lidé – řemeslníci přestávají své výrobky vyrábět pouze pro svou potřebu, ale vyrábějí v sériích i pro běžné uživatele. Z pohledu ergonomie to znamená výrazný ústup od přizpůsobování konkrétnímu člověku, ale ve větších výrobních sériích je nutné řešit ergonomii plošně tak, aby vyhovovala celému spektru uživatelů. Vývoj neustále pokračuje a až do poloviny 19. století se řeší problémy spojené s pracovní dobou a dlouhodobou výkonností pracovníků. Ke konci 19. století přichází první úvahy o problematice organizace pracoviště. Tuto problematiku nejvíce zviditelnil F. W. Taylor (1856-1915), který je

v novodobé historii pokládán za zakladatele analýzy práce. Taylor se věnoval výzkumu a rozvoji ergonomie po celý život a můžeme říct, že jeho práce byla v některých ohledech průlomová a z teoretického hlediska inspirativní do budoucna. Především jeho rozbor práce, ať se jednalo o pohyby, organizaci pracovišť nebo systémy na kontrolu a evidenci byly v této době pokrokové. Jeho práce ale měla i mnoho negativ a prostoru pro zlepšení. Například se nerespektovaly základní fyziologické a anatomické poznatky o lidech samotných a největším problémem byla neschopnost zlepšit vztah stroj – člověk, kdy byl dělník pořád brán jako hlavní pracovní článek [12, 18].

Největšímu rozvoji se těšila ergonomie po druhé světové válce, což bylo zásluhou především díky jejímu použití ve vojenském průmyslu. Ve válečném období se výrazně a systematicky rozvíjelo propojení techniky s člověkem. Období války mělo v tomto přínos především z důvodů snahy, být ve válce co nejuspěšnější, což vedlo k řešení ovládnutí vojenských technologií, a to za pomoci odborníků z oborů fyziologie, antropologie, psychologie nebo inženýrů věnujících se pracovním systémům. Multioborové propojení a dosažené výsledky se výrazně promítly do poválečného zničeného průmyslu. Rozvoj ergonomie jako vědy a rozšiřování poznatků o důležitosti ergonomie vedlo ke vzniku několika organizací zabývajících se ergonomií, a to hlavně v severní Americe a v Evropě. V této době byl také přiřazen ergonomii její název „Ergonomics“, v Americe název „Human Factor“. V roce 1961 vznikla zastřešující Mezinárodní ergonomická asociace (IEA). IAE je celosvětovou společností se skoro 20 000 členy, zastřešující na 40 zemí a regionů. Vývoj ergonomie u nás probíhal obdobně jak ve světě, jen s mírným zpožděním, které odpovídalo úrovni techniky. V Česku se problémem ergonomie zabývá velká část institutů a asociací, kde zastřešující institucí je Česká ergonomická společnost, která je také členem IEA [17, 18].

### **3.4.3 Základní dělení ergonomie a ergonomické zásady**

Tato část práce se bude zabývat rozdělením ergonomie a bude to hlavní část z kapitoly ergonomie. Budou zde popsány veškeré systémy a zásady, kterými se ergonomie zabývá. V ergonomii je důležité si uvědomit, že se jedná o hluboké propojení mezi člověkem, technikou a prostředím. Uvádí se, že v tomto systému je nejslabším článkem samotný člověk, a proto v této kapitole rozebereme všechny vlivy, které na něj působí a které ho případně omezují. Všechny tyto vlivy musíme v tomto případě omezit, protože člověk je sice

nejslabším článkem, ale zároveň článkem ústředním, kterému je nutné ostatní součásti přizpůsobit [12].

Jako ergonomické zásady označujeme především zkušenosti, a to jak teoretické, tak praktické, které se týkají práce, pracoviště, technologie výroby, prostředí a pracovních podmínek, a to vše s ohledem na člověka a na jeho možnosti a schopnosti, ať už fyzické, psychické nebo anatomické. Zásadou je přizpůsobit okolnosti člověku tak, aby bylo dosaženo ochrany jeho zdraví, byla zajištěna jeho bezpečnost a pohoda na pracovišti, aby byl schopný podávat co nejlepší výkony. Celá tato problematika je důkladně popsána, jak ve světových, tak v českých normách, kde některé zásadní negativní vlivy jsou přímo uzákoněny. V této kapitole jsem udělal stručný přehled, dle mého základních a důležitých aspektů, které je dobré znát a řešit při ergonomickém návrhu a které jsem sám použil při zpracování praktické části této diplomové práce [17].

### **Ergonomie z pohledu pracovního prostředí**

Při plnění pracovních povinností je člověk obklopen mnoha rizikovými faktory vycházejícími z okolního prostředí. Toto prostředí je tvořeno fyzikálními, chemickými, sociálními, hygienickými případně bezpečnostními vlivy. Naší snahou je tyto vlivy odhalit a pokud možno odstranit případně výrazně eliminovat. Při návrhu nového pracoviště se snažíme okolní vlivy pracovního prostředí zkoumat v předstihu a následně předcházet rizikům s nimi spojenými. Všechny faktory v pracovním prostředí jsou brány jako třetí subsystém v systému člověk – technika a působí na oba tyto činitele [12, 18].

Na obrázku číslo 10 jsou uvedeny základní faktory v pracovním prostředí, které ovlivňují pracovníky a techniku. Z těchto faktorů jsem vybral dle mého názoru nejdůležitější faktory a těm jsem se nadále více věnoval.

Ovlivňující faktory				
Osvětlení a zrak	Záření	Hluk	Zátěž (psychická, fyzická)	a další faktory

*Obrázek 10 - Faktory ovlivňující pracovní prostředí*

Každý z těchto faktorů a mnoho dalších je uvedeno ve vládním nařízení č. 361/2007 Sb., kde jsou tyto faktory vedeny jako rizikové, což znamená, že mohou mít nepříznivý vliv na člověka, na jeho práci nebo zdraví [18].

### Osvětlení a zrak

Jedním ze základních faktorů, které je nutné v ergonomii řešit je vhodné osvětlení. Toto vyplývá z důležitosti zraku při práci, kdy dle průzkumů 80–90 % informací zpracovává člověk právě pomocí zraku. Při řešení osvětlení je nutné řešit problematiku nedostatečného, ale i nadměrného případně nesprávně směřovaného světla. Při správně navrhnutém osvětlení můžeme zlepšit pracovní podmínky, zvýšit bezpečnost, zlepšit psychickou pohodu pracovníka a snížit jeho zrakovou únavu [12].

Při návrhu osvětlení vycházíme ze znalosti tří základních využívaných zdrojů světla, které jsou uvedeny v obrázku číslo 11.



Obrázek 11 - Zdroje osvětlení

Zdroj: Vlastní zpracování, [12]

Z výše uvedených zdrojů osvětlení začneme vysvětlením základního zdroje osvětlení, kterým je přirozené (denní) světlo. Toto světlo má jednu nesmírnou výhodu a tou je, že je zadarmo. Toto světlo v běžnou denní dobu získáváme ze slunečního záření a zrak člověka je mu svým fyziologickým vývojem nejlépe přizpůsoben. Toto osvětlení má, ale také své značné nevýhody, kterými jsou především nestálost intenzity tohoto světla. Tato skutečnost vyplývá ze základních dějů probíhajících na zemi, jako jsou střídání ročních období, střídání dne a noci nebo různé proměny počasí (mraky, déšť). Přirozené osvětlení má i další negativní vlivy, jako jsou různá barevnost světla na základě výše zmíněných činitelů případně tepelné záření, které při přirozeném světle vzniká. Ze všech těchto důvodů

je potřeba věnovat pozornost prostoru a návrhu osvětlovací soustavy denního světla tak, aby bylo co nejprospěšnější, což v některých případech znamená používat i regulační zařízení na oknech, jako jsou například žaluzie [12, 18].

Druhým zdrojem světla je umělé osvětlení. Do umělého osvětlení řadíme zařízení jako jsou například zářivky, diody nebo lasery. V praxi se nejčastěji využívá sdružené osvětlení, které kombinuje všechny výhody a co nejvíce eliminuje nevýhody přirozeného a umělého světla. Vhodné je při návrhu osvětlení pracovat s denním světlem doplněným o umělý zdroj tak, že pokud klesne intenzita přirozeného osvětlení, automaticky se přidá osvětlení umělé [12, 18].

Další řešenou problematikou, pokud již známe základní druhy osvětlení je zraková zátěž. Základem pro předcházení rizik spojených s osvětlením a zrakovou zátěží je použití správného osvětlení se správnou intenzitou nebo směrem, zároveň také vyvarování se oslňování a nastavení vhodných hodnot jasů, rozlišení a barev při práci s technikou. V odstavcích níže rozebereme tyto vlivy se zaměřením na intenzitu, která dle mého patří k největším rizikům [12, 18].

- **Intenzita osvětlení** – velmi výrazně ovlivňuje zrakové vnímání. Intenzita osvětlení se udává v luxech [lx]. Hodnota intenzity se řídí především typem prováděné pracovní činnosti a dle druhu práce se dělí do šesti tříd. Rozdělení do tříd je uvedeno v tabulce č.1 níže. V tabulce je jako hlavní rozlišovací hodnota uvedena velikost kritického detailu. Velikost kritického detailu vyjadřuje velikost útvaru, který musíme být schopni v dané třídě rozlišit z udané pozorovací vzdálenosti [18].

Tabulka 1 - Třídy prací dle požadavků na osvětlení [12]

Třída	Požadavky na osvětlení	Velikost kritického detailu (mm) ze vzdálenosti		Osvětlení (lx)
		350 mm	1000 mm	
1	mimořádné	0,1	0,3	nad 5000
2	velmi vysoké	0,1 až 0,2	0,3 až 0,6	2000 až 5000
3	vysoké	0,2 až 0,4	0,6 až 1,2	600 až 2000
4	průměrné	0,4 až 0,8	1,2 až 2,3	250 až 600
5	malé	0,8 až 1,5	2,3 až 4,4	100 až 250
6	velmi malé	1,5 až 3,0	4,4 až 8,8	25 až 100

- **Kontrast, směr, rovnoměrnost osvětlení** – patří mezi další faktory, které je potřeba sledovat a věnovat jim pozornost. Kontrast mezi pozorovaným subjektem a jeho pozadím je velmi důležitým aspektem především u velmi přesných prací, kde jsou



obecně vysoké požadavky na celkově osvětlení. U směru je důležité především zamezit jakýmkoliv stínům, a to jak od techniky, tak od pracovníka. Pokud to návrh pracoviště nedovoluje, je potřeba doplnit pracoviště dalšími umělými osvětleními. Rovnoměrnost osvětlení je poměrem minimální a maximální intenzity osvětlení, řeší se především typ, počty a rozmístění osvětlovacích jednotek [12, 18].

- **Oslnivost osvětlení** – zásadně ovlivňuje zrakovou pohodu a v některých špatně navržených prostorech může až znemožnit vidění. Je to takový stav zraku, při kterém dochází k přesvícení sítnice oka z důvodu příliš vysokého jasu. U oslnění je řešeno, jak významné je oslnění, odkud vychází a jak ho lze redukovat [12].

Jak lze vidět osvětlení, je důležité z mnoha důvodů a je mu potřeba při návrhu ergonomie pracoviště věnovat dostatečnou pozornost. Kromě uvedených aspektů se lze dále zabývat dalšími oblastmi jako jsou stálost osvětlení, barva, bezpečnost, estetika nebo ekonomičnost provozu osvětlení.

## **Hluk**

Dalším významným faktorem, který výrazně ovlivňuje pracovníka při vykonávání činnosti, je hluk. Hluk je brán jako jakýkoliv nepříznivý zvuk, který je rušivý nebo má negativní vliv na lidské zdraví. Hladina hluku se neustále zvyšuje a je silně závislá na pracovním prostředí, kde záleží především na konstrukci strojů a kvalitě zpracování jejich tlumících prvků. Velikost hluku je nejběžněji udávána dle hladiny akustického tlaku, který nese označení  $L_p$  a jeho jednotku jsou decibely [dB]. Zde je důležité uvést, že každý člověk vnímá zvuk a jeho intenzitu individuálně a pro každého je práh nepříjemnosti nastaven na jiné hodnoty. Obecně se ale udává, že pro práce, které jsou psychicky náročné a vyžadují soustředění by se hodnota hluku měla pohybovat do 55 dB. Při klasické administrativní činnosti je tato hodnota 65 dB. Nad 65 dB již dochází u většiny jedinců ke ztrátě duševní pohody a hluk způsobuje nervové podráždění a snižuje kvalitu práce. Od 80 dB je zaměstnavatel pracovníkovi povinen zařídit ochranné pomůcky sluchu, jelikož je tento hluk již nebezpečný pro dlouhodobou expozici. Hluk nad 130 dB je již extrémní a člověk by mu neměl být vystaven vůbec, jelikož dochází k velmi rychlému poškození sluchu a u některých jedinců může být takovýto hluk ohrožující na životě [18].

Při hodnocení hluku se kromě intenzity (hlasitosti) posuzují i další faktory, kterými jsou výška zvuku, barva, rytmus, umístění zdroje zvuku nebo časový průběh. Zde se uvádí, že pro člověka jsou lepší nižší frekvence tónů než vyšší. Hodnota, která frekvence rozděluje

na nižší a vyšší, se nazývá referenční tón a má frekvenci 1000 Hz. Pokud bychom se podívali na časový průběh zvuku, je pro člověka příznivější změna hlasitosti než frekvence. Toto ale platí pouze pokud se nedosahuje extrémních změn [12].

Řešením problematiky hluku je nezbytné se zabývat a je nutné učinit případná opatření tak, aby byla pro pracovníky jejich práce co nejpříjemnější a neohrožovala jejich duševní pohodu a zdraví. Mezi běžná a preventivní opatření ochrany proti hluku patří úprava konstrukce strojních zařízení, změna technologie, například svařování místo nýtování nebo technická úprava pracoviště, například pružné uložení stroje. Pokud není možné změnit technologii, je potřeba chránit alespoň pracovníka, a to pomocí ochranných pomůcek, kterými mohou být ušní zátky, sluchátkové chrániče nebo ochranné protihlukové přilby [12, 18].

### **Záření**

Rozvoj záření jde ruku v ruce s rozvojem technologií a je potřeba na pracovištích řešit negativní důsledky na zaměstnance. Záření se dělí na ionizující a neionizující. Pokud začneme méně nebezpečným neionizujícím zářením, můžeme ho rozdělit na vysokofrekvenční a nízkofrekvenční. Záření za vysokých frekvencí se vyskytuje v provozech s vysokofrekvenčním ohřevem případně při čištění kovů nebo svařování umělých hmot. Nízké frekvence vyvolávají zařízení s mikrovlnným, infračerveným nebo ultrafialovým zářením. Pro tato neionizující záření existují krajní hygienické hodnoty, které musí zařízení splňovat a pracovník nesmí být vyšším hodnotám vystaven [12].

Z pohledu nebezpečnosti je podstatně horší ionizující záření. Toto záření vzniká v provozech s obrovskou vyzařovanou energií například atomové reaktory, rentgenová pracoviště případně pracoviště v defektoskopii. Pro člověka je toto záření velmi nebezpečné a může způsobit odumírání tkání, kostní dřeně nebo leukémii. Z těchto důvodů je nutná prevence, která spočívá v oddálení člověka, co nejdále od takového zdroje záření, používání ochranných pomůcek nebo odstínění zdroje záření. Pracovníci z těchto provozů také podstupují pravidelné bezpečnostní prohlídky u lékaře [12].

### **Psychická a fyzická zátěž**

Pracovní zátěž je souborem faktorů ovlivňujících člověka v pracovním prostředí. Pracovní zátěž je rozdělena, dle toho, na jakou stránku člověka působí, na psychickou a fyzickou. Obě tyto zátěže mají 4 základní stavy:

- **Optimální** – Všechny faktory jsou v ideálních mezích a člověk pracuje v psychické i fyzické pohodě.
- **Mírná zátěž** – Některé faktory již nejsou v ideálních mezích, ale tyto odchylky nemají žádný negativní vliv na pracovní výkon.
- **Velká zátěž** – Větší část faktorů není ideální a je již ovlivněna výkonnost pracovníka.
- **Nepříjemná zátěž** – Nepříjemné prostředí pro běžného pracovníka. Může dojít k nevratnému poškození zdraví [17, 18].

Psychická zátěž je v dnešní době zvyšujících se nároků a vysoké dynamiky práce běžnou součástí pracovního prostředí. Psychická zátěž můžeme mít více forem:

- **Senzorickou (smyslovou) zátěž** – Do této skupiny spadají požadavky na činnost periferních smyslových orgánů.
- **Mentální zátěž** – Požadavky na zpracování daných informací. Jsou to psychické procesy např. pozornost, paměť nebo představivost.
- **Emoční zátěž** – Požadavky, které vyvolají afektivní reakci [17, 18].

Psychická zátěž je významným prvkem, který může zásadně ovlivnit pracovní výkonnost. Psychická zátěž může být způsobena několika negativními faktory. Mezi tyto faktory patří například strach z nových technologií, časový tlak na dokončení úkolu nebo zakázky, vysoce konkurenční prostředí, dlouhá pracovní doba nebo špatná ergonomie pracoviště, případně špatné sociální vztahy na pracovišti. Pokud člověk pracuje pod dlouhodobou psychickou zátěží hrozí mu vznik psychického stresu. Stres má negativní dopady na zdraví pracovníka a může vyvolávat nepříjemné pocity a v některých případech až různé nemoci. Každý člověk je stresu odolný jinak a vydrží jinou psychickou zátěž. Z výše popsaného ale jednoznačně vyplývá, že snahou každého zaměstnavatele by mělo být, dopřát zaměstnancům co největší psychickou pohodu tak, aby se jim dobře pracovalo a podávali co nejlepší výkony [18].

Z pohledu fyzické zátěže řešíme především, zda se jedná o statickou nebo dynamickou zátěž a rozlišujeme fyzickou zátěž celkovou a pouze lokální svalovou zátěž. Z pohledu zátěže člověka je horší statická zátěž, při které dochází k rychlé únavě svalu, v důsledku jeho nehýbání se. Typickým příkladem statické zátěže je držení stlačené pružiny, v reálném provozu může jít například o držení nástrojů nebo jiných předmětů. Dalšími příklady statické zátěže jsou například stání na nohou na jednom místě nebo naopak sezení v jedné poloze [12, 17].

Dynamická fyzická zátěž je z pohledu zdraví příznivější a svaly se neunaví tak rychle jako při statické zátěži. Při této formě dochází ke střídavému zapojování svalstva a střídavému uvolňování napětí ve svalech. Jako příklad lze uvést stlačování pružiny oběma rukama. Příkladem z praxe může být například montážní činnost, výměna nástrojů stroje nebo manipulace s předměty [17].

Z pohledu dělení fyzické zátěže na lokální a celkovou budeme vycházet z nařízení vlády č. 361/2007 Sb., které se zabývá podmínkami ochrany zdraví při práci.

*„Za celkovou fyzickou zátěž se považuje zátěž při dynamické fyzické práci vykonávané velkými svalovými skupinami, při které je zatěžováno více než 50 % svalové hmoty.“* [5] Posouzení celkové fyzické zátěže probíhá dle energetické náročnosti práce, která je vyjádřena pomocí hodnot energetického výdeje a za pomoci hodnot srdeční frekvence. Mezní hodnoty těchto údajů jsou dány také nařízením vlády č. 361/2007 Sb. [5].

Naopak lokální fyzická zátěž je definována ze zákona jako zátěž menších svalových skupin, které jsou zapojovány při výkonu práce pomocí končetin. Hodnocení této kategorie probíhá především dle, vynaložené svalové síly, počtu pohybů během minuty a jedné směny a v závislosti na pracovní poloze končetin při práci [5].

Z kategorie fyzické zátěže je ještě důležité zmínit mezní hodnoty při ruční manipulaci s břemeny. Ruční manipulace je definována jako přesouvání, zvedání, pokládání, tahání a mnoho dalších činností, při kterých může dojít k nadměrnému zatížení pracovníka a tím k ohrožení jeho zdraví. Mezní hodnoty jsou shrnuty v tabulce číslo 2 [5].

*Tabulka 2 - Váhové limity pro manipulaci s břemeny [5]*

	<b>Žena</b>	<b>Muž</b>
Ruční manipulace (občasná) [kg]	20	50
Ruční manipulace (častá) [kg]	15	30
Manipulace v sedě[kg]	3	5
<b>Celkový limit (osmi hodinová směna) [kg]</b>	6 500	10 000

Jak lze vidět z pohledu pracovního prostředí, může pracovníka ovlivnit celá řada faktorů, které je potřeba řešit a eliminovat tak, aby pracovní nasazení mohlo být co největší a výkon práce co možná nejpříjemnější a zdraví neohrožující. Z dalších faktorů, které ovlivňují zaměstnance při výkonu práce, lze zmínit například: mikroklimatické podmínky, bezpečnost na pracovišti, chemické faktory nebo například vibrace [18].

## **Ergonomie z pohledu pracovního místa**

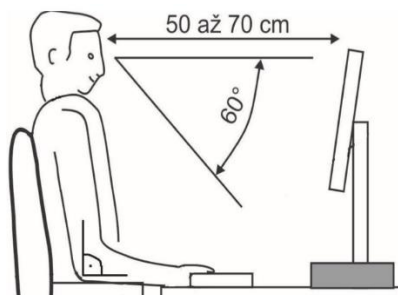
Z pohledu pracovního místa řešíme ergonomii především z pohledu provázanosti pracovního prostředí a člověka na daném pracovišti. Při návrhu pracoviště řešíme mnoho faktorů, které ovlivňují dané pracovní místo. Základními faktory jsou vybavení pracoviště a dále fyzické a psychické parametry pracovníka. Zásadní vliv na pracovní výkon a psychickou pohodu mají:

- **Mikroklima na pracovišti**
- **Uspořádání pracovního místa**
- **Vybavení pracovního místa**
- **Doba a druh práce (fyzická zátěž / psychická zátěž)**
- **Poloha a pohyb vykonaný při práci**
- **Fyziologie člověka**

Při tvorbě pracovního místa se snažíme odstranit veškeré rušivé a zbytečné elementy. Snažíme se dosáhnout takového stavu, aby pracovník byl spokojený a místo se mu, co nejvíce přizpůsobilo, tak aby pracoval v psychické pohodě [18].

## **Zorné podmínky**

Prvním faktorem, který je zásadní při návrhu pracovního místa jsou zorné podmínky. Zorné podmínky se liší především dle typu vykonávané práce, a to dle toho, zda pracujeme se zobrazovacími jednotkami, nebo na pracovištích se zaměřením na detail, případně na pracovišti s neustálým osvětlováním (svařovna). Dále se zorné podmínky navrhují tak, aby pracovník měl přehled o všech nástrojích a strojích, které potřebuje pro práci a zároveň je nutné kontrolovat zdravotní stav pracovníka a možné vady zraku, které by znemožňovaly kvalitní práci [18]. Na obrázku číslo 12 jsou zobrazeny ideální zorné podmínky pro člověka pracujícího s počítačem.



*Obrázek 12 - Ideální zorné podmínky pro práci s počítačem*

Zdroj: [18]

## Pracovní poloha

Pracovní poloha vyjadřuje postavení těla při vykonávání práce. Snahou je, aby při kterékoliv pracovní poloze byla zajištěna dostatečná stabilita a zároveň se předešlo nadměrnému zatěžování pouze lokálních částí. Běžné pracovní polohy jsou vsedě, vstoje, vkleče, výjimečně lze narazit na práci vleže nebo za chůze. Nejběžněji se setkáme s pracovními pozicemi vsedě a vstoje, proto se jim budeme více věnovat. Vsedě je většinou vykonávána kancelářská práce, práce na montáži nebo řízení vozidel. Ideální posed je takový, když dodržíme konkávní zakřivení páteře v oblasti krční a bederní a kdy stehna s trupem sevrou úhel o velikosti více než 135°. Vstoje je naopak většinou vykonávána práce při manipulaci s břemeny, v pracovních dílnách nebo u obráběcích strojů. Ideální postoj je takový, že páteř je zakřivena stejně jako v sedě a tělo je vzpřímené [12, 18].

Z fyziologie člověka je příhodnější, pokud člověk sedí, díky menší zátěži dolních končetin a menší vykonané práci. Tento předpoklad platí ale pouze, pokud člověk nesedí celé dny a směny. Ideální je z pohledu pracovníka střídání sedu a stoje nebo alespoň dodržování bezpečnostní přestávky, které nařizují každé dvě hodiny protažení. V tabulce číslo 3 jsou uvedeny některé výhody a nevýhody sedu a stoje [12].

Tabulka 3 - Výhody práce vstoje a vsedě [12]

Výhody sedu	Výhody stoje
Snížení zátěže nohou	Pohyb po pracovištích
Menší energetická náročnost	Změna poloh
Přesnější výkon práce	Větší ostražitost
Větší soustředěnost na detail	Větší rozsah končetin

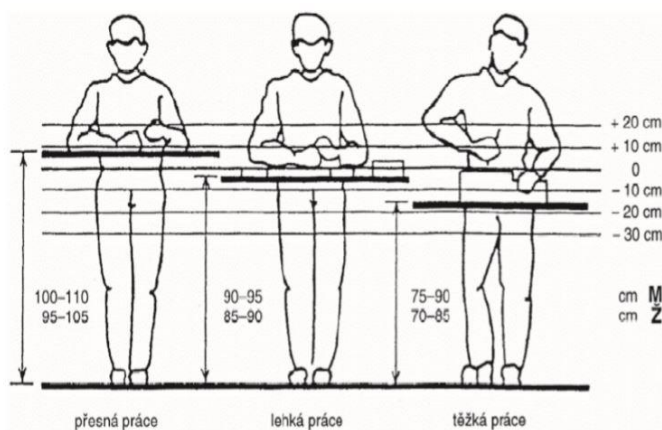
Hodnocení pracovních poloh vychází z nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Pracovní polohy jsou rozděleny do třech kategorií:

- **Příjemná** – Ideální pracovní poloha, která je určena pro výkon práce.
- **Podmíněně příjemná** – Poloha, která již není ideální a je omezena danými limity. Průměrný limit pro tyto polohy je 160 minut z osmi hodinové pracovní doby. Samotná činnost v dané poloze může být vykonávána 1–8 minut.
- **Nepříjemná** – Poloha, které bychom se měli při práci snažit vyvarovat, pokud to není možné, je povolen limit třiceti minut ze směny. Samotná činnost v dané poloze může být opět vykonávána 1–8 minut.

Při výkonu práce v jiné než přijatelné poloze, musí být dodrženy bezpečnostní přestávky (5–10 minut každé dvě hodiny) nebo musí být zajištěno střídání zaměstnanců [5].

### Pracovní rovina

Zabývá se návrhem pracovního prostoru (nejčastěji pracovní stůl) tak, aby co nejlépe vyhovoval vykonávané činnosti. Ideální pracovní stůl by měl mít zaoblenou přístupovou hranu, matný povrch, který neodráží světlo, snadno čistitelný povrch a povrch, který nesaje vodu. U stolu jsou nejdůležitější jeho proporce vzhledem k pracovníkovi, který u něj bude danou činnost vykonávat, proto by měla být pracovníkovi ideálně přizpůsobena hlavně pracovní výška případně šířka a hloubka stolu. Obecně se hodnota výšky pracovního stolu udává ve výšce 5–10 cm pod úrovní loktů. Dle vyvíjené činnosti je možné výšku upravovat a to tak, že pro přesnější činnosti dáváme stůl blíže k loktům, a naopak při hrubé manipulaci s břemeny může být stůl položen níže. Tato skutečnost je znázorněna na obrázku číslo 13 [18].



Obrázek 13 - Doporučená výška pracovní roviny

Zdroj: [18]

U pracovního stolu je také důležité řešit jeho použití, a zda se bude používat vstoje nebo při sedu. V obou případech je ale důležité zaručit dostatek místa pro dolní končetiny pod pracovní deskou. Důležité je také zaručit ideální stabilitu stolu a pokud není stůl využíván pouze jedním pracovníkem, ale točí se u něj více zaměstnanců, například ve směnném provozu, je vhodné použití polohovatelné desky stolu tak, aby každý zaměstnanec měl ideální výšku [18].

### Pracovní židle

V části o pracovních polohách bylo uvedeno, že výhodnější je pro pracovníka poloha v sedě. Tato skutečnost vyžaduje správnou pracovní židli tak, aby pracovník mohl

svou činnost vykonávat kvalitně. Sedadla se mohou rozdělit do dvou základních skupin, a to na pracovní a odpočinková. V této práci budou nadále brána v úvahu pouze sedadla pracovní [12].

Co se týká samotné konstrukce pracovní židle musí být navržena tak, aby ideálně vyhovovala proporcím pracovníka, který ji bude používat. Pokud bude židle využívána více pracovníky, je nezbytně nutné, aby měla možnost nastavitelných parametrů pro přizpůsobení se jiným fyzickým proporcím. Na obrázku číslo 14 jsou zobrazeny základní možnosti nastavení, které by měla taková židle splňovat [18].



Obrázek 14 - Možnosti polohování pracovní židle

Zdroj: [18]

Z pohledu nastavitelných parametrů se z ergonomického hlediska řeší především výška sedadla, která vychází z anatomie člověka konkrétně z délky holeně. Pro návrh správné výšky platí, že výška podkolení jamky je výše než přední hrana sedáku. Dále se řeší nastavení sklonu sedáku, který by měl být ideálně v rovnoběžné poloze se stehenní kostí, případně může být přední hrana nakloněna až o 5° stupňů výše. Dále by měl sedák podírat celou stehenní část tak, aby měl pracovník dobrou stabilitu a správnou oporu [18].

Lepší pracovní židle neboli ergonomické pracovní židle mohou být vybaveny ještě opěrkami beder, zad, šíje případně područkami. U těchto dalších nastavitelných faktorů platí, že čím dokonaleji si je pracovník může přizpůsobit, tím je to lepší pro jeho pracovní pohodu, výkonnost a zamezuje to zdravotním problémům z důvodu nesprávného držení těla [18].

### Vybavení pracoviště

Kromě výše zmíněné pracovní židle, potřebuje člověk pro výkon svého povolání, dle vykonávané činnosti, další pracovní vybavení. Toto další vybavení a jeho ergonomie také ovlivňují celkovou pohodu člověka na daném pracovišti. Mezi vybavení patří nástroje, nářadí a další pomůcky, kromě toho jsou to další pomocná zařízení.

Mezi další pomocná zařízení řadíme například řídicí techniku, manipulační techniku (jeřáby, pomocná zdvihadla), skladovací vybavení (palety, bedny, regály), vybavení pro



uložení pracovních i osobních věcí nebo například sociální výbavu (lednička, klimatizace) případně bezpečnostní techniku (hasící přístroj, lékárnička). Veškerá výše zmíněná výbava se volí s ohledem na to, kdo ji bude používat a aby pro něj byla co nejužitečnější [12].

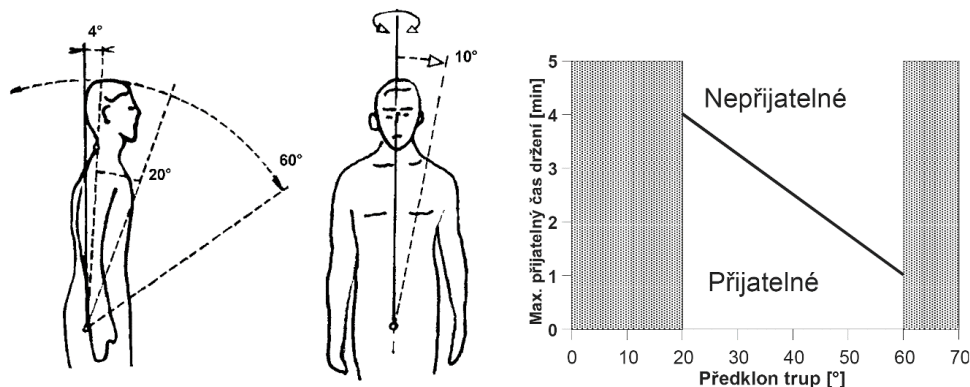
Pokud se podíváme na vybavení náradím a pomůckami, nezáleží zásadně na tom, zda náradí navrhujeme a necháváme vyrábět nebo zda náradí kupujeme. Důležité je, ale dodržet nějaké základní pravidla a požadavky vztahující se na tvar a rozměry, hmotnost, bezpečnost, materiál a jakost a v některých případech estetiku daného nástroje. Z pohledu tvaru a rozměrů se snažíme vyřešit a dokonale uzpůsobit fyziologii člověka, především úchopovou část. Při správném tvaru a rozměrech předejdeme problémům s otlaky a puchýři a tím zlepšíme produktivitu a pohodu pracovníka. Lepší je také využívat nástroje s pomocnými pohony (elektrickými, hydraulickými), které snižují nároky na fyzickou zátěž pracovníka. Z pohledu hmotnosti se snažíme používat nástroje co nejlehčí, případně tak, aby měly těžiště co nejbližší k tělu pracovníka. Jak lze vidět, záleží i na maličkostech a je potřeba tedy řešit každý detail v ergonomii tak, aby byl pracovník co nejefektivnější a nebyl ergonomií při práci brzděn [12].

### 3.4.4 Ergonomie z pohledu zdraví – pohybové ústrojí

V poslední kapitole věnované ergonomickým zásadám je popsán vliv ergonomie na jednotlivé části pohybového ústrojí. Zároveň jsou zde popsány základní parametry, které by se pro konkrétní části pohybového ústrojí měly dodržovat.

#### Trup

V této části je graficky shrnuto, jaké jsou možné a doporučené úhly předklonů, záklonů nebo úklonů při práci. Ideální je samozřejmě pracovat ve vzpřímené poloze, pokud to ale není možné, jsou daná různá omezení.



Obrázek 15 - Polohy trupu

Zdroj: [5]

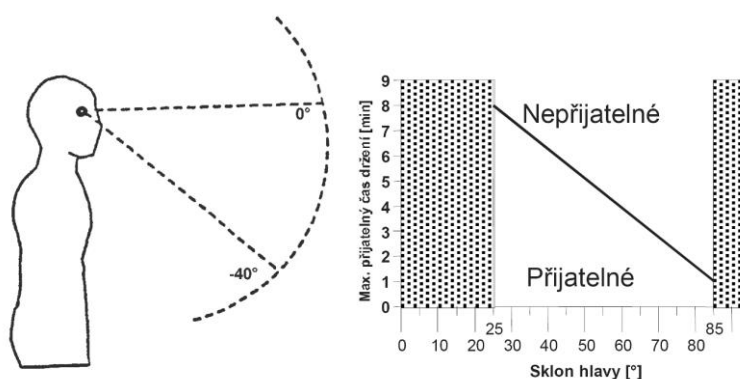
V tabulce číslo 4 níže jsou uvedeny základní polohy trupu při nepřijatelné a podmíněně přijatelné poloze. U polohy trupu také závisí na tom, zda je trup namáhán staticky nebo dynamicky, což je v tabulce zohledněno. Statické namáhání znamená polohu, která je udržována po dobu delší než 4 sekundy, což je dáno normou a platí to i pro další polohy (hlava, krk, končetiny). Podmínky uvedené v tabulce mohou mít další podmínky, typicky jsou to časová omezení, omezení v podobě pouze části směny v dané poloze nebo například pokud je použita opora trupu [5].

Tabulka 4 - Základní polohy trupu při práci [5]

Přijatelnost poloh	Statická poloha trupu	Dynamická poloha trupu
<b>Nepřijatelná poloha</b>	Předklon větší než 60°	Předklon větší než 60° (při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2/min)
	Záklon bez opory celého těla	Záklon (při frekvenci větší nebo rovné 2/min)
	Úklon či pootočení o více než 20°	Úklon či pootočení o více než 20° (při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2/min)
<b>Podmíněně přijatelná poloha</b>	Předklon 40 až 60° bez opory trupu	Předklon větší než 60° (při frekvenci pohybů menší než 2/min)
	Záklon trupu s oporou těla	Záklon (při frekvenci pohybů menší než 2/min)
	Úklon či rotace mezi 10 až 20°	Úklon do stran větší než 20° (při frekvenci pohybů menší než 2/min)

### Hlava a krk

V této části jsou shrnuty doporučené polohy hlavy a krku, které jsou důležité pro vyhnutí se základním zdravotním problémům. Na obrázku jsou uvedeny základní hodnoty sklonu hlavy.



Obrázek 16 - Poloha hlavy a krku

Zdroj: [5]

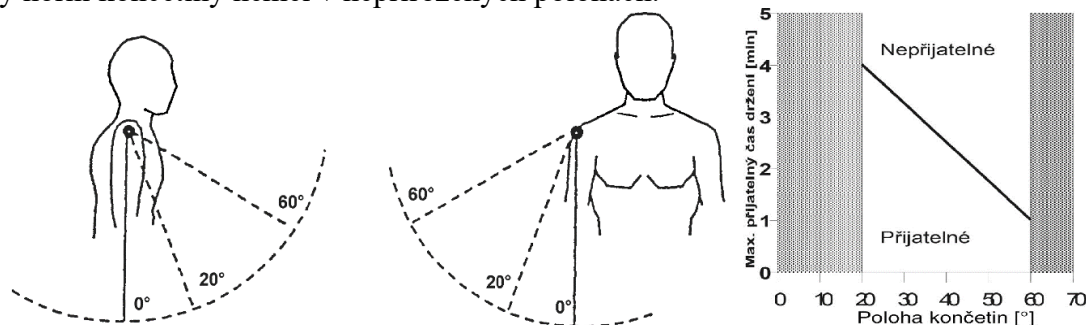
V tabulce číslo 5 jsou uvedeny základní podmínky pro nepřijatelnou a podmíněně přijatelnou polohu hlavy a krku při práci. Opět je zde rozdělení zohledňující dynamické a statické namáhání. Podmínky uvedené v tabulce mohou mít další omezení, typicky jsou to časová omezení nebo omezení v podobě pouze části směny v dané poloze [5].

Tabulka 5 - Základní polohy hlavy a krku při práci [5]

Přijatelnost poloh	Statická poloha hlavy	Dynamická poloha hlavy
<b>Nepřijatelná poloha</b>	Předklon větší než 25° bez podpory trupu	Předklon větší než 25° (při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2/min)
	Záklon bez opory celé hlavy	Záklon (při frekvenci větší nebo rovné 2/min)
	Úklon a rotace větší než 15°	Úklon a rotace větší než 15° (při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2/min)
<b>Podmíněně přijatelná poloha</b>	Předklon 25 až 40° s podporou celého trupu	Předklon větší než 25° (při frekvenci pohybů menší než 2/min)
		Záklon do 15° (při frekvenci pohybů menší než 2/min)
		Úklon a rotace hlavy do 15° (při frekvenci pohybů menší než 2/min)

### Horní končetiny

Dále jsou důležitou řešenou součástí lidského těla horní končetiny. Pro horní končetiny také platí základní pravidla, dle kterých by se pozice zaměstnance měla navrhovat, aby horní končetiny neměl v nepřírodných polohách.



Obrázek 17 - Poloha horních končetin

Zdroj: [5]

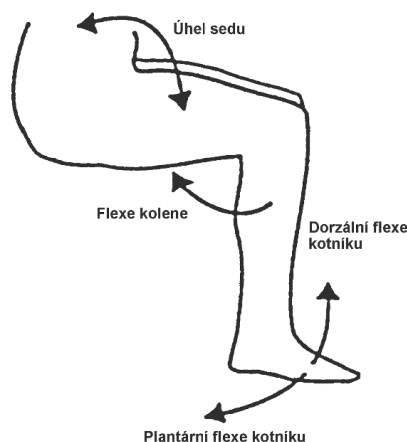
V tabulce číslo 6 jsou uvedeny nepřijatelné a podmíněně přijatelné polohy horních končetin v závislosti na tom, zda je pohyb statický nebo dynamický. Podmínky uvedené v tabulce mohou mít další omezení typicky jsou to časová omezení nebo omezení v podobě povolené pouze části směny v dané poloze [5].

Tabulka 6 - Základní polohy horních končetin při práci [5]

Přijatelnost poloh	Statická poloha	Dynamická poloha
Nepřijatelná poloha	Nevhodná poloha paže (např. zpětné ohnutí)	Zapažení (při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2/min)
	Vzpažení paže větší než 60°	Vzpažení větší než 60° (při frekvenci pohybu větší nebo rovné 2/min)
	Extrémní polohy kloubů	Polohy kloubů blížíci se maximu (při frekvenci pohybů větší nebo rovné 2/min)
Podmíněně přijatelná poloha	Vzpažení 40 až 60° bez podepření paže	Vzpažení 40 až 60° (při frekvenci pohybu větší nebo rovné 2/min)
		Zapažení (při frekvenci pohybů menší než 2/min)
		Polohy kloubů blížíci se maximu (při frekvenci pohybů menší než 2/min)

### Dolní končetiny

Pokud se zaměříme na dolní končetiny, nejsou již dle zákona přesně definované úhlové rozměry částí nohou a jejich natočení. Z pohledu zákona se na dolní končetiny v nepřijatelných a podmíněně přijatelných polohách nahlíží tak, aby byly eliminovány krajní polohy kolena, kotníku a kloubů. Tyto části nesmějí být extrémně namáhány a nesmí docházet k nějakým nestandardním polohám. Tyto parametry jsou opět řešeny, jak v dynamickém, tak statickém provedení. Pro dynamické pohyby opět platí podmínka frekvence pohybů nižší než 2/min. Zároveň u podmíněně přijatelných poloh se opět řeší i délka nestandardního zatížení, která nesmí u stroje překročit více jak 4 hodiny. Na obrázku číslo 18 jsou uvedeny základní řešené problémy dolních končetin (úhel sedu, koleno a kotník) [5].



Obrázek 18 - Poloha dolních končetin

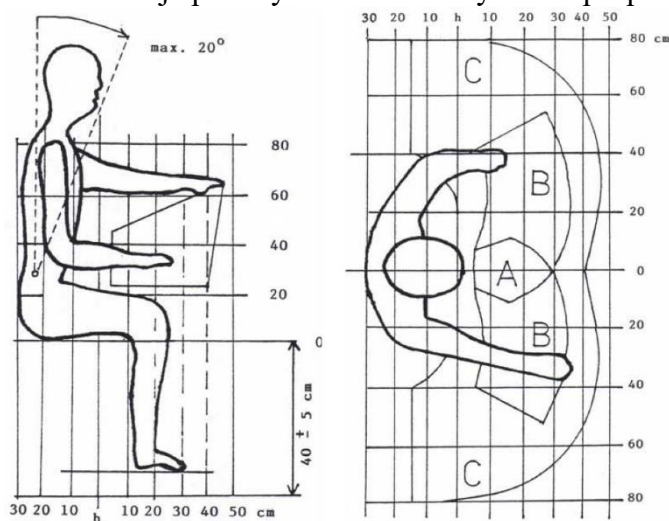
Zdroj: [5]

## Ostatní části těla

U ostatních částí těla se řeší podobná problematika jako u horních a dolních končetin. Ve vládním nařízení je opět výslovně zakázáno dosahování extrémních poloh kloubů a při dynamickém namáhání nesmějí pozice blízké se maximálnímu rozsahu kloubů, být ve frekvenci vyšší než 2/min. Do podmíněně přijatelných poloh jsou řazeny polohy vleže, vkleče a v dřepu, kdy tyto polohy nesmějí být vykonávány déle než 4 hodiny [5].

## Vykonávání pracovních pohybů

Výkon pracovních pohybů je komplexní činnost, která zahrnuje celou řadu svalových skupin, které je potřeba namáhat tak, aby nedošlo k jejich přetížení. Při využívání rukou je vhodné používat obě ruce a zatěžovat je stejnoměrně, z čehož vychází potřeba návrhu ergonomie pracoviště tak, aby pro pracovníka bylo vše v dosahu a nemusel se zbytečně přetěžovat. Na obrázku číslo 19 jsou vyobrazeny základní vzdálenosti, které je člověk schopný obsluhovat při práci v sedě tak, aby nebyly nadměrně namáhány jeho svalové skupiny. Ve stejném obrázku je také pohled shora na pracovní desku, kde jsou velkými písmeny vyznačeny oblasti dle toho, pro jak časté činnosti je vhodné využívat, tu kterou vzdálenost. Na obrázku číslo 20 je poté vyobrazen vhodný dosah při práci vstoje [18].



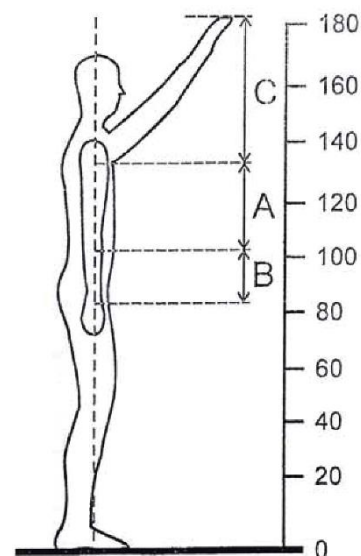
Obrázek 19 - Vhodný dosah horních končetin na pracovním stole vsedě

Zdroj: [5]

Rozdělení oblastí dle užívání (vysvětlivky k obrázku č. 19):

- **Oblast A** – Oblast vhodná pro častý a přesný pohyb.
- **Oblast B** – Oblast vhodná pro méně časté pohyby. Nedochozí ke změně pracovní polohy (pouze mírné předklony nebo pohyby do stran)
- **Oblast C** – Maximální dosah, není vhodné pro časté pohyby. Vhodné pro pomalé a výjimečné pohyby, dochází k pohybu trupu [5].

- **Oblast A** – Optimální dosah
- **Oblast B** – Přijatelný dosah
- **Oblast C** – Nepřijatelný dosah pro častý pohyb



Obrázek 20 - Vhodný dosah horních končetin při práci vstoje

Zdroj: [5]

### 3.4.5 Kategorizace pracovních provozů

Tato část práce je zaměřena na rozdělení prací a pracovních provozů do kategorií dle zákona č.258/2000 Sb. a dle vyhlášky č.432/2003 Sb. Budou zde uvedeny především zákonem ustanovené limitní hodnoty pro rizikové faktory. Tato část bude sloužit jako teoretický podklad, ke kterému se následně vyjádřím v praktické části z pohledu návrhu konkrétního pracoviště, aby bylo ukázáno, které kategorie jsou při návrhu daného pracoviště relevantní. Práce volně navazuje na již zmíněné ergonomické zásady.

Kategorizace je důležitá z pohledu zhodnocení, jaký vliv má daná práce na zdraví. Kategorizace zahrnuje skutečný fyzický stav pracovního prostředí a vymezuje, jak významně je ohroženo zdraví pracovníků.

#### Zařazování prací do kategorií dle zákona

Zdraví je významnou proměnou při vykonávání pracovní činnosti. Je nezbytné zabývat se všemi faktory, které v práci člověka ovlivňují a odlišit, jak jsou tyto faktory významné. Zaměstnanec je v práci často vystavován faktorům, se kterými by se v běžném životě nesetkal, případně v zanedbatelné míře. Pro ochranu zaměstnanců před škodlivými vlivy byla zákonem zavedena kategorizace, která udává, jakým a jak významným vlivům je pracovník vystaven.

Kategorizace prací je dána zákonem č.258/2000 Sb., který se zabývá ochranou zdraví člověka při práci. U těchto kategorií je definováno, jak jsou pro pracovníky rizikové, nejvyšší

riziko je u skupiny 1 a naopak nejvyšší riziko hrozí ve skupině 4. Kategorizace prací je dle zákona povinnost nejen zaměstnavatele, ale i samostatného pracovníka jako je např. OSVČ nebo ten, kdo pracuje spolu se svými rodinnými příslušníky. Zaměstnavatel, popřípadě ten kdo kategorii volí, má dle zákona tři možnosti:

- Zaměstnavatel určí, že pracovník vykonává práci třetí nebo čtvrté kategorie. Orgán ochrany veřejného zdraví poté rozhodne, zda tato práce do těchto kategorií spadá.
- Zaměstnavatel zvolí, že vykonávaná činnost spadá do kategorie číslo 2. Orgán ochrany veřejného zdraví poté rozhodne, zda tomu tak je a rozhodnutí akceptuje a eviduje nebo činnost zařadí do vyšší kategorie, případně ji vyhodnotí jako rizikovou.
- Činnosti, které nejsou zařazeny do žádné kategorie, jsou automaticky zařazeny do první kategorie bez povinnosti ohlašování. Orgán ochrany veřejného zdraví může ale po kontrole rozhodnout o přesunutí do vyšší kategorie [7].

### **Kategorie prací**

V této části práce jsou představeny konkrétní čtyři kategorie, které jsou dány vyhláškou č.432/2003 Sb., kde jsou upravovány další limity pro pracovní zátěž. Pracuje se s nimi v zákonech č.361/2007 Sb. nebo v již zmíněném zákoně o ochraně zdraví člověka při práci.

- **1. Kategorie** – Do této kategorie spadají práce, které dle současného vědění nemají nepříznivý stav na zdraví člověka. Do této kategorie se řadí například klasická kancelářská činnost.
- **2. Kategorie** – Řadíme sem takové práce, které mohou mít nepříznivý vliv na zdraví člověka, ale jen ve výjimečných případech, a to především u citlivých jedinců. Jsou to činnosti, při kterých nejsou překračovány hygienické limity.
- **3. Kategorie** – Kategorie, při které jsou mírně překračovány hygienické limity. Při vykonávání práce zařazené do této kategorie jsou nezbytné ochranné pracovní prostředky, organizační a další ochranná opatření, která snižují expozici nepříznivých faktorů na zdraví člověka. Při pracích v těchto kategoriích jsou statisticky vyšší počty nemocí z povolání.

- **4. Kategorie** – Do čtvrté kategorie spadají pracovní činnosti, které jsou vysoce rizikové pro zdraví a toto riziko nelze vyloučit ani při použití dostupných ochranných pomůcek [6].

O určení kategorie rozhoduje výsledně orgán ochrany veřejného zdraví. Třetí a čtvrtá kategorie spadají automaticky do kategorie rizikových prací. Do kategorie rizikových prací může být na základě rozhodnutí orgánu ochrany veřejného zdraví zařazena i pracovní činnost fakticky umístěná ve druhé kategorii. Pokud je práce taková, že je více jevů ohrožujících zdraví člověka, zařazuje se do kategorie vždy podle nejméně příznivého faktoru [6].

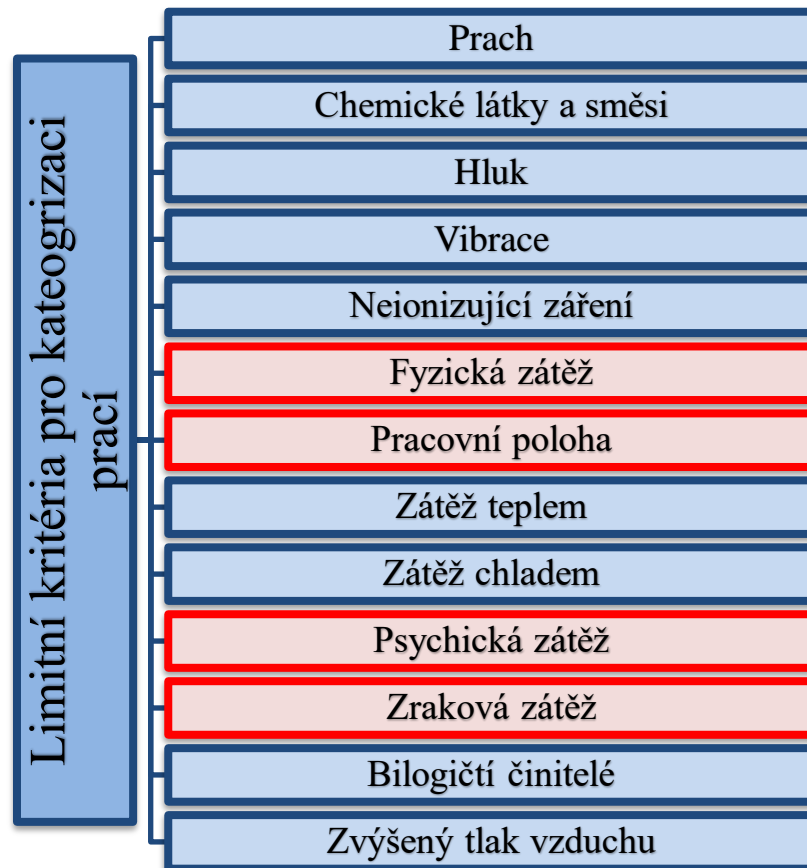
### **Významná kritéria a jejich limity pro kategorizaci prací**

Kritéria jsou uvedena i s limitními hodnotami ve vyhlášce č.432/2003 Sb., přičemž tato vyhláška slouží jako hlavní legislativní podklad pro kategorizování prací. V této části bych rád uvedl hlavní kritéria, která jsou významná pro návrh optimalizace ergonomického pracoviště ve výrobní společnosti a nejvýznamnější limity, které jsou uvedeny níže. Kritéria se prolínají již s výše uvedenými ergonomickými zásadami, z tohoto důvodu zde nejsou uvedeny podrobné informace o těchto rizikových faktorech, ale pouze základní informace a limity určující přiřazení kategorie dle zákona.

Mezi významná kritéria, která jsou uvedena ve vyhlášce, patří: prach, chemické látky a směsi, hluk, vibrace, neionizující záření, fyzická zátěž, pracovní poloha, zátěž teplem/chladem, psychická zátěž, zraková zátěž, biologičtí činitelé a práce ve zvýšeném tlaku vzduch [6].

Na obrázku číslo 21 je poté znázorněna kompletní strukturalizace těchto ovlivňujících kritérií. Tato kritéria jsou níže podrobně popsána. V tomto obrázku jsou zároveň vyznačeny kategorie, které jsou stěžejní pro návrh pracoviště uzavírání drážek. K těmto kategoriím se poté vyjádřím v kapitole zabývající se analýzou současného pracoviště.





Obrázek 21 - Limity pro kategorizaci prací

Zdroj: Vlastní zpracování, [6]

### Limity pro dané kategorie dle vyhlášky č.432/2003 Sb.

- **Prach** – Vyjadřuje se pomocí přípustného expozičního limitu (PEL), který má jednotku [ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ] případně dle druhu prachu [počet vláken. $\text{m}^{-3}$ ]. Pokud společnost funguje v jiném než pěti denním režimu po osmi hodinových směnách, určí se limit z týdenního průměru tak, že při směně nesmí být limit PEL překročen více než 3x.
  - **2. Kategorie** – Pracovníci jsou vystaveni při směně koncentraci prachu v průměru více než 30% hodnoty PEL, ale hodnota PEL není překročena.
  - **3. Kategorie** – Pracovníci jsou vystaveni při směně koncentraci prachu v průměru větší, než je hodnota PEL, ale hodnota PEL není překročena více než 3x.
  - **4. Kategorie** – Koncentrace prachu je větší než ve třetí kategorii.
- **Chemické látky a směsi** – Zařazení do kategorií probíhá dle koncentrace látek v ovzduší v dýchací zóně člověka. Koncentrace se porovnává s kritickými

hodnotami uvedenými ve vyhlášce č.432/2003 Sb., dále se řeší prostupnost látek do organismu i pomocí jiných cest než jen pomocí dýchacího ústrojí. V případě karcinogenních, mutagenních nebo toxických látek se postupuje při zařazování do kategorií individuálně dle konkrétní použité látky. Při použití chemických látek, které nemají uvedené nejvyšší přístupné koncentrace se zařazování do daných kategorií opět řeší individuálně.

- **Hluk** – U určování limitních hodnot hluku při kategorizaci se vychází z měření hladin akustického hluku stanovených s kmitočtovým vážením A, při impulsním hluku se určují hladiny akustického hluku kmitočtovým vážením C. Vysokofrekvenční hluk, ultrazvuk nebo infrazvuk se pro účely kategorizace prací nehodnotí. Pokud společnost funguje v jiném než pěti denním režimu po osmi hodinových směnách, určuje se limitní faktor dle průměrných hodnot, dle zákona č.272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
  - **2. Kategorie** – Práce, kde je člověk vystaven hluku 80-84,9 dB, dle kmitočtového vážení typu A (ustálený nebo proměnný hluk). Impulsní hluk, dle kmitočtového vážení C je v rozmezí 130-139,9 dB.
  - **3. Kategorie** – Práce, kde je člověk vystaven hluku 85-105 dB, dle kmitočtového vážení typu A (ustálený nebo proměnný hluk). Impulsní hluk, dle kmitočtového vážení C je v rozmezí 140-150 dB.
  - **4. Kategorie** – Práce, kde jsou hodnoty vyšší než u třetí kategorie.
- **Vibrace** – Pokud společnost funguje v jiném než pěti denním režimu po osmi hodinových směnách, určuje se limitní faktor dle průměrných hodnot, dle zákona č.272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
  - **2. Kategorie** – Vibrace přenášené na ruce jejichž průměrná souhrnná hladina zrychlení je v rozmezí 118-127,9 dB. Celkové horizontální nebo vertikální vibrace jejichž průměrná souhrnná hladina zrychlení je 104-113,9 dB. Do této kategorie mohou být zařazeny také vibrace, které překračují u dílčích operací 128 respektive 114 dB, ale v průměrné osmihodinové směně nepřekračují limit. V druhé kategorii jsou také dílčí činnosti vykonávané nepravidelně jen v některých pracovních dnech a nepřekračující více než 20 minut v osmihodinové směně a jejich hodnota není vyšší než 145 dB.

- **3. Kategorie** – V této kategorii je vibrace přenášená na ruce, jejíž průměrná souhrnná hladina zrychlení je v rozmezí 128-134 dB. Celkové horizontální nebo vertikální vibrace jejichž průměrná souhrnná hladina zrychlení je 114-120 dB.
- **4. Kategorie** – Práce, kde jsou hodnoty vyšší než u třetí kategorie.
- **Neionizující záření** – Lze zařadit pouze do třetí kategorie, pokud se vyskytuje na pracovišti.
  - **3. Kategorie** – Práce, při níž je člověk vystaven neionizujícímu záření včetně laserů.
- **Fyzická zátěž** – Zabývá se fyzickými parametry při práci.
  - **2. Kategorie** – Práce vykonávána dynamicky, velkými svalovými skupinami při níž: celosměnový energetický výdej u mužů je 4,5-6,8 MJ a u žen 3,4-4,5 MJ a minutový energetický výdej se pohybuje v rozmezí 400-575 W (24,1-34,5 kJ.min) u mužů a 240-395 W (14,5-23,7 kJ.min) u žen. Dále je při práci srdeční frekvence u mužů i žen 92-102 tepů.min<sup>-1</sup> a ani krátkodobě nepřekročí 150 tepů.min<sup>-1</sup>.

Dále sem patří činnosti vykonávané malými svalovými skupinami, při převaze dynamické složky, při kterých za celou směnu je vynakládána síla 15-30 %  $F_{max}$ , případně se vyskytují krátkodobé činnosti vyžadující 55-70 %  $F_{max}$ , které ale nejsou vyžadovány déle než 600krát za průměrnou směnu. Případně lze v této kategorii začlenit i výdej přes 70 %  $F_{max}$ , který ale není pravidelnou součástí pracovní náplně. Při jemné motorice vykonávané skupinami rukou a prstů je limit 110-90 pohybů za minutu při zapojení svalových sil 3 respektive 6 %  $F_{max}$ . Při tomto namáhání nesmí zároveň počet pohybů překročit 40 000 pro 3 %  $F_{max}$  a 32 000 pohybů pro 6 %  $F_{max}$ , za průměrnou směnu.

Poté je v této kategorii činnost vykonávána malými svalovými skupinami při převaze statické složky. Svalová síla se pohybuje při těchto činnostech mezi 6–10 %  $F_{max}$ . Krátkodobě lze začlenit výdej přes 45 %  $F_{max}$ , který ale není pravidelnou součástí pracovní náplně.

Poslední součást kategorizace jsou limitní hodnoty pro manipulace s břemeny. U mužů jsou hodnoty pro občasnou manipulaci 30-50 kg a při pravidelné manipulaci 15-30 kg. Za směnu je součet vyšší než 7 000 kg,

ale nepřekračuje 10 000 kg. U žen jsou limity 15-20 kg, respektive pro pravidelnou manipulaci 5-15 kg. Průměrný součet za směnu je vyšší než 4 500 kg, ale nižší než 6 500 kg.

- **3. Kategorie** – Do této kategorie jsou zařazovány pracovní činnosti překračující hodnoty uvedené v druhé kategorii.
- **Pracovní poloha** – Určuje limity pro podmíněně přijatelné a nepřijatelné polohy.
  - **2. Kategorie** – Do druhé kategorie jsou zařazeny činnosti, při jejichž výkonu člověk pracuje vstoje nebo vsedě, případně tyto polohy střídá a zároveň při těchto činnostech vykonává práci v podmíněně přijatelné poloze po dobu 100-160 minut za průměrnou směnu, případně celková doba práce v nepřijatelné poloze za směnu je v rozmezí 20-30 minut.
  - **3. Kategorie** – Do třetí kategorie spadají činnosti překračující limity ve druhé kategorii.
- **Zátěž teplem** – Určuje se dle limitních hodnot uvedených v zákoně č.361/2007 Sb., kdy konkrétní krajní hodnoty jsou určovány pro každý kalendářní rok právním předpisem.
  - **2. Kategorie** – Pracovní činnost vykonávána na venkovním nebo nevenkovním pracovišti, kde je člověk vystaven vyšší tepelné zátěži, než je zákonem daná teplota, ale zároveň není zátěž tak vysoká, aby vyžadovala ochranu zdraví člověka.
  - **3. Kategorie** – Pracovní činnost vykonávána na venkovním nebo nevenkovním pracovišti, kde je člověk vystaven vyšší tepelné zátěži, než je zákonem daná teplota a je nutné ho chránit bezpečnostními opatřeními.
  - **4. Kategorie** – V této kategorii je teplotní zátěž vyšší než stanovená zákonem a nelze pracovníka dostatečně chránit ani při dodržení bezpečnostních opatření.
- **Zátěž chladem** – Určuje zátěž chladem na pracovišti.
  - **2. Kategorie** – Práce vykonávaná na venkovním pracovišti, kdy teplota je vyšší než +4 °C nebo na pracovišti, kde tuto teplotu vyžadují okolnosti pro ochranu výrobku nebo produktu. Do této kategorie je řazena také práce, při které dochází ke střídání pobytu v teple a chladu (např. chladírny).

- **3. Kategorie** – Pracovní činnost vykonávaná po dobu delší než 4 hodiny ve směně v podmínkách, kde teplota je nižší než +4 °C.
- **Psychická zátěž** – Zátěž vztažená na výkon psychicky náročné činnosti po dobu delší než 4 hodiny ze směny.
  - **2. Kategorie** – Práce ve vynuceném tempu, nebo práce která je monotónní případně práce vykonávána v třísměnném nebo nepřetržitém provozu.
  - **3. Kategorie** – Práce, kdy je člověk vystaven všem faktorům uvedeným v druhé kategorii, případně práce vykonávána pouze v noci.
- **Zraková zátěž** – Práce, kdy člověk nadměrně zatěžuje zrak po dobu delší než 4 hodiny během směny.
  - **2. Kategorie** – Práce, při které člověk pracuje se zařízeními neustále monitorujícími pracovní proces, případně kontroluje výrobu a výrobky pomocí obrazovkových terminálů. Dále jsou to činnosti, kdy je člověk nucen rozlišovat jemné detaily případně pracuje v prostředí s nevhodnými světelnými podmínkami. V druhém případě jde o činnost vykonávanou pod zvláštním druhem osvětlení nebo o činnost vykonávanou při umělém nebo sdruženém osvětlení, kdy je potřeba rozlišovat barvy, odstíny nebo detaily.
  - **3. Kategorie** – Práce, při které je člověk neodstranitelně oslňován, může pracovat pouze pomocí zvětšovacího přístroje nebo je exponován aspoň dvěma faktory uvedenými v druhé kategorii.
- **Biologičtí činitelé** – Práce s biologickými činiteli skupin 2 až 4.
  - **2. Kategorie** – Činnost, při které dochází k nevědomému a nepravdělnému styku s biologickými činiteli skupin 2 až 4.
  - **3. Kategorie** – Práce, kde člověk běžně pracuje s biologickými činiteli 2 a 3 skupiny.
  - **4. Kategorie** – Práce, při které člověk vědomě pracuje s biologickými činiteli skupiny 4.
- **Práce ve zvýšeném tlaku vzduchu**
  - **2. Kategorie** – Práce, při které člověk pracuje při zvýšeném tlaku do 100 kPa, což odpovídá hloubce 10 metrů při práci pod hladinou.

- **3. Kategorie** – Práce, při které člověk pracuje při zvýšeném tlaku od 100 do 400 kPa, což odpovídá hloubce 10–40 metrů při práci pod hladinou.
- **4. Kategorie** – Práce, při které člověk pracuje při zvýšeném tlaku na 400 kPa, což odpovídá hloubce 40 a více metrů při práci pod hladinou [6].

V této části práce jsou uvedeny základní kritické faktory a limity, které rozhodují o kategorii, do které spadá vykonávaná pracovní činnost. Je důležité si uvědomit, že člověk může být na pracovišti ovlivňován mnoha vlivy a některé z nich mohou překračovat běžné meze a je proto důležité ovlivňující faktory sledovat a průběžně analyzovat. V praktické části práce se vyjádřím ke kategoriím, které jsou relevantní pro optimalizované pracoviště.

### **3.4.6 Kritéria hodnocení ergonomického systému**

Ergonomický systém se dá hodnotit dle mnoha kritérií. Uvedená kritéria jsou vybraná pro určitý ergonomický systém. Kritéria se mohou lišit, dle toho, co vše nám ovlivňuje daný systém a kolik máme vstupů a vnějších vlivů.

#### **1. Efektivita systému**

Určí se jako objem přidané hodnoty vůči časové jednotce. Zaměřujeme se tu na dvě zásadní položky. Za prvé, jak se nám daří zachovat produktivitu a zároveň, tím snížit psychické a fyzické nároky na pracovníka. Za druhé se snažíme zvýšit efektivitu bez toho, aniž bychom pracovníka více zatížili.

#### **2. Spolehlivost systému**

Systém lze hodnotit jako spolehlivý, když je splněn úkol včas a bez chyby. Tato položka se matematicky vyjadřuje pravděpodobnostním vztahem.

#### **3. Ekonomičnost systému**

V dnešní době velmi významná položka systému, mnohokrát rozhodující. Hodnotí se jako potřeba finančních nákladů vůči jednotce produkce z počátečních a provozních nákladů. Dá se také hodnotit dle návratnosti vložených financí v čase.

#### **4. Estetičnost systému**

Významný faktor, který se ale složitě hodnotí. Každý výrobce a designér má svůj cit a snaží se výrobek navrhnout tak, aby se co nejvíce líbil. Tvůrce součásti využívá tvarů, velikosti, rozložení proporcí nebo zapojení dominant výrobku, ale přesto se ne každý výrobek musí nutně líbit každému.

## **5. Namáhavost psychická a fyzická**

Hodnotí se ovlivňující faktory působící na pracovníka, a to spotřebovanou energií a psychickou zátěží za určitý časový úsek.

## **6. Nebezpečnost a hygiena**

Hodnotí se, jaké je riziko ohrožení zdraví případně riziko onemocnění v daném systému.

## **7. Ergonomičnost systému**

Jedná se o komplexní ukazatel, který ukazuje celkovou ergonomickou úroveň systému. Jsou dva hlavní aspekty, které o celkové úspěšnosti rozhodují:

### **a. Ekonomické aspekty**

Ekonomické úspěšnosti se dosahuje pomocí snížení pracovní doby, po kterou je vykonávána činnost. Dále pomocí zvýšení produktivity, díky lepší ergonomii, prostředí i samotnému pracovníkovi, který není ovlivňován negativními vlivy, rizikem zranění nebo nemocí.

### **b. Sociální aspekty**

Tato oblast se vyjadřuje nepřímými ukazateli, které nejsme schopni finančně vyčíslit. Do této oblasti spadá především spokojený pracovník, který je spokojen se svým pracovním vytížením, se svým zdravotním stavem, ale také například s rodinným životem. Všechny tyto aspekty se poté pozitivně podepisují na výkonnosti [12].

Pokud se podíváme na shrnutí ideálních kritérií pro průmyslového inženýra, zabývajícího se vyhodnocením ergonomického systému, jsou to kritéria, která se dají přímo úměrně vyjádřit ve financích. V ergonomii, ale nelze vyjádřit všechny aspekty pouze s ohledem na finanční zisk, proto je také nutné spoléhat se i na svůj pocit a důvěru. Ve vyspělé společnosti lze zhodnocovat vložené prostředky i díky samotné spokojenosti vlastních pracovníků, kteří nám je, i když nepočitatelně vrátí [12].

Tato rozsáhlá rešeršní část práce se teoreticky věnovala základním poznatkům o průmyslovém inženýrství a o důležitých pojmech spojených se štíhlou výrobou, podnikem a plýtváním. Dále byla v této kapitole představena metoda 5S. Tato část se věnovala její historii, funkčnosti a základním principům. Metoda je velmi významná z pohledu návrhu optimalizace pracovišť. Tato metoda byla vybrána, protože její prvky byly využity při

návrhu optimalizace daného pracoviště, přestože není celé pracoviště navrženo v komplexním standardu metody 5S. Dále jsou v této části uvedeny základní informace o ergonomii, o ergonomických zásadách a principech a v neposlední řadě také informace k tomu, jak lze vyhodnotit navržený ergonomický systém. Ergonomie je zásadním prvkem, který je nutné řešit při návrhu pracoviště, a proto ji byla věnována vysoká pozornost. Tato část práce bude sloužit jako teoretický podklad k další části, ve které se již budu věnovat praktické implementaci výše zmíněných poznatků na konkrétní pracoviště v dané společnosti.



## 4 Analýza současného stavu pracoviště

Tato část práce je věnována již konkrétním poznatkům a implementaci výše uvedených teoretických informací do praxe. Výstup práce spočívá v optimalizaci a v novém komplexním řešení montážního pracoviště. Tato část je vyhotovena ve spolupráci se společností SOPO, která byla představena v úvodu této práce. V následujících odstavcích nejprve zanalyzují stávající pracoviště a použité pomůcky z pohledu ergonomie. Následně budou navrhovat nové ergonomické pracoviště a optimalizovat výrobní přípravky pro zlepšení výrobního procesu. V poslední kapitole této části práce se zaměřím na technickoekonomické zhodnocení celého projektu.

Pro tuto diplomovou práci je předmětem optimalizace pracoviště uzavírání drážek ve společnosti SOPO. Jedná se o samostatné montážní pracoviště, kde pracuje jeden pracovník. Pracoviště není součástí automatické linky. Reálnou představu o nynějším pracovišti získáme z obrázku číslo 22, kde je zachyceno pracoviště v průběhu přestávky během směny. V této části práce jsou použity citlivé informace a část z nich není detailně vyobrazena z důvodu ochrany duševního vlastnictví skupiny SOPO.



Obrázek 22 - Původní pracoviště

Zdroj: [24]

## 4.1 Pracoviště uzavírání drážek

Na tomto pracovišti zaměstnanec provádí několik po sobě jdoucích a opakujících se úkonů, které jsou zdánlivě na pohled jednoduché, ale z ergonomického hlediska náročné. Pro lepší představu o rozložení pracoviště, logistiky polotovarů a odvozu hotových výrobků jsem vyhotovil 3D model uvedeného pracoviště, který je na obrázku číslo 23.



*Obrázek 23 - 3D model původního pracoviště*

Montážní proces pracovníků v současné době probíhá tak, že jim je nejprve dopraven vozík s držákem rotorů, které jsou určeny k úpravě. Pracovník následně odebere rotor umístěný v pravé polovině držáku a umístí ho do přípravku, kde ho aretuje. Následně pomocí speciálně upraveného nože s vidlicí je ořezána izolace po celém obvodu rotoru. Poté dojde k výměně nástroje, kdy je opět použit upravený nůž, který má tupou špičku. Po ořezání izolace zůstanou hrany ohnuté směrem ven. Pomocí uvedeného nástroje se tyto hrany ohnou do mezery. Posledním úkonem je protažení pásky do uvedených mezer. Pracovník musí nejprve nůžkami nastříhnout pásku a zúžit ji pro snadné natažení, následně ji protáhne drážkou a na konci ustříhne. Takto upravený rotor vrátí zpátky do levé části držáku na vozíku. Tyto operace i s časovými údaji jsou uvedeny v tabulce číslo 7.

Tabulka 7 - Proces uzavírání drážek

Proces uzavírání drážek		
Údaje o operacích		
Úsek	Čas [s]	Popis
1	4	Uchopení a upnutí výrobku
2	20	Odříznutí izolace (povrch)
3	27	Ohýbání krajů izolace
4	100	Páskování (izolace)
5	4	Vyjmutí a odnos hotového výrobku
<b>Suma</b>	<b>155</b>	

V této kapitole je představeno pracoviště uzavírání drážek. Bylo zde popsáno, jaké činnosti jsou na pracovišti vykonávány. Dále byly rozvrženy a popsány konkrétní prováděné operace a byl změřen čas potřebný k jejich vykonání. Nyní již můžeme přejít k samotnému zhodnocení a nedostatkům tohoto pracoviště.

## 4.2 Ergonomie pracoviště a použitých nástrojů

V první části této kapitoly se zaměřím na celkovou ergonomii pracoviště. Rozepíši základní nedostatky pracoviště a zároveň provedu zařazení do příslušných kategorií dle rizikových faktorů. Následně se v této kapitole podrobně zaměřím na popis každé operace v postupu. Ke každé operaci jsou uvedeny počty provedených pohybů horních končetin a problémy s ergonomií. Zároveň jsou pro všechny operace uvedeny použité nástroje a jejich ergonomické nedostatky. Na obrázku číslo 24 jsou uvedeny ergonomické nedostatky, které ovlivňují hodnocené pracoviště.



Obrázek 24 – Ergonomické nedostatky původního pracoviště

Tyto nedostatky jsou podrobně rozebrány v následujících odstavcích.

#### 4.2.1 Ergonomické nedostatky pracoviště

Pokud se podíváme na současné pracoviště jako celek, z mnoha pohledů neplní ergonomické zásady, jejichž teoretický podklad je uvedeno v první polovině této diplomové práce.

1. **Osvětlení a zrak** – Na pracovišti je využíváno sdruženého osvětlení. Slunné dny poskytují při dnešním umístění pracoviště dostatečný přísun světla. Ergonomických nedostatků pracoviště v této oblasti je více. Prvním z nich je nemožnost světlo regulovat, jelikož okna jsou umístěna v horní části místnosti a za určitých podmínek mohou pracovníka oslňovat při práci. Dalším nedostatkem je nevhodně umístěná lampička pro případy, kdy je potřeba využít umělého osvětlení. Vzhledem k tomu, že na pracovišti se provádí i úkony vyžadující preciznost a jemnou motoriku (např. izolace páskováním), jsou zde i vyšší nároky na intenzitu světla. Lampička je umístěna tak, že ji nelze ovládat z pracovní polohy, ale je nutné se z pracovního místa zvedat.

Jako rizikový faktor pro tuto ergonomickou zásadu je zraková zátěž. Zaměstnanec na tomto pracovišti pracuje během směny pod sdruženým osvětlením a potřebuje

rozlišovat detaily. Z tohoto důvodu bych zřakovou zátěž pracovníka zařadil do 2. kategorie.

- 2. Fyzická zátěž** – Z pohledu fyzické zátěže je pracovník vystavován negativním vlivům. Jeho fyzická zátěž spadá do kategorie mírné až velké zátěže. Zaměstnanec je na tomto pracovišti vystaven, jak statické, tak dynamické zátěži. Do horší statické zátěže můžeme zařadit sezení na židli po celou dobu směny. Ideální z pohledu zátěže není ani držení nožového nástroje při odstraňování izolace. Dynamicky je namáhán zaměstnanec především při páskování, kdy lze tuto zátěž horních končetin zařadit do kategorie lokální zátěže.

Z pohledu rizikového faktoru fyzické zátěže je nutné zařadit zátěž na tomto pracovišti do třetí kategorie. Hlavní faktorem, který rozhodl pro zařazení do třetí kategorie, je vykonávání jemné motoriky pomocí svalových skupin rukou a prstů, kdy při běžné osmihodinové směně ve společnosti SOPO, udělá pracovník skoro 48 000 pohybů, kdy námaha na pravé ruce dosahuje hodnoty 8,8 % a na levé ruce 7,9 %  $F_{max}$ . Hodnoty  $F_{max}$  byly stanoveny na základě autorizovaného měření a byly poskytnuty společností SOPO. Tyto hodnoty násobně překračují limity uvedené v nařízení vlády č. 361/2007, kdy pro 8 % zátěž  $F_{max}$  je limit 24 300 pohybů za směnu, pro 9 %  $F_{max}$  je průměrný počet pohybů na směnu pouze 21 800. Konkrétní počty pohybů pro jednotlivé operace budou uvedeny v následující kapitole.

- 3. Psychická zátěž** – Na tomto pracovišti nejsou přehnané nároky na psychickou zátěž. Přesto jsou tu faktory, které psychiku pracovníka mohou ovlivnit. Těmito negativními faktory jsou především špatná ergonomie pracoviště a monotónnost vykonávané pracovní činnosti.

Z důvodu monotónnosti lze faktor psychické zátěže zařadit do 2. kategorie pracovních činností.

- 4. Pracovní poloha** – Z pohledu pracovní polohy je problematické sezení po celou dobu směny. Nutné je proto alespoň dodržovat bezpečnostní přestávky s protahováním. Poloha tedy není ideální a je označena jako podmíněně přijatelná. Dále jsou v tabulce číslo 8 vyznačeny další nevhodné pracovní polohy s jejich časovou expozicí, do kterých se pracovník při montáži dostává.

Tabulka 8 - Nevhodné pracovní polohy

Nevhodné pracovní polohy				
Poloha	Pravá horní končetina		Levá horní končetina	
	Čas na výrobek [s]	Čas na směnu [min]	Čas na výrobek [s]	Čas na směnu [min]
Abdukce ramene 60°	2	6,27	-	-
Extenze zápěstí více než 45°	46	144,13	-	-
Flexe zápěstí více než 45°	28	87,73	12	37,6
Rotace předloktí více než 60°	26	81,47	-	-

Z pohledu kategorizace spadá pracovní poloha horních končetin dle vyhlášky do 3. kategorie z důvodu nevhodných poloh pravého zápěstí, kdy extenze a flexe tohoto zápěstí je delší než 160 min ze směny. Do druhé kategorie by spadalo namáhání, pokud by se podařilo z pracovního procesu odstranit nadměrné namáhání pravého zápěstí a zůstala by práce v sedě a práce v podmíněně přijatelné poloze, kdy expozice jednotlivých nevhodných poloh není delší než 160 min ze směny.

5. **Pracovní rovina** – Samotný pracovní stůl je problematický z ergonomického hlediska, protože není výškově nastavitelný a z toho důvodu se hůře přizpůsobuje pozice různým pracovníkům. Zároveň je vidět na obrázku číslo 22 opotřebovaná přední přístupové zaoblené hrany, což také snižuje komfort pracovníka.
6. **Pracovní židle** – Patří do skupiny prvků, které jsou přijatelné, ale nejsou ideální. Pro sezení po celou dobu směny by bylo příhodnější, mít pracovní židli s více nastavitelnými parametry než jen výškové nastavení a nastavení sklonu sedáku. Ideální by byla nastavitelná židle pro širší rozsah pracovníků, a to především nastavitelná délka sedáku, pracovní židle s područkami a případně opěrkami zad, beder nebo šíje.
7. **Pohybové ústrojí** – Z pohledu pohybového ústrojí není ideální práce vsedě, jak již bylo řečeno výše. Co se týče konkrétních částí těla, tak z pohledu trupu, hlavy, krku a dolních končetin nedochází k nepřijatelné ani podmíněně přijatelné poloze. Z pohledu horních končetin je největším problémem pohyb zápěstí, kde docházím až k extrémním, a tedy nepřijatelným polohám. Více se bude této problematice věnovat následující kapitola.
8. **Pracovní pohyby** – Přípravek pro uchycení rotoru je z pohledu dosahu v ideální poloze, v oblasti A viz. obrázek číslo 19. Ostatní nástroje a páska pro izolaci již

nejsou v ideální dosahu a spadají do oblasti B, kde dochází pouze k mírným předklonům a pohybům do stran. Nejhuře umístěný je držák pro odebrání výrobků a ukládání hotových rotorů, který je v oblasti C, kdy pracovník musí pohybovat celým trupem, přestože je využíván každé 2,5 až 3 minuty. Z pohledu výškových rozsahů je problematické pouze ovládní osvětlení, které nelze používat ze sedu.

- 9. Další prvky ergonomických zásad a kritéria** – Těmto prvkům, kterými jsou hluk, záření, zorné podmínky, prach, chemické látky, vibrace, teplo, chlad, biologičtí činitelé a zvýšený tlak, nejsou zaměstnanci na daném pracovišti vystaveni. U těchto zásad nedochází k negativním vlivům, a proto lze i faktory od těchto prvků zanedbat.

Kromě výše zmíněného jsem narazil na pracovišti na další menší nedostatky z pohledu ergonomie, které by bylo vhodné vyřešit. Jedním z těchto problémů je neuspořádanost desky pracovního stolu, kde jsou mimo jiné osobní předměty (hrníček) nebo nevyužité pásky pro izolaci. Druhým prvkem je láhev s vodou na zemi. Pro tyto předměty, ať jsou osobní nebo jsou to předměty nutné k vykonávání činnosti, by bylo ideální mít vytvořené odkládací prostory.

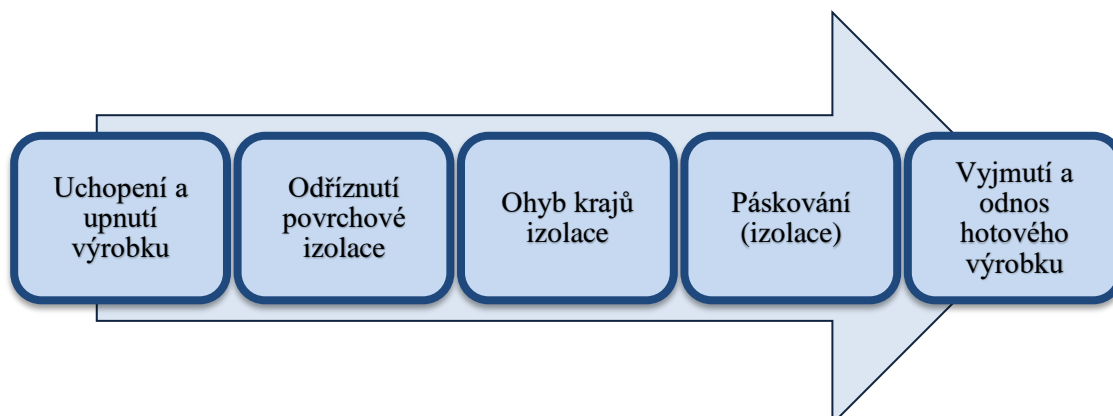
#### 4.2.2 Ergonomie pracovních úkonů a použitých nástrojů

V této kapitole se zaměřuji na konkrétní procesy, které zaměstnanec provádí na tomto pracovišti. V tabulce číslo 9 jsou uvedeny počty pohybů, které pracovník provede, při jednotlivých úkonech v daných úsecích. Dále jsou v kapitole zhodnoceny ergonomické problémy spojené s jednotlivými operacemi a zároveň ergonomičnost použitých nástrojů pro danou operaci.

Tabulka 9 - Počty pohybů při procesu uzavírání drážek

Proces uzavírání drážek				
Údaje o operacích			Počet pohybů	
Úsek	Čas [s]	Popis	Levá	Pravá
1	4	Uchopení a upnutí výrobku	5	5
2	20	Odříznutí izolace (povrch)	22	45
3	27	Ohýbání krajů izolace	18	51
4	100	Páskování (izolace)	40	64
5	4	Vyjmutí a odnos hotového výrobku	2	5
<b>Suma</b>	<b>155</b>		<b>87</b>	<b>170</b>
<b>Suma pro obě ruce</b>			<b>257</b>	

Nyní se již přesuneme k popisu samotných operací vykonávaných na pracovišti. Tyto operace jsou uvedeny na obrázku číslo 25 v posloupnosti, ve které na sebe navazují při výkonu uzavírání drážek.



Obrázek 25 - Operace uzavírání drážek

### První úsek – Uchopení a upnutí výrobku

V této části dochází ke stejnému počtu pohybů na pravé i levé ruce. Dochází k uchopení výrobku z držáku na vozíku a ten se následně upíná do přípravku na stole. Časový úsek této operace trvá 4 sekundy. Při tomto úkonu nejsou použity žádné nástroje. Z pohledu ergonomie není tento úkon nikterak náročný, přesto tu dochází k nevhodné poloze, kdy ze sedu dochází k natahování se pro výrobek což vede k abdukci ramene, která je větší než 60°. Toto a s tím související umístění vozíku s držákem, ke kterému se pracovník musí otáčet, zůstává největším problémem této operace. Tato operace je na obrázku číslo 26.



Obrázek 26 - Uchopení a upnutí výrobku

Zdroj: [24]



## Druhý úsek – Odříznutí povrchové izolace

V tomto úseku dochází k ořezávání povrchové izolace, která vystoupla po procesu navíjení a vyzkoušení rotoru. Při této operaci dochází 22 pohybům na levé ruce, která přidržuje a pootáčí rotorem v přípravku. Pravá ruka vykoná 45 pohybů a provádí hlavní pracovní pohyb. V pravé ruce je držen nástroj, kterým je upravený nůž ve tvaru vidlice. Tento nástroj je na obrázku číslo 27. Z pohledu ergonomie nástroje je největším problémem tvrdá plastová rukojeť a dlouhá pracovní část, kterou pracovník při výkonu přitlačuje jedním prstem, aby zajistil stabilitu.



*Obrázek 27 - Nástroj nůž s vidlicí*

Zdroj: Vlastní zpracování, [24]

Daný časový úsek trvá 20 sekund. Z pohledu ergonomie je největším problémem na tomto úseku extenze pravého zápěstí, kde dochází k nadměrnému vytočení většímu než 60°. Dalším nesprávným ergonomickým prvkem je odřezávání izolace pravou rukou ve směru proti levé ruce. Úkon této operace je na obrázku číslo 28. Z důvodu duševního vlastnictví společnosti SOPO s.r.o. je tento úkon rozostřen.



*Obrázek 28 - Odříznutí izolace (povrch)*

Zdroj: [24]

### **Třetí úsek – Ohyb krajů izolace**

Na třetím úseku je provedeno dohromady 69 pohybů, kde 18 připadá pro levou ruku a 51 pro pravou. Již z této bilance lze vidět, že hlavním pohonem nástroje je v tomto případě pravá ruka. Levá ruka slouží pro držení rotoru v přípravku a jeho otáčení okolo vlastní osy. Při této operaci dochází k ohýbání hran, po původní odříznuté izolaci, dovnitř drážek. Tento úkon je prováděn speciálním upraveným nožem s tupou špičkou, který je na obrázku číslo 29. Z pohledu ergonomie má tento nástroj nevhodnou tvrdou plastovou rukojeť, kterou pracovník při práci drží kolmo, což lze vidět na obrázku číslo 30.



*Obrázek 29 - Nástroj upravený nůž do špičky*

Zdroj: Vlastní zpracování, [24]

Tento časový úsek trvá 27 sekund. Z pohledu ergonomie pohybů je tu mnoho problémů. Prvním z nich je nepřírozená flexe zápěstí na pravé i levé ruce. Pro pravou ruku je nepřírozený řezný pohyb a uchopení řezného nástroje. Levé zápěstí je nadměrně zatěžováno z důvodu pootáčení rotorem. U obou zápěstí dochází k flexi větší než 45°. Dalším problémem je rotace předloktí větší než 60°. Problematický je také řezný pohyb směřující proti tělu zaměstnance. Tato operace je naznačena na obrázku číslo 30. Z důvodu duševního vlastnictví společnosti SOPO s.r.o. je tento obrázek rozostřen.



*Obrázek 30 - Ohýbání krajů izolace*

Zdroj: [24]

#### Čtvrtý úsek – Páskování (izolace)

Předposlední úsek je pohybově nejnáročnější. Na levou ruku při páskování vychází 40 pohybů, pro pravou ruku je to dokonce 64 pohybů. Při této operaci dochází nejdříve k uchopení izolační pásky levou rukou, která je následně pomocí nůžek držených v pravé ruce nastříhnutá. Páska se pomocí prstů na obou horních končetinách nasune do drážky rotoru a protáhne se po její délce. Na konci je páska nůžkami odstřižena. Nástrojem jsou v tomto případě malé nůžky, které jsou po celou dobu drženy v pravé ruce, i když v tomto případě nevykonávají hlavní pracovní pohyb úseku. Nástroj je v tomto případě na obrázku číslo 31. Z pohledu ergonomie lze vidět na první pohled, že nůžky z oceli nejsou ideálním řešením. Rukojeť není nijak přizpůsobena pro dlouhodobé držení a pracovník tak vykonává tlak pouze konečky jednotlivých prstů.



*Obrázek 31 – Nástroj malé nůžky*

Zdroj: Vlastní zpracování, [24]

Páskování je nejdelším úsekem v celém výrobním procesu a zabírá rovných 100 sekund. Ergonomickými nedostatky při této operaci jsou především nepřírozené polohy zápěstí na pravé ruce při práci s nůžkami, a to jak v případě zužování pásky, tak při odstříhnutí po dokončení protažení. Flexe zápěstí je v tomto případě více než 45°. Na levé ruce je také problém s flexí zápěstí při držení pásky před stříháním a dále je z pohledu ergonomie problematickým úkonem samotné tažení pásky, kde dochází při držení mezi konečky prstů k nadměrnému silovému namáhání. Z pohledu bezpečnosti není správné držení nůžek po celou dobu průběhu operace. Prováděný úkon lze vidět na obrázku 32. Z důvodu duševního vlastnictví společnosti SOPO s.r.o. je tento úkon rozostřen.

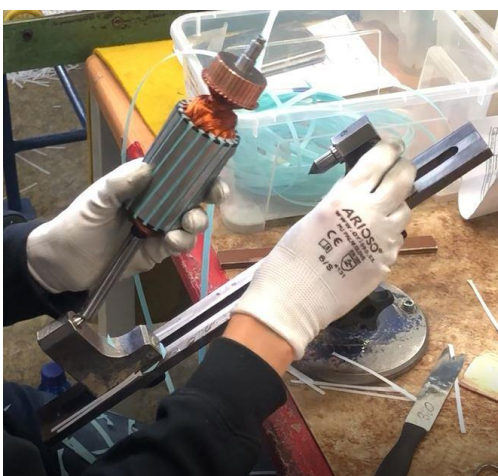


*Obrázek 32 - Izolace pomocí pásky*

Zdroj: [24]

### **Pátý úsek – Vyjmutí a odnos hotového výrobku**

V této části dochází pouze ke dvou pohybům levé ruky a pěti pohybům pravé ruky. V této operaci dojde k uchopení hotového rotoru a vyjmutí z přípravku. Hotový výrobek se následně vloží do držáku na vozíku. Operační čas tohoto úkonu jsou 4 sekundy. Při této operaci nejsou použity žádné nástroje. Z pohledu ergonomie dochází opět ke krátké abdukci ramene, která je větší než 60°. Kromě této abdukce dochází k normálním pozicím obou rukou. Největším problémem této operace zůstává, stejně jako v prvním případě, umístění vozíku s držákem, ke kterému se pracovník musí otáčet. Tato operace je na obrázku číslo 33.



*Obrázek 33 - Uchopení a odnos dokončeného rotoru*

Zdroj: [24]

V této části práce jsem popsal aktuální proces výroby na pracovišti uzavírání drážek. Zaměřil jsem se především na ergonomické nedostatky pracoviště jako celku a určil kategorie, do kterých pracoviště spadá dle rizikových faktorů. V další části kapitoly jsem popsal jednotlivé operace procesu a rozebral jejich náročnost na pohyb horních končetin. U každé operace jsou zmíněny základní informace a prováděné úkony a jejich ergonomické nedostatky. Pro každý úsek jsou také určeny použité nástroje a problematika těchto nástrojů z pohledu ergonomie. Tato kapitola bude sloužit jako výchozí bod pro kapitolu číslo 7, v které dojde k návrhu optimalizace pracoviště, tak aby odpovídalo ergonomickým zásadám a bylo přívětivé pro zdraví zaměstnanců. Hlavním nedostatkem, který potřebujeme odstranit je nadměrný počet pohybů, který řadí výkon povolání na tomto pracovišti, z pohledu fyzické zátěže až do třetí kategorie. Následně se budeme zabývat dalšími problémy a nedostatky, které toto pracoviště má.

## 5 Návrh optimalizace pracoviště uzavírání drážek

V této části práce se již zaměříme na konkrétní návrhy, které odstraní problematické a ergonomicky nesprávně vyřešené pracoviště. V první kapitole shrneme zásadní ergonomické nedostatky, které je potřeba odstranit. Dále se v kapitole zaměřím na odstranění problematických prvků pracoviště, a poté rozdělím pracovní výkon na dílčí operace, u kterých navrhnou více možných řešení, z kterých následně pomocí technického zhodnocení vyberu nejlepší komplexní variantu tak, aby byla co nejpřívětivější pro pracovníka. Jednotlivé varianty budou popsány a případně představeny v modelech tak, aby si čtenář dokázal představit jejich princip. Následně pro vybrané technické řešení výkonu pracovníka budou navrženy další dílčí ergonomické prvky, jako pracovní poloha, pracovní rovina, osvětlení a další. Vybraná varianta bude následně v poslední kapitole ekonomicky zhodnocena.

### 5.1 Shrnutí ergonomických problémů technologie

Komplexní analýza pracoviště a jeho nedostatky jsou uvedeny v předchozí části práce. Nyní si pouze shrneme nejzásadnější nedostatky, které byly brány do úvahy při návrhu nové technologie a pracoviště jako celku.

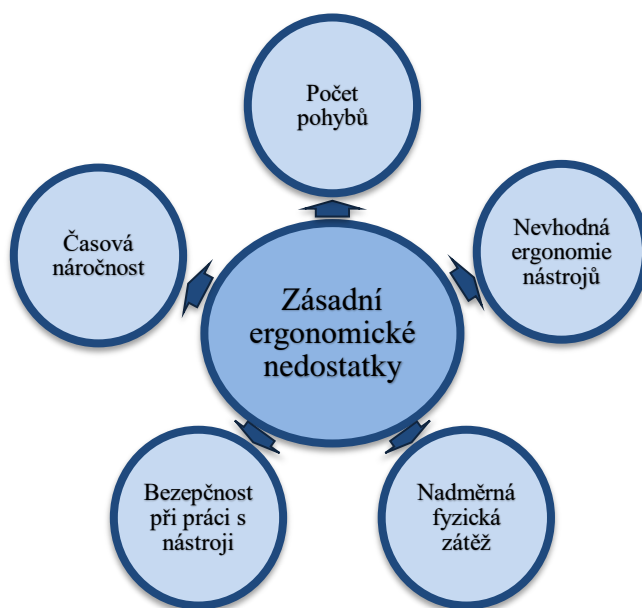
V tomto odstavci a následně na obrázku číslo 34 jsou uvedeny základní ergonomické problémy, které jsou spojeny se samotnou technologií uzavření drážek rotoru. Nejvýznamnějším problémem z pohledu technologie, který je nutné bezpodmínečně odstranit, je počet pohybů u jednotlivých operací a zároveň časová náročnost. Můžeme říci, že není problematické z pohledu ergonomie upnutí výrobku a jeho vyjmutí. My se zaměříme na samotné operace, kterými jsou odříznutí izolace, její ohnutí a následné páskování.

Z pohledu počtu pohybů je vidět již v tabulce číslo 9, že nejproblematictější místem je páskování. Na tuto operaci je potřeba při součtu obou rukou více než 100 pohybů a celá operace trvá rovných 100 sekund. Při této operaci zároveň dochází k používání nestandardních nástrojů jako jsou malé nůžky a jemná práce s nimi, a zároveň je vykonávána velmi jemná činnost natahování pásky do drážky. Při výkonu této operace dochází k nadměrnému namáhání zápěstí a konečků prstů a není dodržena ani absolutní bezpečnost, když po celou dobu výkonu operace jsou v ruce drženy nůžky. Na tento úsek se tedy

rozhodně budu při optimalizaci zaměřovat, aby došlo k odstranění problematických úkonů a práce byla pro pracovníka bezpečná a pohodlná.

Druhou nejnáročnější operací je ohýbání konce izolace po odříznutí dovnitř drážky. Doba výkonu je výrazně kratší než u páskování, ale počet pohybů a ergonomických nedostatků je také velmi výrazný. Výrazně více pohybů vykoná pravá ruka, která je pohonným ústrojím pro nástroj, kterým je v tomto případě nůž upravený do špičky. Z pohledu výkonu činnosti není ideálně ergonomicky upraven nástroj a jsou tu nadměrně namáhána obě zápěstí. Tuto operaci budu tedy také řešit a zjednodušovat, aby pracovník nemusel nadměrně zatěžovat určité části pohybového aparátu.

Poslední operací, na kterou se při optimalizaci zaměřím, je odříznutí izolace, což je první operace, kterou pracovník provádí po upnutí rotoru. I v tomto případě se nejedná o výrazně časově náročnou operaci, ale i zde jsou rezervy pro zlepšení. Zároveň se budu snažit pracovníka uchránit od nadměrného počtu pohybů a používání neergonomických nástrojů, které jsou nekomfortní a při použití se dostávají až do nebezpečných poloh.

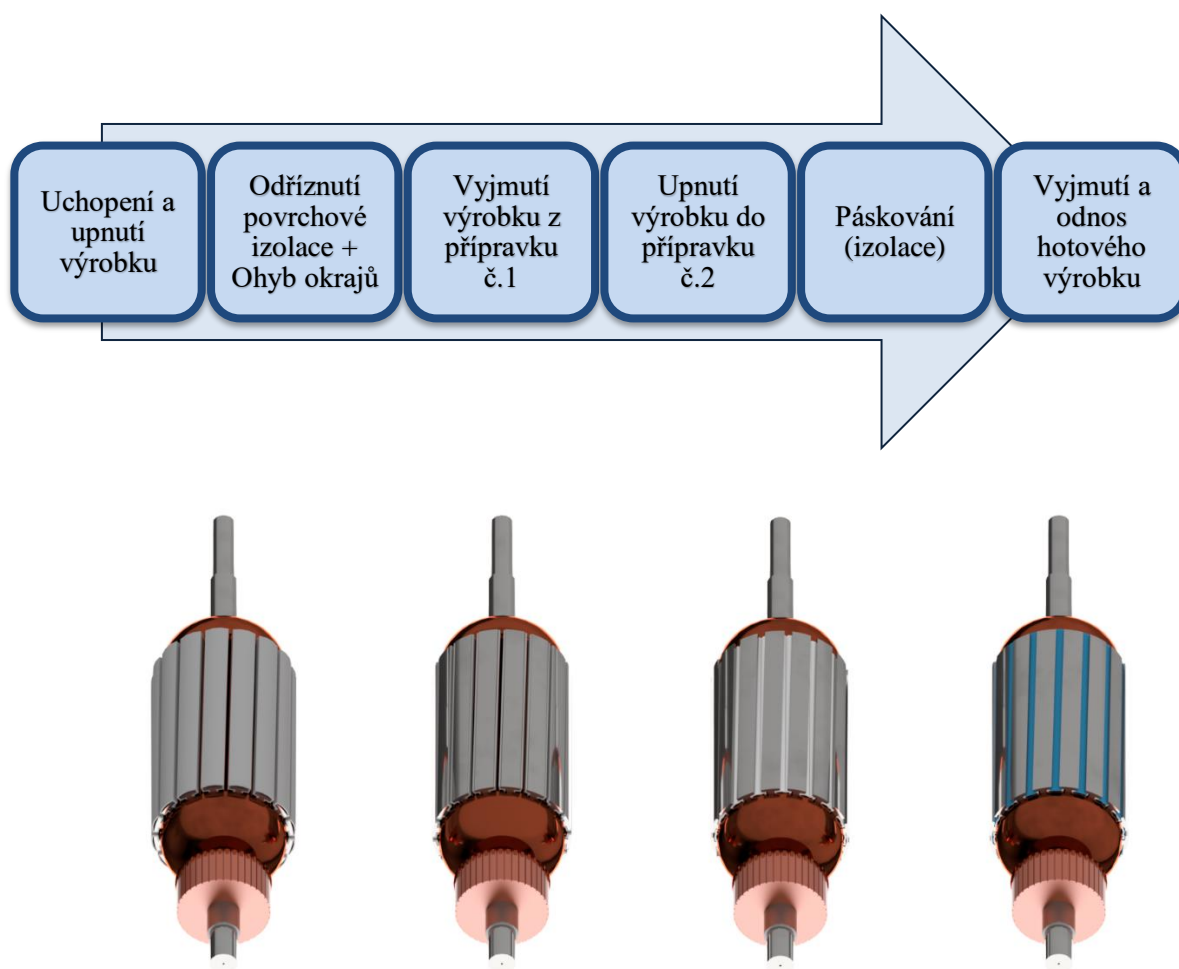


*Obrázek 34 - Shrnutí ergonomických nedostatků*

V této kapitole jsem krátce shrnul hlavní ergonomické nedostatky a hlavní problémy, na které se budu při optimalizaci zaměřovat. Tyto nedostatky jsou také pro přehlednost uvedeny na obrázku číslo 34.

## 5.2 Návrhy optimalizace technologie

V této části práce se zaměřím na návrh možných řešení, které odstraní ergonomické nedostatky shrnuté v předchozí kapitole. Dle původního členění lze vidět, že celý proces se skládá z pěti základních operací. V novém návrhu budu pracovat s více variantami a následně vyberu tu, která bude nejvhodnější. Z pohledu výrobního procesu nelze žádnou z těchto operací zanedbat, ale je možné, některé z těchto operací spojit dohromady, případně se rozhodovat, zda je výhodné zavádět automatizaci na pracoviště nebo ho ponechat v manuálním režimu.



Obrázek 35 - Nový návrh postupu operací na pracovišti

Na obrázku číslo 35 je předběžný návrh nového rozdělení procesu a zároveň postupná proměna zaizolovaného rotorového svazku až po rotor zapáskovaný a připravený k provozu. Lze vidět, že oproti původnímu procesu přibyla jedna operace navíc. Důležité ale je sledovat, že přibyla dvě operace, které nejsou fyzicky, pohybově ani časově náročné, ale naopak ubyla

jedna pracovní operace. K tomuto výslednému počtu operací došlo v důsledku spojení operací: ořezávání původní izolace a ohýbání jejích okrajů do drážek. Zároveň přibýly operace na upnutí a odepnutí výrobku, a to v důsledku použití dvou různých přípravků, pro první pracovní operaci a druhou pracovní operaci, kterou je zmíněné páskování.

V této části jsem shrnul návrh postupu operací na novém pracovišti a vysvětlil jejich zařazení. V následujících odstavcích jsou navrženy možnosti řešení technologie, které řeší ergonomické nedostatky původního řešení. Budu se zabývat pouze řešením a optimalizací výrobních operací, odříznutí a ohnutí izolace a páskování.

### **5.2.1 Optimalizace operace odříznutí povrchové izolace**

Do této operace lze spojit dvě původně rozdělené operace. Tento krok lze realizovat bezproblémově pro první navrženou variantu, kdy lze vyfrézovat šikmou vodící drážku a tím pádem určit její polohu a poté provést ohnutí izolace. Toto spojení je výhodné použít především z důvodu ušetření množství pohybů, kdy je zbytečné měnit nástroj a provádět přímo na sebe navazující operace dvěma rozdílnými nástroji. Operaci ohnutí izolace lze provádět okamžitě po odříznutí původní izolace a z tohoto důvodu si myslím, že bude pro pracovníka příjemnější provést obě operace naráz pomocí jednoho nástroje. Pro druhou a třetí variantu je řešení ohybu izolace složitější a vyžaduje vytvoření vodícího klínu u přípravku, který bude pootáčet rotorem, aby bylo možné provést operaci ohnutí izolace. Ohyb izolace lze také řešit až u přípravku určeného pro páskování. Byla zde také myšlenka použití speciálního přípravku jen pro ohnutí izolací, která ale z pohledu ušetřeného času, pohybů, a především z finančních důvodů není natolik výhodná, a proto se s ní nebudu nadále zabývat.

Pro operaci oříznutí původní izolace je více možností řešení. Já se zabýval pouze manuálním řešením této operace, přestože by zde jistě byla možnost automatizace, která by ale nebyla natolik ekonomicky přínosná z pohledu časových úspor. Přehled navržených variant je na obrázku číslo 36.

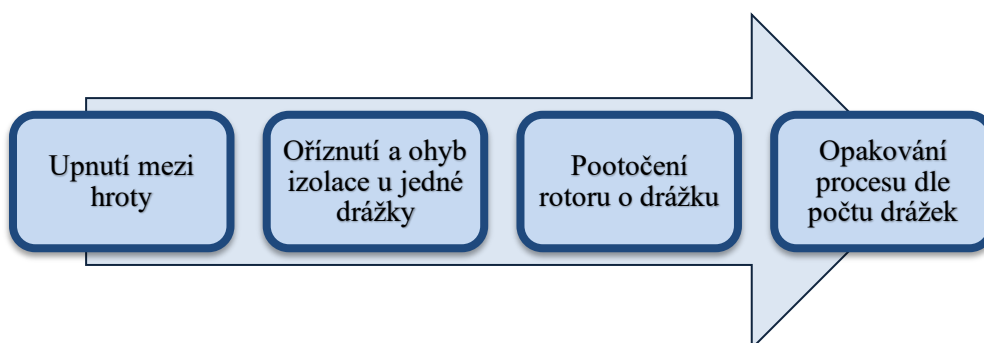




Obrázek 36 - Navržené varianty pro odříznutí povrchové izolace

### Varianta č.1 – Drážka po drážce

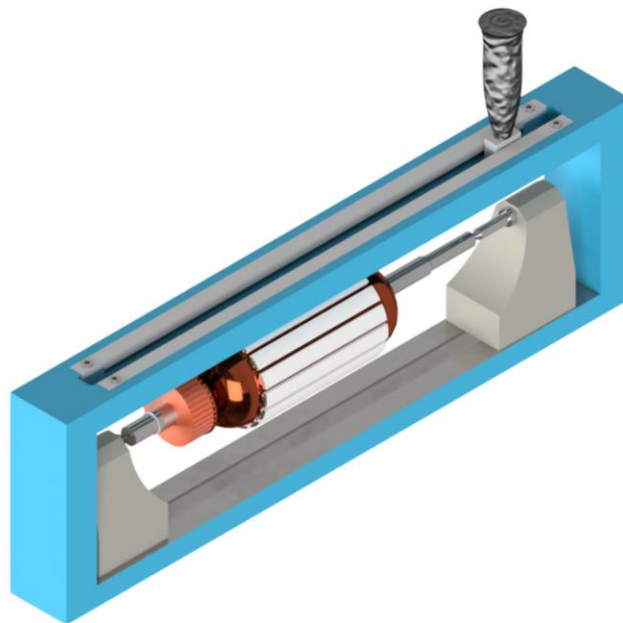
Prvním návrhem řešení této operace je zachování postupného ořezávání izolace drážku po drážce, přičemž by bylo použito sdruženého nástroje. Na obrázku číslo 37 je popis procesu prováděný na tomto přípravku.



Obrázek 37 - Postup operací pro přípravek s ořezem po drážce

Vzhledem k tomu, že výrobek je rotační a má předvrtané středící důlky, je ideální zachovat upnutí mezi hroty. U nástroje jsou dvě možnosti použití, jedním z nich je při jednom pohybu odříznout izolaci a při zpětném ji ohnout dovnitř drážky. Druhou možností je sousledné provedení pracovního výkonu při jednom pohybu. V tomto druhém případě by nástroj mohl být i oboustranný s tím že by z každé strany byla řezná část odřezávající izolaci a uprostřed zůstali hroty pro ohyb izolace. Při tomto řešení by byl k nástroji připevněn držák, za který by se tahalo ve směru požadovaného pohybu. Zde je nutné uvést, že se jedná o přípravek pro rotory s šikmou drážkou, a proto je nezbytně nutné mít vyfrézovanou drážku šikmo pod stejným úhlem, který je na rotorovém svazku. Při přesném vyfrézování drážky je jistota bezproblémového ohnutí konců izolace. Zároveň by u této varianty bylo možné mít samotnou řeznou část vyměnitelnou pro různé průměry rotorů. Problémem tohoto řešení

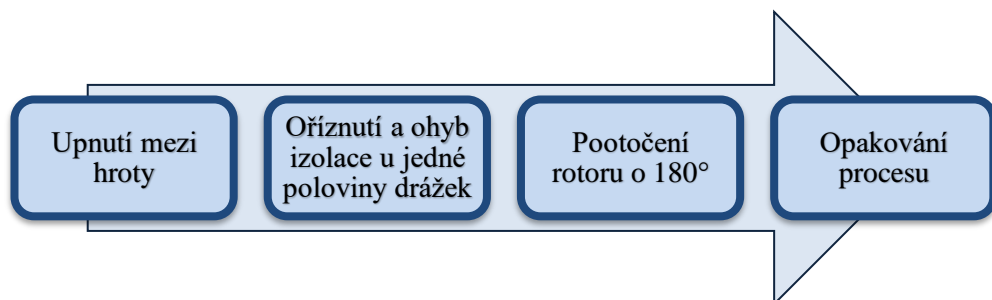
zůstává významné množství pohybů, a především nutnost pravidelně manuálně rukou pootáčet s rotorem. Ideální by v tomto případě nebyla ani bezpečnost, kdy by se i nadále řezalo proti ruce, která by držela rotor. Tato skutečnost by se dala vyřešit pomocí klíčky, která by ale z pohledu ergonomie a pohybů, také nebyla ideální. Výhodou tohoto řešení je relativní nenáročnost výroby přípravku a především nástroje. Zároveň dojde k vyznamnému snížení pohybů díky spojení dvou operací do jednoho pohybu. Pro případné nedokonalosti v oblasti ohýbání izolace by na pracovišti zůstal zachován původní nástroj, který by ve výjimečných případech mohl pracovník použít před následnou operací.



*Obrázek 38 - Návrh přípravku s jednodrážkovým nástrojem*

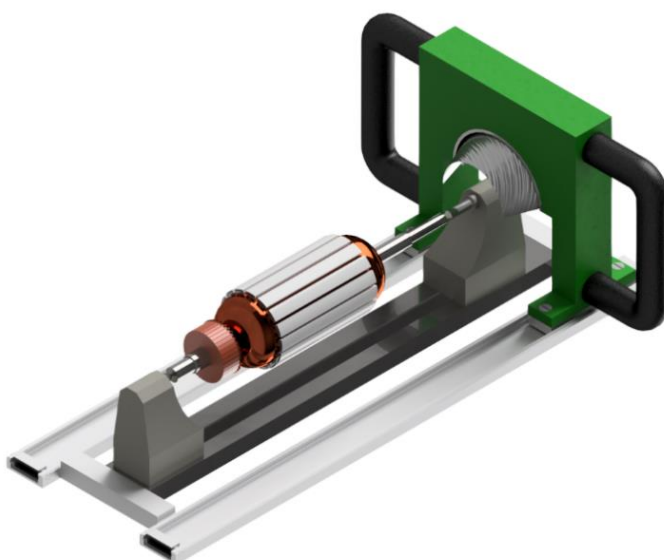
### **Varianta č.2 – Půlkruhový nástroj**

Jedná se o řešení, kdy by nástrojem byl půlkruhový řezací kotouč. V tomto případě by nebylo nutné mít speciální tvarování nástroje, pouze by stačila broušená řezná část, jelikož izolace na ořezávání je měkká. Při této operaci, díky nutnosti upnutí výrobku v ose a zároveň šikmým drážkám, je složitější provedené operace ohnutí izolace. Je více možností, jak lze tuto problematiku vyřešit. První možností je přidání vodících klínů, které budou pootočené, a zároveň pootočení ohýbacích zubů o úhel drážky rotoru. Další variantou je provést ohyb u druhého přípravku před samotnou operací zapáskování. Postup prováděný na tomto přípravku je na obrázku číslo 39.



*Obrázek 39 - Postup operací pro přípravku s půlkruhovým nástrojem*

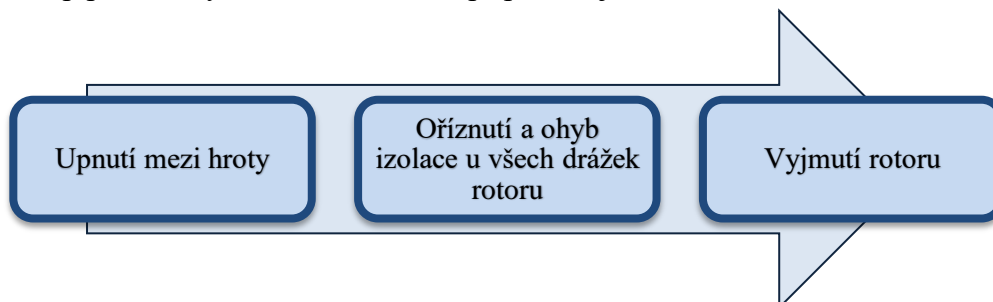
Výhodou řešení pomocí půlkruhového nástroje je menší problematika upínání rotoru, kdy by bylo možné vysunout nástroj mimo pracovní prostor a upnutí mezi hroty by bylo bezproblémové. Zároveň je v tomto případě důležité řešit přípravku komplexně jako celek. Vystává několik možností, jak lze vyřešit upnutí nástroje. Nástroj by mohl být pohyblivý a umístěn v pojezdových drážkách tak, aby mohl vykonávat celou délku pracovního pohybu a mohl vyjet až za tuto pracovní část. Druhou možností je uchycení nástroje na rameni, kde by byla nižší tuhost, ale při variantě prostého oříznutí izolace by to nebyl problém. Třetí možností, pokud bychom chtěli dosáhnout maximální tuhosti nástroje, by bylo mít nástroj pevně uložený na pevných stojných nohách a pracovní pohyb by vykonával uložený rotor mezi hroty. Pokud budeme na tomto přípravku provádět operaci ohýbání izolace je nutné mít pevné vodící klíny natočené o úhel drážky. Těmito klíny bude zajištěna přesná pozice rotoru. Tímto by byla vymezena pozice rotoru tak, aby docházelo k jeho pravidelnému pootočení při řezném pohybu. Nástroj by měl v tomto případě oddělitelnou řeznou část pro případně opravy, broušení nebo výměnu za řeznou část jiného průměru pro jiný typ rotoru.



*Obrázek 40 - Návrh přípravku s půlkruhovým nástrojem*

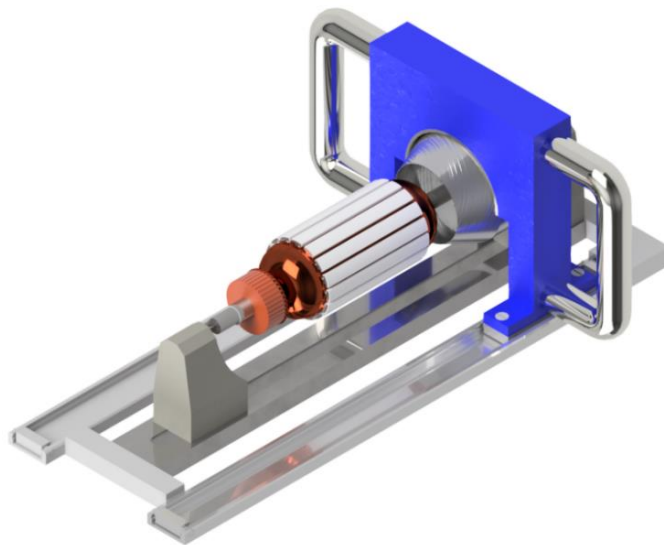
### Varianta č.3 – Kruhový nástroj

Třetí navrženou konstrukční variantou řešení je podobný typ nástroje jako ve variantě číslo 2. V tomto případě je ale nástroj kruhový a dochází k provedení celé operace na jeden tah. Postup prováděných úkonů na tomto přípravku je na obrázku číslo 41.



Obrázek 41 - Postup operací pro přípravek s kruhovým nástrojem

U této varianty je opět více možností provedení, kdy v technické vícekritériální analýze zvolím tu, která bude nakonec nejvhodnější. Z pohledu uložení jsou tu stejné možnosti jako u varianty číslo 2, a to v závislosti na požadované tuhosti a zvolené přesnosti, kterou budeme chtít izolaci oříznout. Zároveň je tu nutné stejně jako u předchozí varianty řešit, zda by k vykonání řezného pohybu docházelo nástrojem nebo upnutým rotorem. Odlišným problémem tu je vyřešení upnutí a odepnutí rotoru mezi hroty. Jsou v podstatě dvě varianty, a to buď zvolit nástroj, který je složen ze dvou částí nebo mít jednodušší nástroj s obtížnějším nasazením mezi hroty, kdy se musí konec rotoru nástrojem protáhnout. Tento problém lze částečně odstranit pomocí odpruženého hrotu, kdy se nasazení rotoru mezi hroty významně urychlí. Opět je důležité říci, že pracovní část nástroje je oddělitelná pro případné úpravy. Zároveň by u této varianty bylo do budoucna nutné, s ohledem na používané izolace a více drážkové rotory, uvažovat o zavedení nějakého, například pákového systému pro snížení fyzické náročnosti samotné operace, kterou bude manuálně stále vykonávat pracovník. Stejně jako u druhé varianty, je potřeba se rozhodnout, zda provedeme ohyb izolace na tomto přípravku, či na až na přípravku pro páskování. Při provádění tohoto úkonu na tomto přípravku, je nutné vyřešit natočení ohýbacích zubů a plynulé pootáčení rotoru pomocí vodícího klínu.



*Obrázek 42 - Návrh přípravku s kruhovým nástrojem*

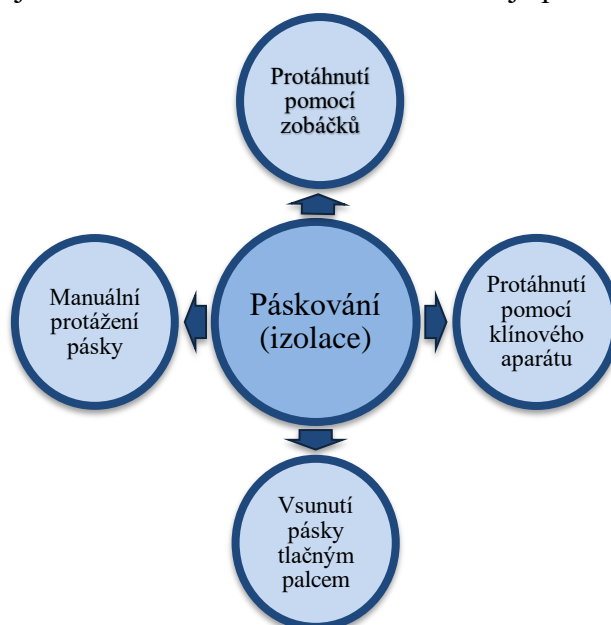
Toto jsou tři základní varianty a možnosti manuálního řešení první technologické operace, ze kterých budu následně vybírat tu nejvhodnější. Po výběru nejvhodnějšího přípravku provedu jeho konečnou optimalizaci. Všechny navržené varianty odstraňují ergonomické nedostatky, které se vyskytují na nynějším pracovišti.

### **5.2.2 Optimalizace operace páskování (izolace)**

V této části se budu věnovat operaci, která je na původním pracovišti nejnáročnější, jak na počet pohybů, tak z pohledu časové a fyzické náročnosti, ale také bezpečnosti. Zároveň bude zařazena možnost, že bude uskutečnitelné na tomto pracovišti ohnutí izolace, jako přídatný krok pro půlkruhový a kruhový nástroj na ořez, pokud bychom chtěli tuto operaci provést, až na tomto zařízení. Z tohoto pohledu jsem se rozhodl, že tuto operaci by bylo nejlepší zautomatizovat tak, aby pracovník nemusel vynakládat nadměrné úsilí a mohl se věnovat naplno ostatním manuálním úkonům na pracovišti a zároveň, aby došlo k opravdu výrazné časové a pohybové úspoře. Automatizace této části také dává největší smysl na tomto pracovišti, protože dojde k výrazné časové i pohybové úspoře a odstranění zásadních ergonomických nedostatků. Přestože automatizace tohoto pracoviště je nejlepším řešením, rozhodl jsem se mezi varianty zavést i manuální řešení této problematiky, a to především z ekonomických důvodů. Zavedení automatického přípravku je velmi nákladnou záležitostí. Z pohledu automatizace se bude jednat o malý dopravníkový systém, jehož základem bude izolační páska navinutá na bubnu, která se bude odvíjet a bude dopravena k rotoru a následně

více možnými způsoby, které jsou popsány ve variantách 1A, 1B a 1C, bude nasunuta do rotoru.

Varianty 1A, 1B a 1C jsou si principiálně velmi podobné a liší se především v konečné části zařízení, kdy dojde k jinému mechanismu protažení pásky skrze rotor. Princip zařízení je navržen tak, že bude páska navinutá na bubnu a skrze brzdu se bude odvíjet. Páska následně projde přes tvarovací kola, která pomohou natvarovat okraje pásky pro vytvoření ideálního tvaru, který bude kopírovat rotorový svazek, pro její snazší vsunutí do drážky. Jedno z tvarovacích kol bude zároveň poháněno a tím bude vytvořen pohon pro pásku. Páska následně projde skrze zařízení, které ji naimpregnuje izolačním zástříkem pro lepší izolační vlastnosti. Po tuto část jsou všechna automatická zařízení navržena stejně a následné principy ostřížení a nasunutí pásky jsou popsány v samostatných variantách níže. Princip komplexního zařízení je na obrázku 57. Na obrázku číslo 43 je přehled navržených variant.



Obrázek 43 - Navržené varianty pro páskování

#### **Varianta č.1A – Protáhnutí pomocí zobáčků (automatický přípravek)**

V této variantě navrhuji, že páska nejprve projde skrze zařízení viz. princip popsany výše a následně bude dotlačena až před rotor, kdy jeho horní hrana bude na úrovni izolační pásky. Konec pásky automaticky přichytne svírací zobáček, který vykoná horizontální pohyb a protáhne uchycenou pásku skrze celou drážkou až za rotorový svazek. Při dosažení určité polohy nebo odmotání určité délky pásky by došlo k jejímu jednoduchému ustříhnutí pomocí dvou čelistí umístěných proti sobě. Poté by zobáček konec pásky upustil a rotačním pohybem se vrátil opět před rotor, kde by si opět přichytil začátek pásky odvinuté z bubnu.

Rotor by se pomocí automaticky naprogramovaného zařízení pootočil o úhel jedné drážky. Tento postup, který je vykonán zařízením je graficky znázorněn na obrázku číslo 44.

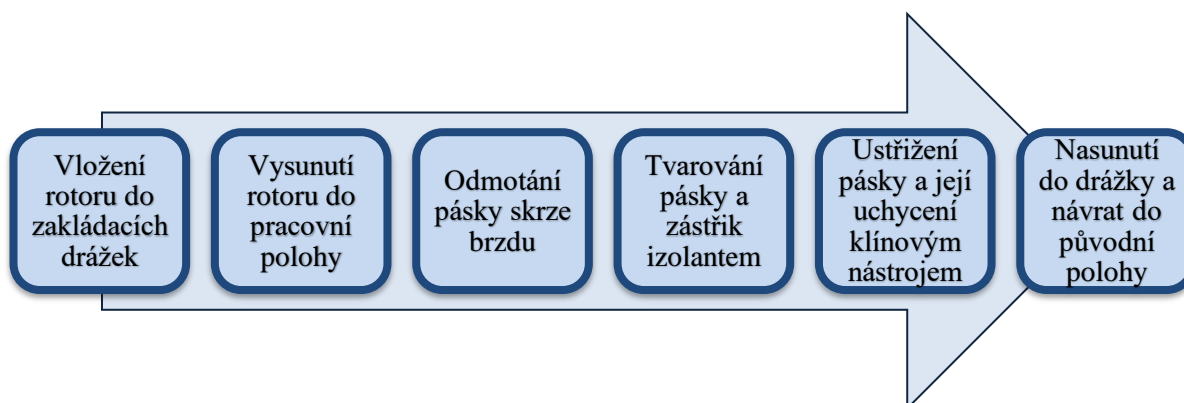


*Obrázek 44 - Postup operací pro přípravek s protahovacím zobáčkem*

Zásadním problémem tohoto řešení je především nemožnost přesného natažení izolace do drážky pouze na délku rotorového svazku, a tedy nutnost přídavného přípravku. Tento přípravek by izolaci zařídil pomocí skalpelu přesně na koncích rotorového svazku z obou stran. V tomto případě by se změnilo schéma postupu operací na obrázku číslo 35 a přibylo by nové vyjmutí a upnutí výrobku spolu s další operací oříznutí konců izolace. Další nevýhodou tohoto řešení je technické vyřešení zobáčku, který by musel mít dostatečnou sílu pro protažení pásky, ale zároveň by musel být velmi malý pro průchod skrze drážku.

#### **Varianta č.1B – Protáhnutí pomocí klínového aparátu (automatický přípravek)**

U druhé varianty je postup velmi podobný. Rozdílem tohoto zařízení je technika provedení samotného nasunutí izolační pásky do rotorové drážky. V tomto případě by byla páska před rotorem uříznuta na daný rozměr rotorového svazku a tím by bylo zachováno původní schéma sousledu operací z obrázku 35. Páska by byla jednoduchým pohybem oříznuta o hranu, přičemž v tuto chvíli by si ustříhnutou pásku automaticky uchytily nástroj klínového typu. Princip je stejný jako u třetí varianty, kdy detail první části zařízení je na obrázku 47, pouze je místo tlačného palce umístěn klín. Grafický postup je znázorněn na obrázku číslo 45.



Obrázek 45 - Postup operací pro přípravek s klínovým aparátem

Klínový nástroj pomocí vykonávaného tlaku následně nasune pásku do drážky, její přesné za pozicování na délku rotorového svazku ohlídá senzor na začátku rotorového svazku, který ve chvíli, kdy přestane vidět pásku, ukončí tlačný pohyb a zvedne klínový nástroj, který se vrátí do původní pozice, kde si přichytí další ustříhnutý pásek. Mezitím se rotor za pomoci automaticky naprogramovaného zařízení pootočí o úhel jedné drážky. Po dokončení procesu (nasunutí daného počtu naprogramovaných drážek) se rozsvítí světlo, které bude pro pracovníka signalizovat dokončení úkonu a žádost o vyjmutí a zároveň upnutí nového rotoru.

#### Varianta č.1C – Vsunutí pásky tlačným palcem (automatický přípravek)

Pro třetí variantu je princip začátku zařízení opět stejný. Páska po průchodu izolačním zástříkem projde drážkou, kde je stejně jako ve variantě číslo 2, jednoduchým pohybem o hranu oříznuta na přesný rozměr. Zde začíná rozdíl oproti druhé variantě, kdy si pásku z drážky nenabírá klínový nástroj, ale ze zadní strany tlačný palec. Postup vykonávaný zařízením je graficky znázorněn na obrázku číslo 46.

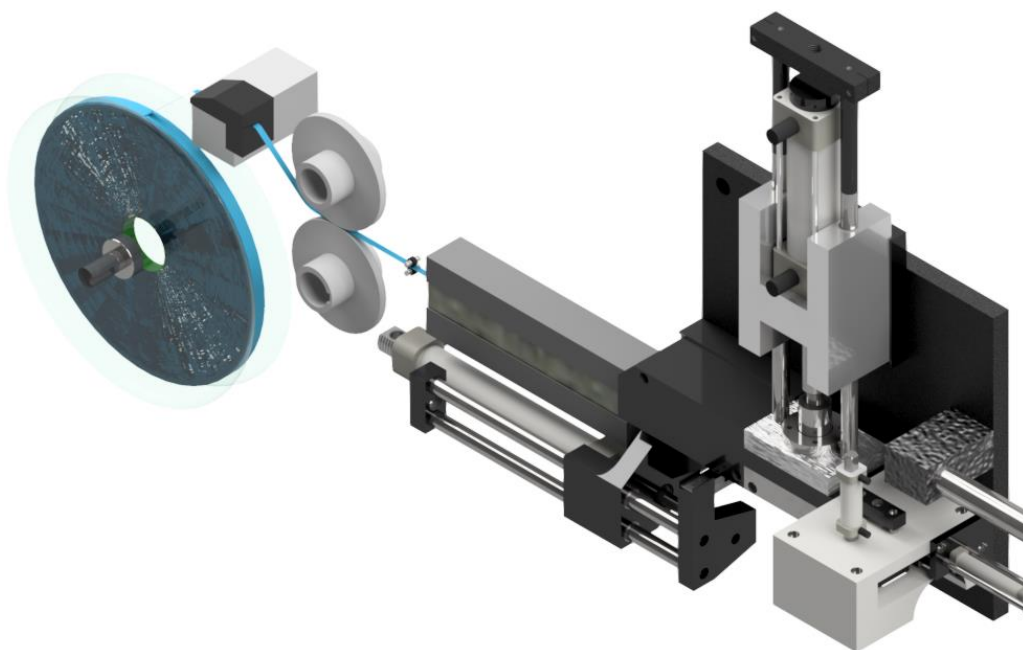


Obrázek 46 - Postup operací pro přípravek s tlačným palcem

Tlačný palec je pomocí pneumatického válce tlačěn do drážky s páskou a tímto pohybem vysouvá pásku přímo do nastavené rotorové drážky. Tlačný palec vykoná zdvih o



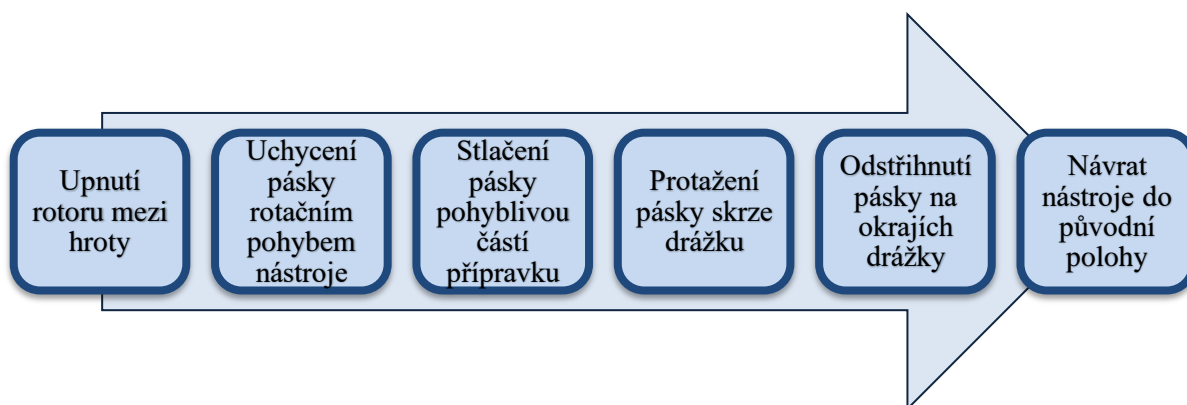
délce rotorového svazku a vrátí se zpět do své pozice. V tomto mezičase se pomocí pneumatického válce vykoná další pohyb, který pootočí rotorem o jednu drážku a připraví ho pro nasunutí pásky. Pokud je nutné provést operaci ohnutí izolace, proběhne tato část opět pomocí dalšího jednoduchého pneumatického válce s packou pro ohyb těsně před nasunutím pásky. Po dokončení nasunutí pásek do všech drážek, odjede automaticky rotor z pracovního prostoru, odkud si ho pracovník odebere a vloží další oříznutý rotor. První část pracovního zařízení je na obrázku číslo 47.



*Obrázek 47 - Přední část páskovacího automatu*

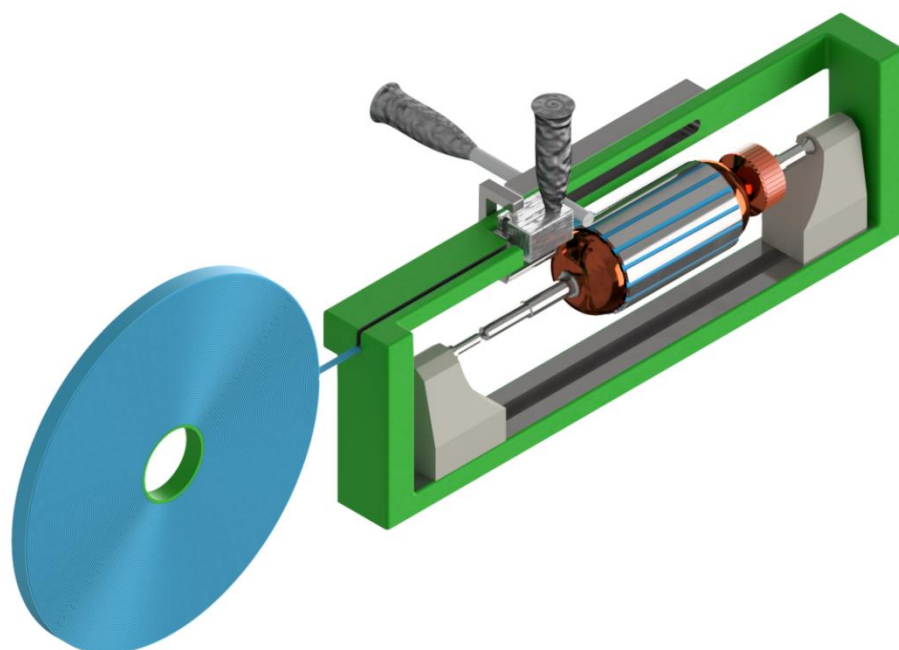
### **Varianta č.2 – Manuální protážení pásky**

Principem tohoto manuálního přípravku je jednoduché protážení pásky skrze drážku rotorového svazku. Postup je graficky znázorněn na obrázku číslo 48.



*Obrázek 48 - Postup operací pro manuální přípravek na protážení pásky*

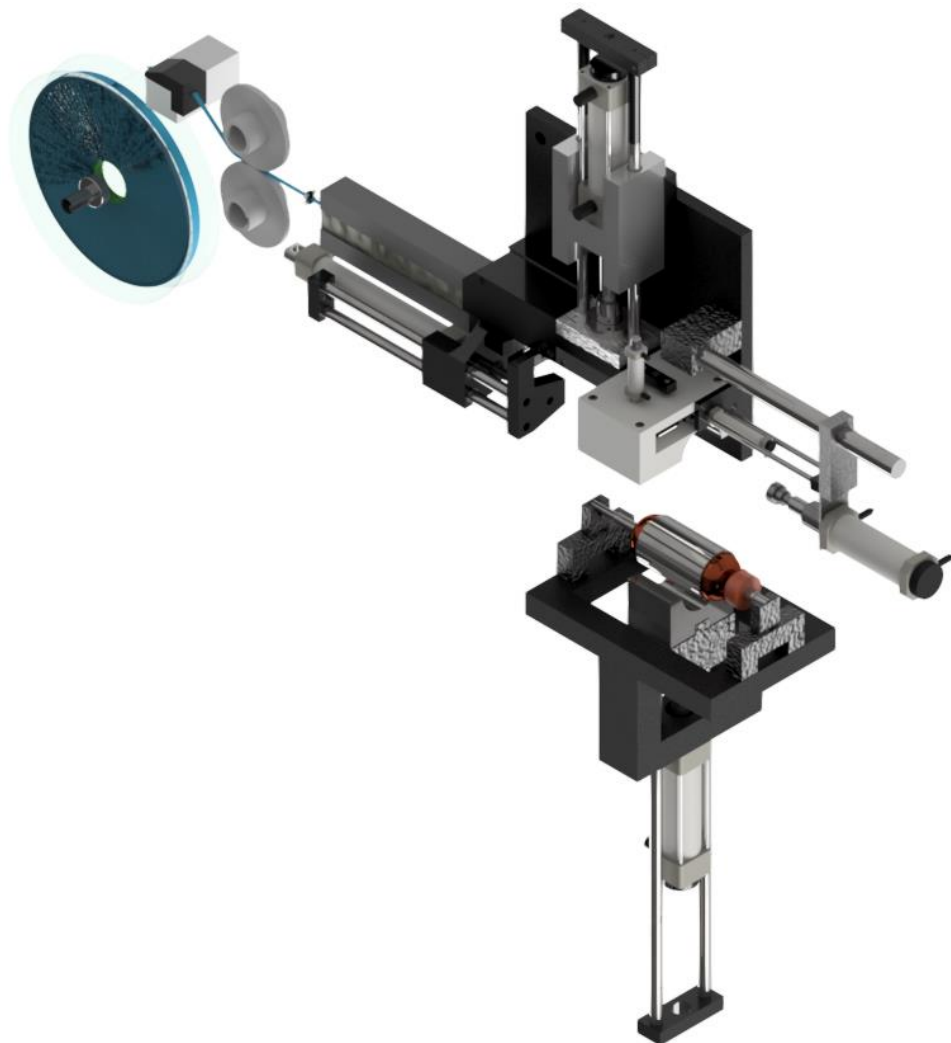
Páska je namotána na bubnu a je ručně odvinuta a protažena drážkou v přípravku. Následně je páska protažena drážkou v druhé pohyblivé části přípravku. Tato část má drážku vyfrézovanou ve spodní části. Po průchodu skrze tuto část je páska chycena nástrojem, kterým je jednoduchý nástroj kruhového typu s drážkou. Tento nástroj se otočí okolo své osy a tím za aretuje pozici pásky. V tuto chvíli pohne pracovník druhou pohyblivou částí přípravku směrem dolů a tím dostane pásku pod úroveň drážky v rotorovém svazku. Následně jednoduchým horizontálním pohybem projede nástrojem těsně nad rotorovým svazkem, přičemž díky počátku, kdy je páska pod úrovní drážky dojde k jejímu navinutí do drážky. Následně pracovník pásku v nástroji rotací uvolní a manuálně odstříhne na koncích. Tento krok se dá následně řešit speciálním přípravkem, na principu skalpelu, kam by se vložil zapáskovaný rotor a přebytky pásky by byly odstříženy. Po odstřížení je pohyblivá část přípravku vysunuta opět nahoru, kde si ji přichytí neodýmový magnet. Následně nástroj horizontálním pohybem vrátíme na začátek zařízení a proces na pootočeném rotoru o jednu drážku opakujeme. Model přípravku je na obrázku číslo 49.



*Obrázek 49 - Návrh manuálního přípravku pro páskování*

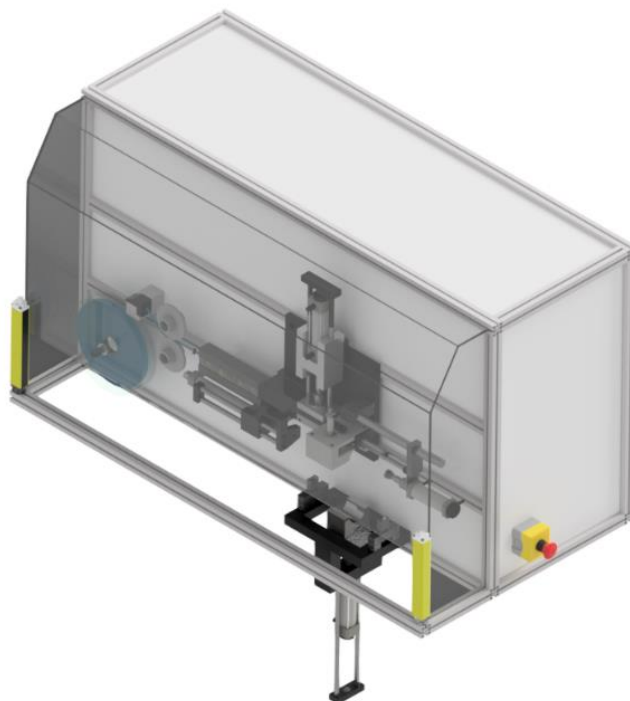
Tento přípravek je navržen jako levnější alternativa k automatickému páskovacímu přípravku, který je jednoznačně ideální variantou, což je potřeba brát v potaz u návrhu tohoto zařízení. U manuálního přípravku zůstává i nadále velké množství pohybů a je i nadále poměrně časově náročný, i když v obou případech je oproti stávajícímu zařízení předpoklad mírných úspor. Významnou výhodou je, že při zavedení se vyhneme výrazným ergonomickým potížím současného stavu.

V této části jsem navrhnul pro operaci páskování tři varianty automatického systému a jednu manuální variantu. Automatické přípravky výrazně usnadní práci zaměstnanci na tomto pracovišti. Zároveň při realizaci automatického řešení dojde k výrazné časové a pohybové úspoře, která při dostatečném využití pracoviště bude mít výrazný ekonomický přínos. Pro představu o celém zařízení od odmotání pásky až po nasunutí pásky do rotorové drážky slouží obrázek číslo 50.



*Obrázek 50 - Návrh automatického přípravku pro páskování*

Dále lze na obrázku číslo 51 vidět zařízení jako celek při zakrytování a usazení do hliníkových profilů. Komplexní optimalizované pracoviště s umístěnými přípravky je na obrázku číslo 61.



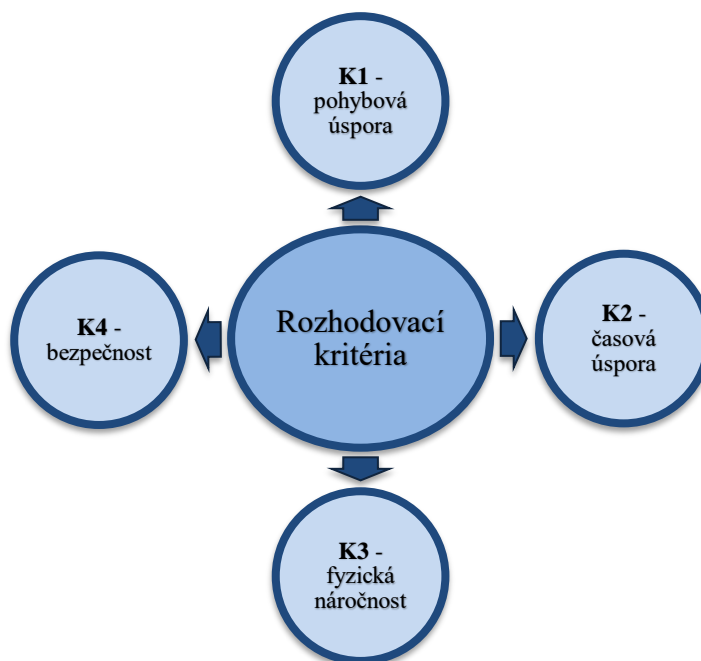
*Obrázek 51 - Komplexní automatický páskovací přípravek*

V následující části vyhodnotím výše uvedené technologické řešení pro všechny řešené operace a pomocí vícekriteriální rozhodovací technické analýzy vyberu jedno optimální řešení, které bude zrealizováno. Do technického hodnocení pro operaci páskování nebude zařazen manuální přípravek, který by z hlediska výkonnosti neměl šanci na úspěch. Tato varianta je ale důležitá, jako další možnost pro řešení této operace v nižší cenové hladině.

### **5.3 Technické zhodnocení navržených variant dle vícekriteriálního rozhodování**

V této části práce budou vyhodnoceny návrhy z předchozí kapitoly a bude vybrán jeden konkrétní závěrečný návrh řešení optimalizace pracoviště uzavírání drážek. Ten bude následně podrobně rozpracován do 3D modelu a vizualizace. Pro hodnocení jsem se rozhodl využít metody vícekriteriálního rozhodování, konkrétně metody bodovací, která nám spravedlivě posoudí navržené varianty z pohledu nejzásadnějších ukazatelů a pomůže nám vybrat ty nejlepší z nich. Na základě prvotního určení vah jednotlivých kritérií a následného přidělení bodů pro jednotlivé kategorie bude stanoveno pořadí jednotlivých variant.

Bodování bude na stupnici od 1–5, kde 1 je nejnižší hodnocení a 5 naopak hodnocení nejvyšší. Kritéria v našem případě budou označena pomocí velkého písmena K spolu s číslem určující vybrané kritérium (např. K1, K2 atd.). V našem případě jsem se rozhodl zvolit 4 základní rozhodovací kritéria. Tyto kritéria jsou shrnuty na obrázku číslo 52.



Obrázek 52 - Rozhodovací kritéria

První kritérium je pohybová úspora (K1), druhým je časová úspora (K2), třetím kritériem je fyzická náročnost (K3) a posledním kritériem je bezpečnost navrženého řešení (K4). Váhy jednotlivých kritérií jsou voleny na škále od 1 – 10. Váhy jednotlivých kritérií v tomto případě navrhuje sám autor práce. Navržené bodové ohodnocení je v tabulce 10.

Tabulka 10 - Bodové ohodnocení jednotlivých kritérií

Kritérium	K1	K2	K3	K4	Z <sub>er</sub>
Bodové ohodnocení	8	7	5	8	28
$p_r$	0,29	0,25	0,18	0,29	

Při výpočtech byly použity následující vzorce:

$$z_{er} = K1 + K2 + K3 + K4$$

$$p_r = K_j / z_{er}$$

Hodnota  $p_r$  udává váhu jednotlivých kritérií.

Hodnota  $w_t$  udává hodnotu vážených součtů.

### 5.3.1 Bodové hodnocení dílčích kritérií pro přípravek číslo 1

V této kapitole se zaměřím na bodové ohodnocení jednotlivých variant pro návrh přípravku pro dílčí operace ořezu a ohnutí izolace. U každé varianty je napsáno bodové hodnocení a jeho zdůvodnění. Za každým vyhodnoceným kritériem jsou poté udělené body shrnuty v tabulce.

#### Pohybová úspora – K1

Pohybová úspora je brána jako jedno z nejdůležitějších kritérií z pohledu ergonomického uzpůsobení nové technologie.

**Varianta č.1 – Drážka po drážce** – Z pohledu pohybové náročnosti je tato varianta jednoznačně nejnáročnější ze všech tří možných variant. Lze uspořít určitou část pohybů za předpokladu, že na jedno protažení dojde k odříznutí a zároveň ohnutí izolace a stejná operace se provede při zpětném pohybu. I přes maximální optimalizaci počet pracovních pohybů zůstane poměrně velký, a proto hodnotím tuto variantu dvěma body na zvolené pětibodové stupnici.

**Varianta č.2 – Půlkruhový nástroj** – Při operaci provedené tímto nástrojem dojde k oříznutí izolace a případnému ohybu na polovině rotorové klece. Z pohledu pohybů se jedná tedy o významnou úsporu. Výhodou je pohybově nenáročné upínání, nástroj nepřekáží výrobku stejně jako při vyjímání. Pohybově přídatným úkonem u této operace je nutnost potočit rotor o 180° po vykonání jednoho řezného pohybu. Tato varianta je poměrně dobře pohybově optimalizována a uděluji ji 4 body.

**Varianta č.3 – Kruhový nástroj** – Z pohledu řezných pohybů je tento nástroj nejúspornější. Problémem tu zůstává složitější manipulace s rotorem při upínání, což by vyžadovalo určitý cvik, případně při dvojdílném nástroji jsou tu další pohyby nutné pro uzavření a otevření nástroje. Přesto je tato varianta pohybově úsporná a hodnotím ji také čtyřmi body.

*Tabulka 11 - Hodnocení prvního přípravku, pohybová úspora*

Drážka po drážce	Půlkruhový nástroj	Kruhový nástroj
2	4	4

#### Časová úspora – K2

Časová úspora je také velmi významným kritériem pro hodnocení a výběr nástroje. Její kritériální hodnota je 7 na desetibodové škále.

**Varianta č.1 – Drážka po drážce** – Při výkonu této operace pomocí jednoduchého drážkového nástroje dojde pouze k částečné časové úspoře. Tato úspora je poměrně nízká, a proto v tomto případě dávám pouze 1 bod.

**Varianta č.2 – Půlkruhový nástroj** – U tohoto nástroje dochází již k výrazné časové úspoře, která vyplývá již z mnoha ušetřených nadbytečných pohybů. Přesto tato varianta není časově naprosto ideální z důvodu nutnosti otočení rotoru po prvním řezném pohybu. Hodnotím ji tedy průměrnými třemi body.

**Varianta č.3 – Kruhový nástroj** – Tento nástroj je z pohledu časové úspory naprosto nejlepší. Má také své mírné nedokonalosti, které čas zhoršují. Je to především nutnost složitějšího upnutí a vyjmutí výrobku. Přesto dávám maximální možný počet pěti bodů, jelikož z uvedených variant je tato nejlépe optimalizovaná.

*Tabulka 12 - Hodnocení prvního přípravku, časová úspora*

Drážka po drážce	Půlkruhový nástroj	Kruhový nástroj
1	3	5

### **Fyzická náročnost – K3**

Fyzická náročnost je nejméně důležitým parametrem v mém hodnocení. Tento předpoklad vychází především z možnosti všechny technologie upravit tak, aby byly méně fyzicky náročné než u stávajícího pracoviště a zároveň u žádného z uvedených návrhů nepřekračují fyzické parametry mezní hodnoty.

**Varianta č.1 – Drážka po drážce** – Tento nástroj je nejméně fyzicky náročný pro výkon samostatného řezného pohybu. Zároveň, ale v důsledku většího množství pohybů dochází k většímu namáhání horních končetin jako celku. Tuto variantu hodnotím průměrně třemi body.

**Varianta č.2 – Půlkruhový nástroj** – Z pohledu fyzické náročnosti se jedná o prakticky ideální nástroj, kdy u poloviny rotorové klece není ještě odpor izolace výrazný a zároveň jsou tu velmi dobře optimalizovány pohyby. Půlkruhovému nástroji dávám 5 bodů.

**Varianta č.3 – Kruhový nástroj** – U kruhového nástroje je dobře vyřešena optimalizace pohybů, ale problém by mohl nastat při odřezávání izolace najednou. Podle počtu drážek by mohl být již znatelný odpor izolace, především u silných izolačních pásek. Tuto problematiku lze vyřešit pákovým mechanismem, který ale již zařízení jako celek udělá

složitějším a prodraží ho. Přesto fyzická náročnost není nadměrná, a proto dávám této variantě čtyři body.

*Tabulka 13 - Hodnocení prvního přípravku, fyzická náročnost*

Drážka po drážce	Půlkruhový nástroj	Kruhový nástroj
3	5	4

#### **Bezpečnost navrženého řešení – K4**

Bezpečnost je volena jako jeden z nejdůležitějších parametrů, a to především s ohledem na zdraví pracovníka, které je nejcennějším článkem celého výrobního procesu.

**Varianta č.1 – Drážka po drážce** – Z pohledu bezpečnosti bych tuto variantu hodnotil podprůměrnými dvěma body. Velkou část problémů se podařilo odstranit, ale zůstává tu problém řezacího nože mířícího proti dlani, která svírá a pootáčí rotorem. Tento problém lze vyřešit pomocí kličky, což ale udělá zařízení výrazně složitějším.

**Varianta č.2 – Půlkruhový nástroj** – Z pohledu bezpečnosti ideální varianta. Během upínání není řezný nástroj v upínacím prostoru a zároveň při výkonu řezného pohybu jsou obě ruce mimo vykonávaný směr pohybu. Tuto variantu hodnotím plným počtem bodů.

**Varianta č.3 – Kruhový nástroj** – U tohoto nástroje spatřuji největší problém při upnutí, kdy je nutné rotor prostrkávat rukou skrz řeznou část nástroje. Tento problém lze vyřešit pomocí koníku vysunutého skrze nástroj. Dále je již varianta z pohledu bezpečnosti uzpůsobena dobře. Z důvodu lehce problémovějšího upínání uděluji variantě 4 body.

*Tabulka 14 - Hodnocení prvního přípravku, bezpečnost*

Drážka po drážce	Půlkruhový nástroj	Kruhový nástroj
2	5	4

#### **5.3.2 Bodové hodnocení dílčích kritérií pro přípravek číslo 2**

Tato kapitola je zaměřena na volbu ideální technologie pro přípravek číslo 2, tzv. páskování. U této technologie jsem navrhnul tři varianty automatických přípravků. Rozdíl je v provedení samotné operace. Navrhnul jsem také jeden manuální přípravek, který není do hodnocení zařazen z důvodu výrazně nižší výkonnosti. Dle rozhodovacích kritérií níže, dojde k rozhodnutí, která s těchto technologií bude zvolena do závěrečného hodnocení.



## Pohybová úspora – K1

**Varianta č.1A – Protáhnutí pomocí zobáčků** – Z pohledu ušetřených pohybů je předpoklad, že tato technologie ušetří významné množství pohybů z důvodu automatizace. U této konkrétní varianty je problém pouze s přidavnou operací, kdy je nutné výrobek vyjmout z přípravku a vložit do dalšího, pro ořez izolace. Z tohoto důvodu dávám 4 body.

**Varianta č.1B – Protáhnutí pomocí klínového aparátu** – Tato operace by měla ušetřit naprostou většinu pohybů oproti stávající technologii a celý proces by měl být plně automatizován až na vložení a vyjmutí výrobku do přípravku. Tato varianta dostává plný počet bodů.

**Varianta č.1C – Vsunutí pásky tlačným palcem** – Pro tuto variantu platí to samé, co bylo napsáno u varianty číslo 1B. Proto je hodnocení také 5 bodů.

*Tabulka 15 - Hodnocení druhého přípravku, pohybová úspora*

Protáhnutí pomocí zobáčků	Klínový aparát	Tlačný palec
4	5	5

## Časová úspora – K2

**Varianta č.1A – Protáhnutí pomocí zobáčků** – Z pohledu časové úspory je u této varianty opět mírný problém v nutnosti jednoho úkonu navíc, stejně jako u pohybové úspory. Jinak rychlost technologie je zhruba srovnatelná s rychlostí protahování izolace pomocí klínu. Této variantě dávám 4 body z důvodu nutnosti použití dalšího přípravku.

**Varianta č.1B – Protáhnutí pomocí klínového aparátu** – Z pohledu rychlosti prakticky ideální zařízení. Variantě dávám 5 bodů.

**Varianta č.1C – Vsunutí pásky tlačným palcem** – Rychlost je srovnatelná se zařízením, kde je nástrojem klín, proto uděluji plný počet bodů.

*Tabulka 16 - Hodnocení druhého přípravku, časová úspora*

Protáhnutí pomocí zobáčků	Klínový aparát	Tlačný palec
4	5	5

### Fyzická náročnost – K3

**Varianta č.1A – Protáhnutí pomocí zobáčků** – Vzhledem k automatizaci je zařízení fyzicky nenáročné, a proto mohu volit plný počet bodů.

**Varianta č.1B – Protáhnutí pomocí klínového aparátu** – Tato varianta je plně automatizovaná a dostává 5 bodů.

**Varianta č.1C – Vsunutí pásky tlačným palcem** – Zařízení je také plně automatizováno, proto uděluji plný počet bodů.

*Tabulka 17 - Hodnocení druhého přípravku, fyzická náročnost*

Protáhnutí pomocí zobáčků	Klínový aparát	Tlačný palec
5	5	5

### Bezpečnost navrženého řešení – K4

**Varianta č.1A – Protáhnutí pomocí zobáčků** – Z pohledu bezpečnosti je nejlepší, co nejméně manipulovat s výrobkem. Z tohoto důvodu volím u této varianty 4 body, hlavně kvůli nutnosti použití dalšího přípravku.

**Varianta č.1B – Protáhnutí pomocí klínového aparátu** – Automatizované zařízení, pouze se vloží a vyjme výrobek. Z pohledu bezpečnosti naprosto ideální. Dávám, proto plný počet bodů.

**Varianta č.1C – Vsunutí pásky tlačným palcem** – Ideální řešení, dochází pouze k vložení a vyjmutí výrobku. Volím plný počet bodů.

*Tabulka 18 - Hodnocení druhého přípravku, bezpečnost*

Protáhnutí pomocí zobáčků	Klínový aparát	Tlačný palec
5	5	5

### 5.3.3 Vyhodnocení pořadí technologií

Nejprve se zaměříme v tabulce číslo 19 na hodnocení a výběr ideálního nástroje pro první přípravek. V tabulce jsou shrnuty udělená bodová hodnocení a výpočet vah důležitosti. V druhé části je, dle jednoduchého násobení vah důležitosti s uděleným bodovým hodnocením, určena výsledná hodnota vážených součtů, která určuje nejlepší technologii.

Tabulka 19 - Bodové vyhodnocení přípravku pro ořez a ohyb izolace

Kritérium	K1 (pohybová úspora)	K2 (časová úspora)	K3 (fyzická náročnost)	K4 (bezpečnost)	
Varianta č.1	2	1	3	2	
Varianta č.2	4	3	5	5	
Varianta č.3	4	5	4	4	
$p_r$	0,29	0,25	0,18	0,29	
					$W_t$
Varianta č.1	0,58	0,25	0,54	0,58	<b>1,95</b>
Varianta č.2	1,16	0,75	0,90	1,45	<b>4,26</b>
Varianta č.3	1,16	1,25	0,72	1,16	<b>4,29</b>

Z tabulky lze vidět, že nejlépe technicky hodnoceným přípravkem je varianta č.3, kterou je přípravek s kruhovým nástrojem. Tento přípravek bude tedy zvolen a použit v konečném návrhu optimalizace pracoviště uzavírání drážek. V poslední kapitole bude toto technologické řešení spolu s ostatními nutnými náklady ekonomicky zhodnoceno.

V druhé tabulce číslo 20, můžeme vidět vyhodnocení ideálního technologického provedení přípravku číslo 2. Postup výpočtu a určení ideální technologie, která bude zvolena pro optimalizaci pracoviště, je stejný jako v prvním případě. Význam a váhy kritérií zůstávají stejné.

Tabulka 20 - Bodové vyhodnocení přípravku pro páskování

Kritérium	K1 (pohybová úspora)	K2 (časová úspora)	K3 (fyzická náročnost)	K4 (bezpečnost)	
Varianta č.1A	4	4	5	4	
Varianta č.1B	5	5	5	5	
Varianta č.1C	5	5	5	5	
$p_r$	0,29	0,25	0,18	0,29	
					$W_t$
Varianta č.1A	1,16	1,00	0,90	1,16	<b>4,22</b>
Varianta č.1B	1,45	1,25	0,90	1,45	<b>5,05</b>
Varianta č.1C	1,45	1,25	0,90	1,45	<b>5,05</b>

U volby druhé technologie, lze vidět, že výsledky jsou velmi vyrovnané. Jednoznačnými vítězi této kategorie jsou varianty 1B a 1C, kdy je prakticky jedno, zda bude použit tlačný palec nebo klínový aparát, které dostaly ve všech hodnocených kritériích plný počet bodů. Hlavním nedostatkem první varianty, kdy by probíhalo protáhnutí pomocí

zobáčků, je nutnost použití přípravku pro ořez izolace. Vzhledem k vyrovnanému skóre varianty B a C, volím konečné zařízení sám. Rozhodl jsem se zvolit tlačný palec (variantu číslo 1C) a to především z důvodu, že je jednodušší pro výrobu a případnou údržbu, přičemž by se tato skutečnost měla pozitivně projevit v ceně zařízení.

V této části jsem navrhnul kompletní technologické uspořádání pracoviště. V následujících odstavcích se zaměřím na optimalizaci vítězného manuálního zařízení a dále komplexní návrh nového pracoviště jako celku, tak aby byly odstraněny zásadní ergonomické nedostatky stávajícího pracoviště. V poslední kapitole celý návrh se všemi navrženými změnami ekonomicky zhodnotím.

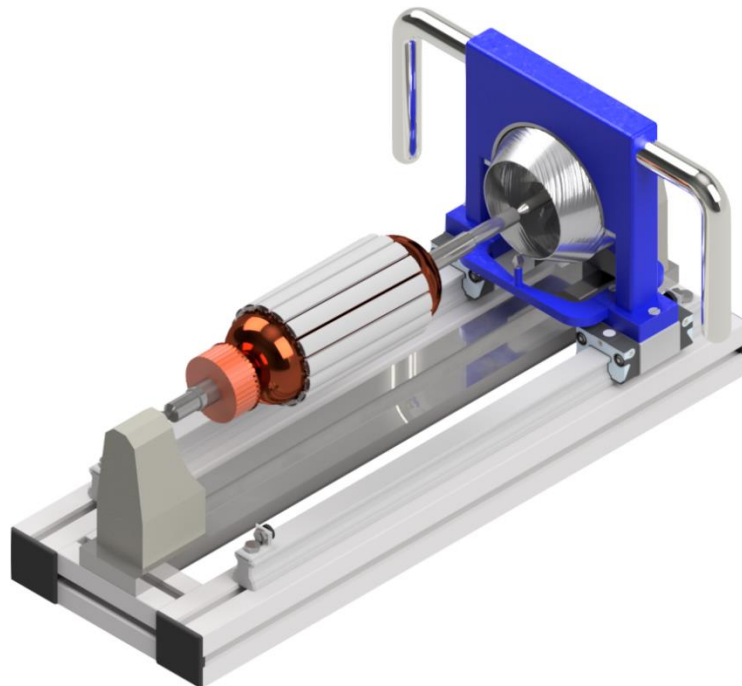
## **5.4 Optimalizace vybraných technologických přípravků**

Dle vícekriteriální analýzy byly vybrány dva konečné přípravky, které budou použity pro optimalizaci pracoviště uzavírání drážek. V této kapitole budou tyto přípravky více rozpracovány zoptimalizovány a popsány. Pro první přípravek jsem zvolil variantu, kdy dojde k ořezu celoplošným rezným nástrojem. Zároveň jsem se rozhodl, že minimálně na počátku bude nástroj obsahovat i zuby pro ohnutí izolace, aby se ověřila funkčnost tohoto nápadu. Do budoucna může totiž jednoduchou úpravou, která bude naznačena u druhého přípravku, dojít k přesunu této operace na páskovací automat. Druhým vybraným přípravkem je plně automatické páskovací zařízení, které bude mít v konečné fázi tlačný palec, který pásku vtlačí do drážky.

### **5.4.1 Manuální přípravek s kruhovým nástrojem**

Jako konečná varianta zařízení pro ořez a ohyb izolace byl vybrán přípravek, který je v práci uveden jako varianta 3. Z popsanych možností jsem se rozhodl pro vytvoření přípravku, který bude mít jednolitý nástroj. Ten bude připevněn k rámu, který se bude pohybovat po lineárním vedení. Problematiku upínání jsem vyřešil výrobou speciálního koníku s hrotem na pružině, který je vystrčen skrze nástroj a usnadní tím usazení a vyjmutí rotoru. Nástroj bude k rámu připevněn šrouby, což usnadní jeho instalaci a případnou demontáž pro opravy a broušení. V druhé části nosného pohyblivého rámu bude přichycen kruhový nástroj se šikmými zuby, který bude sloužit pro ohyb izolace. Zuby budou natočeny o úhel drážky a mají sražení pro překládání izolace přes sebe. Zároveň se k ohybu izolace

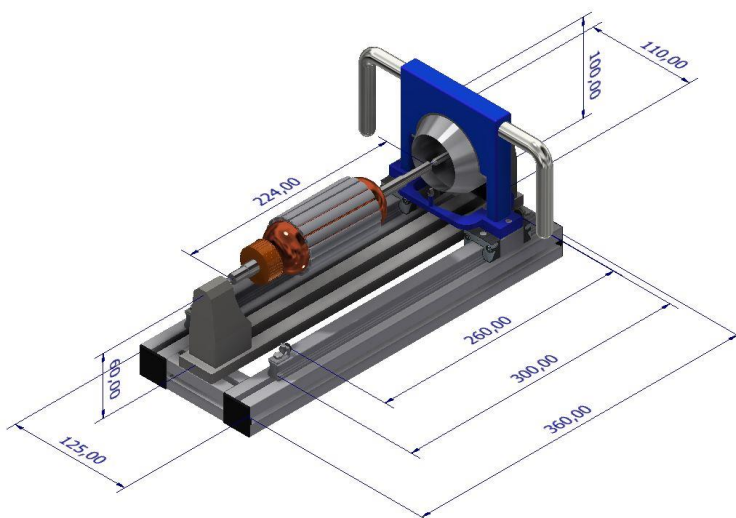
pojí klíny, které jsou pevně připojeny k rámu a slouží k vedení drážky a pootáčení rotorem. Důležité je, že tyto klíny jsou také pootočené o úhel drážky rotoru. Zároveň jsou dva tak, aby jejich vzdálenost byla menší, než vzdálenost drážky rotorového svazku a aby nedošlo po vyjetí prvního klínu na konci ohybu ke ztrátě pozice drážky a nemožnosti vrácení se rámem zpět do koncové polohy. Díky této aretaci zajistím bezpečné vrácení nástroje skrze drážky. Dojde také k jistícímu ohnutí izolace v místech, kde by po prvním projetí nebylo ohnutí dokonalé. Všechny dosud zmíněné elementy jsou vidět na obrázku číslo 53 optimalizovaného přípravku.



*Obrázek 53 - Optimalizovaný přípravek s kruhovým nástrojem*

Optimalizace přípravku, oproti původní variantě, spočívá kromě výše uvedených technických řešení, také v uložení celého přípravku na hliníkové profily. To dovoluje mírné pozicování vedení a tím celého rámu s nástrojem pro přesné uložení nástroje do osy rotoru. Zároveň byla provedena výměna kolejnicového vedení s vozíky za jednodušší lineární přímé vedení s kuličkovými prvky. Udržení rámu s nástrojem v koncové poloze je řešeno pomocí neodymového magnetu tím, že na obou koncích vedení jsou dorazy, chránící naražení nástroje do koníku. Oproti původnímu přípravku došlo také k významné redukci hmotnosti

a výměně madel určených k pohybu rámu. Na obrázku číslo 54 je optimalizovaný přípravek se základními kótami.

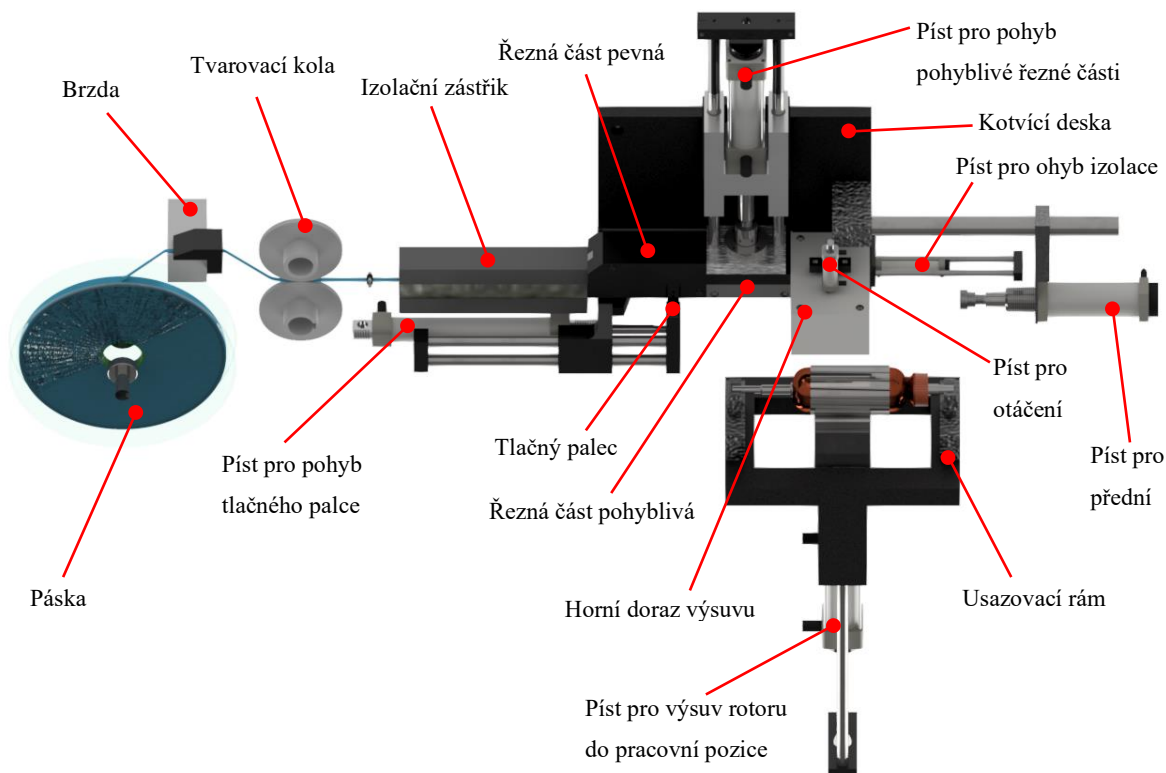


*Obrázek 54 - Optimalizovaný přípravek s kruhovým nástrojem, kótovaný*

Tento přípravek byl vybrán a zoptimalizován a nyní je připraven ke konečnému použití na pracovišti. Použitím kruhového nástroje dojde k maximálním úsporám časů i pohybů. Zároveň se vysunutím koníku skrze nástroj podařilo vyřešit i bezpečnost a ergonomii upínání rotoru.

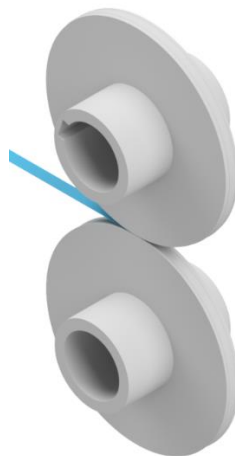
#### **5.4.2 Automatický přípravek s tlačným palcem**

Ideálním řešením pro natažení pásky do drážky rotoru je páskovací automat. Ve vyrovnaném hodnocení jsem se rozhodl pro realizaci s tlačným palcem, která mi přijde efektivnější, jednodušší a tím pádem i levnější. Popis jednotlivých částí tohoto přípravku je na obrázku číslo 55, vizualizaci celého zařízení bylo již možné vidět na obrázku číslo 51.



*Obrázek 55 - Popis automatického páskovacího přípravku*

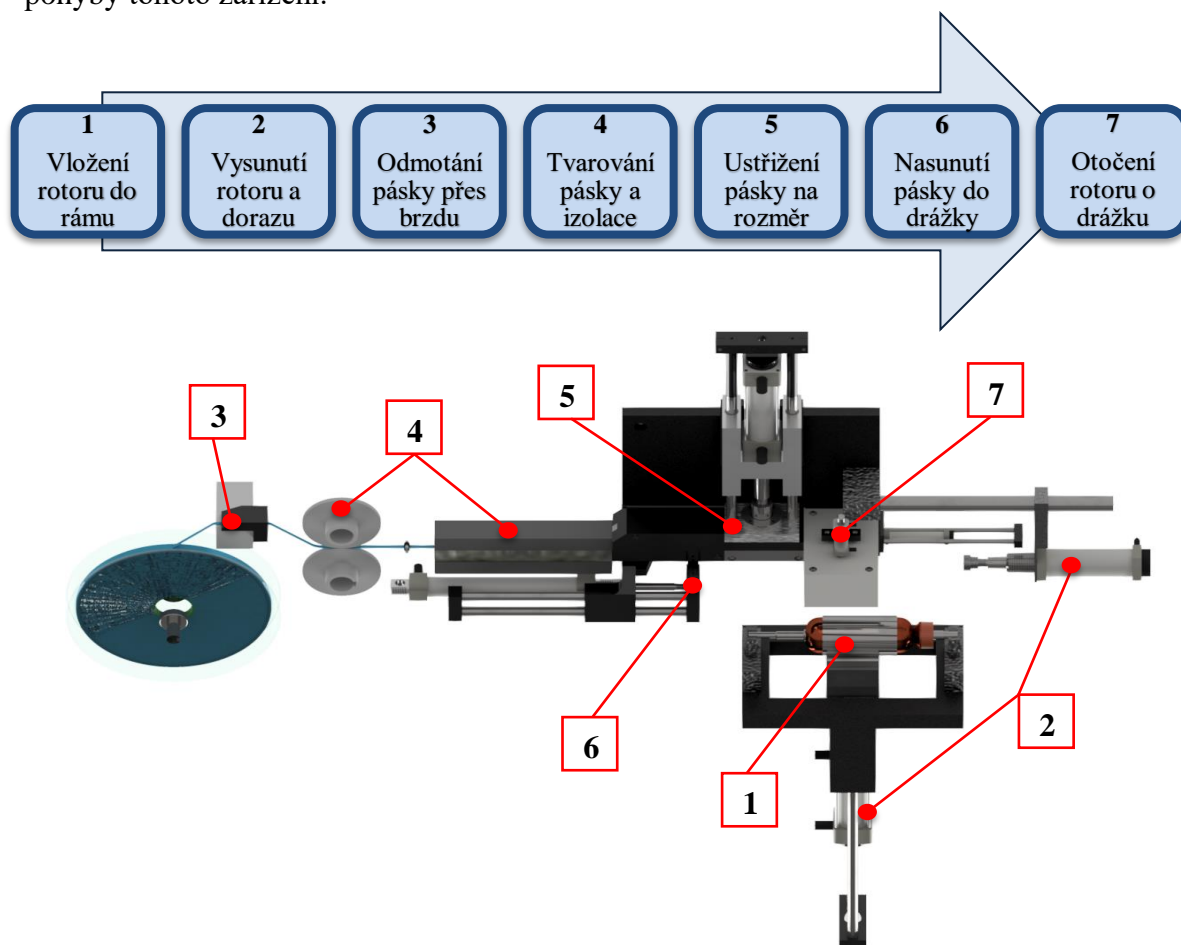
Princip zařízení spočívá ve volně uložené páске, která je odvíjena z bubnu skrze brzdu, která nedovolí samovolné odmotání pásky, většího množství, než které je potřebné. Následně je pásky protažena přes tvarovací kola, která jsou na obrázku číslo 56.



*Obrázek 56 - Tvarovací kola*

Princip tvarovacích kol je velmi jednoduchý a spočívá v jemném narušení povrchu pásky na okrajích tak, aby došlo k jejímu mírnému zahnutí pro lehčí nasunutí do rotorové drážky. Jedno z těchto kol je poháněno a tím dochází k odvíjení a posunu pásky. Následně pásky projde skrze malá vyrovnávací kolečka, která udrží správnou výšku pásky před vstupem do zařízení pro zástřík izolačním přípravkem. Po nástřiku izolantu získá pásky

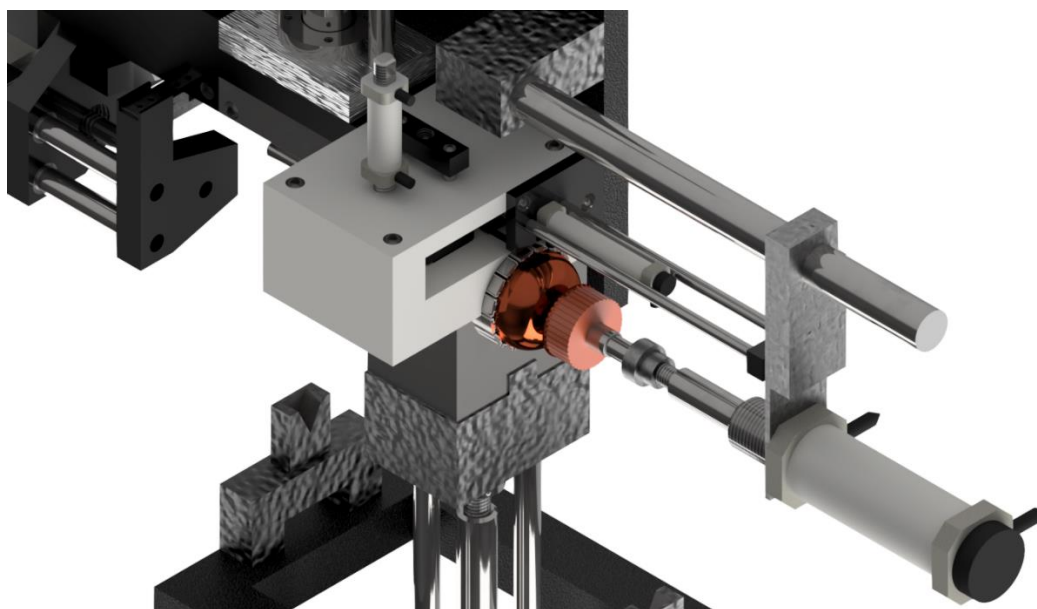
pevnější tvar a nebude se nadále kroutit. Z tohoto zařízení postoupí páska do vyfrézované drážky, která je součástí pevného modulu a jedná se o první část řezacího zařízení. Páska následně projde i skrze druhý modul, který je pohyblivý a vykonává řezný pohyb. Při natažení pásky skrze oba řezací moduly dojde k zabrzdění odvíjení pásky a druhý řezací modul provede horizontální pohyb, který usekne pásku o nabroušenou hranu. Druhý pohyblivý modul, který vykonává řezný pohyb, má přesně danou délku rotorového svazku a tím pádem, po provedení pohybu a uříznutí je v tomto modulu připraven přesný rozměr pásky pro nasunutí do rotorového svazku. Nasunutí této pásky se provede pomocí speciálního nástroje, kterým je tlačný palec, který má tvar vyfrézované drážky v druhém modulu. Po dokončení stříhu palec do této drážky najede a vytlačí pásku směrem ven, kde je již připravena drážka rotoru, do které je páska vtlačena. Poté se palec pomocí pneumatického válce vrátí do své původní polohy a dojde k pootočení rotoru. Výše popsaný proces funkčnosti zařízení je na obrázku číslo 57, kde jsou znázorněny jednotlivé funkční pohyby tohoto zařízení.



Obrázek 57 - Popis procesu páskování



Na obrázku lze vidět i část, kam je rotor na počátku vložen a odkud je zároveň po provedení zapáskování celého rotoru odebrán. Tento rám pro vkládání a odebírání rotoru je ukotven v manipulační výšce tak, aby byl snadno dostupný. Po vložení rotoru do rámu, dojde k jeho automatickému vysunutí do horní polohy, ve které je již připraven pro vtlačení pásky. Před samotným natlačením pásky do drážky dojde ještě k vysunutí předního dorazu, který zajistí danou polohu a vzdálenost rotoru v podélném směru. Přední doraz je konstruován tak, aby měl průchozí pístní tyč a po dorazu již do rotoru nepřenášel další síly. Na obrázku číslo 58 je zobrazeno zařízení s malým pístem sloužící pro polohování a pootáčení rotoru o drážku, vždy po nasunutí izolační pásky. Zároveň lze na obrázku vidět možné zařízení a píst pro ohyb izolace, pokud by v budoucnu byla tato operace automaticky.



*Obrázek 58 - Automatické otáčení rotorem a přední doraz*

Významnou výhodou tohoto zařízení je pohybová a časová úspora, kdy je celý proces již plně automatický a pracovník zůstává pouze operátorem, který vkládá a poté odebírá rotory. Pohybů zůstalo oproti původnímu stavu naprosté minimum a časová úspora je odhadována okolo 80 %. Další významnou výhodou tohoto zařízení je minimální fyzická náročnost. Již nedochází k jemným pohybům konečky prstů a používání nevhodných nástrojů. Bezpečnost je v tomto případě na velmi vysoké úrovni a všechny funkční části zařízení jsou zakrytovány. Prostor pro vkládání rotoru je monitorován světelnými bezpečnostními závorami, které nedovolí chod zařízení při přerušení světelného toku, při nechtěném šáhnutí do běžícího zařízení. Malou nevýhodou tohoto zařízení jsou větší rozměry, s kterými je potřeba počítat při návrhu celého pracoviště.

V této části jsem provedl optimalizaci a detailní popis vybraných technologických řešení, která budou použita na pracovišti uzavírání drážek. Vybraná technologická řešení významně usnadní práci zaměstnance na tomto pracovišti a výrazně zvýší produktivitu tohoto pracoviště. Pracovník bude vykonávat ergonomicky nenáročné činnosti, které nebudou nikterak ohrožovat jeho zdraví. V poslední části této obsáhlé kapitoly, se budu zabývat návrhem nového pracoviště uzavírání drážek za použití nově navržených přípravků a se snahou o odstranění dalších ergonomických nedostatků, které jsou součástí stávajícího pracoviště.

## **5.5 Optimalizované pracoviště uzavírání drážek**

V poslední části této kapitoly se zaměřím na návrh nového pracoviště uzavírání drážek jako celku, se všemi návaznostmi, které jsou nutné pro provedení všech operací na tomto pracovišti. Ergonomické nedostatky tohoto pracoviště jsou popsány v kapitole 6.2.1, kde jsou problémy pro jednotlivé kategorie podrobně rozepsány. Problematikou týkající se samotného provádění technologických úkonů na pracovišti jsem se zabýval v předchozí části práce a nyní se tedy zaměřím pouze na problematiku týkající se návazných procesů a pracoviště samotné.

Prvním nedostatkem, který jsem řešil na tomto pracovišti, byla problematika osvětlení a zraku. Na pracovišti se využívá sdružené osvětlení a při nedostatku denního světla je využíváno umělé osvětlení nad stolem. U současného pracoviště bylo zásadním problémem, že osvětlení bylo poměrně malé, byla použita pouze malá stolní lampička, která nepokrývala svým svitem celou pracovní desku. Navíc byla nevhodně uchycena přes plastový držák k rámu stolu a zapínání lampičky bylo poměrně daleko od pracovníka a vyžadovalo jeho nadměrné pohyby, když chtěl světlo použít. Tyto nedostatky jsem se rozhodl vyřešit centrálním průmyslovým osvětlením, které je pevně spojeno s rámem stolu a je umístěno nad pracovní deskou tak, aby při zapnutí svit tohoto světla pokrýval celou pracovní část. Ovládání osvětlení je v pravé části stolu a je součástí rámu, takže je pro pracovníka u stolu dobře dostupné. Průmyslové světlo je na obrázku číslo 59.



*Obrázek 59 - Průmyslové osvětlení*

Pomocí zjednodušení technologických procesů a úpravě osvětlení se povedlo výrazně vylepšit pracovní podmínky na pracovišti. Zaměstnanec již nadměrně nenamáhá zrak a nemusí rozlišovat jemné detaily při procesu páskování. Přes všechna vylepšení zůstalo pracoviště a zátěž pracovníka ve druhé kategorii, a to z důvodu využití sdruženého osvětlení.

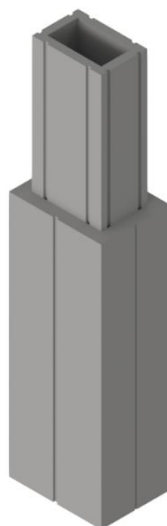
Dalším řešeným ergonomickým problémem nynějšího pracoviště je fyzická zátěž. Pracovník je na pracovišti vystaven dynamické i statické zátěži. Z pohledu statické zátěže byla největším problémem monotónní sedící pozice po celou dobu směny. Tuto problematiku jsem se rozhodl vyřešit pracovištěm uzpůsobeným na stání a na případný polo sed, kdy je pracovník uchráněn od horší statické zátěže. Z pohledu fyzické zátěže nebylo ideální ani držení nástrojů potřebných k vykonání technologických procesů. To se podařilo odstranit návrhem nových přípravků. Dynamicky je nyní pracovník zatěžován především při páskování. Tento problém byl vyřešen páskovacím automatem. Pomocí výše popsaných opatření a návrhem nového technologického řešení pracoviště se podařilo výrazně snížit počty potřebných pohybů a odstranit ergonomické nedostatky, které řadily pracoviště až do třetí kategorie. Díky všem opatřením lze nyní pracoviště z pohledu fyzické zátěže pracovníka zařadit do 1. kategorie.

Dále jsem se u problematiky tohoto pracoviště zmiňoval o psychické zátěži. Pracoviště je i v dnešní podobě relativně psychicky nenáročné a díky navržené optimalizaci technologie a pracoviště jako celku, bude ještě výrazně zvýšena ergonomie pracoviště, což přispěje k dalšímu psychickému klidu pracovníka na pracovišti. Monotónnost vykonávané činnosti na pracovišti nelze úplně odstranit, protože pracovník musí ze stejného polotovaru jako má nyní i nadále produkovat stejně výsledně upravený výrobek. Výhodou je nynější menší zátěž pracovníka, což mu především u operace páskování pomůže k menší psychické zátěži, když bude proces vykonáván automaticky a nebude se na něj muset tolik zaměřovat. Současně pracovníka trochu rozptyluje práce ve stoje, kdy se alespoň částečně pohybuje po

pracovišti a nesedí v jedné strnulé poloze. Přesto bych kvůli monotónnosti zachoval zařazení do druhé kategorie, i když posun v psychické zátěži je podle mého názoru výrazný.

Dalším prvkem ergonomie je pracovní poloha. U pracovní polohy není ideální ani sezení ani práce vstoje. Obě polohy spadají do druhé náročností kategorie při výkonu po celou dobu směny. Já se rozhodl pro práci vstoje především z toho důvodu, že se sníží statická fyzická zátěž. Práce vstoje probíhá v přijatelných polohách.

U pracovní roviny byl největším problémem ergonomicky nepřizpůsobitelný pracovní stůl. Toto jsem se rozhodl vyřešit stolem, který je výškově polohovatelný. Při změně pracovníka, nebo u pracovníků s výrazně odchylovými parametry velikostí, je tu možnost přizpůsobení pracovní desky s přípravky do ideální polohy. Na obrázku číslo 60 lze vidět polohovatelné nohy stolu.



*Obrázek 60 - Výsuvné nohy pracovního stolu*

Zároveň u stávajícího stolu byl problém v jeho opotřebení, což se návrhem nového stolu vyřešilo.

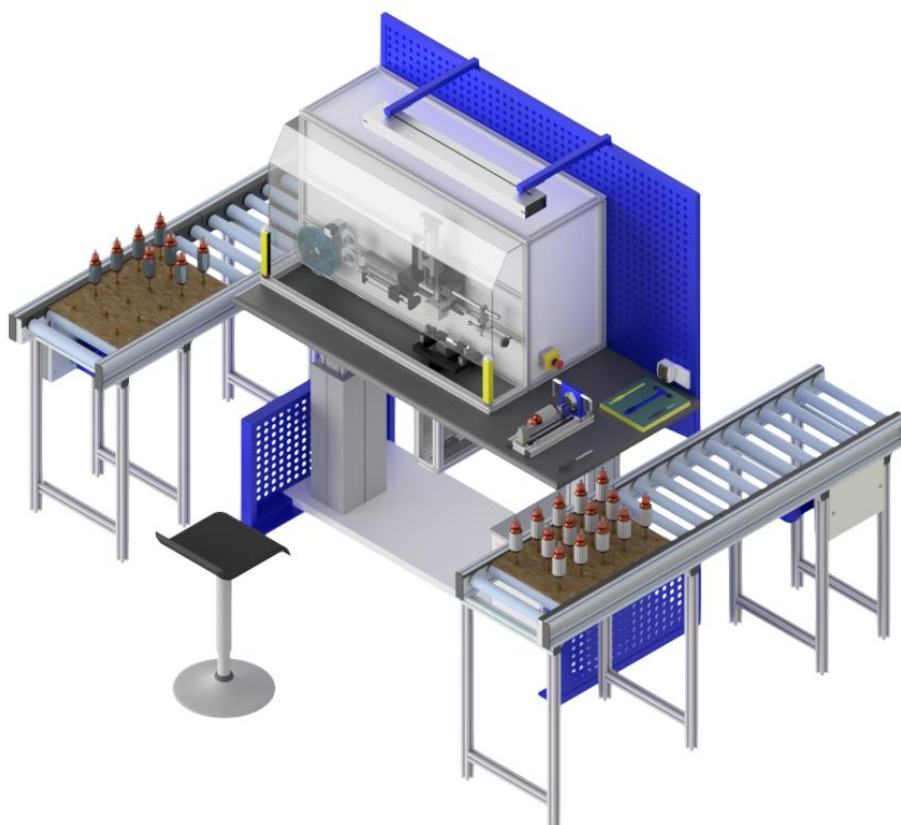
Pracovní židle byla u optimalizovaného návrhu odstraněna, protože pracoviště je uzpůsobeno na stání. Ergonomicky nastavitelný stůl případně dovoluje pracoviště předělat k sezení, ale v mém případě jsem na pracoviště zapracoval pouze sedátko pro polosed, které slouží především k mírnému odpočinku pracovníka, když například pije v průběhu směny.

Z pohledu pohybového ústrojí jsem řešil především extrémní a nepříjemné polohy, ke kterým docházelo při výkonu technologických úkonů a nyníjšího přípravku. Tyto nedostatky se podařilo odstranit návrhem nových přípravků a úpravou technologického postupu.

Další řešenou ergonomickou zásadou na pracovišti jsou pracovní pohyby. Z pohledu pracovních pohybů pomáhá práce vstoje, kdy má pracovník lepší rozsahové možnosti a nemusí vykonávat nepříjemné otáčení trupem případně náklony. Přípravky, na kterých jsou vykonávány pracovní úkony, a s kterými pracovník pracuje jsou umístěny v nejlepším možném umístění na desce, v oblasti A (viz. obrázek 19). Dále jsou na pracovní desce nástroje pro případnou a výjimečnou úpravu výrobku po vyjmutí z prvního přípravku, které jsou v oblasti B. Do stejné kategorie spadá ovládání osvětlení. Výrobky k úpravě a hotové výrobky odebírá pracovník na pásech, které běží souběžně se stolem a má k nim bezproblémový přístup. Z pohledu výškových parametrů jsou na optimalizovaném pracovišti všechny ovládací a funkční prvky v optimální poloze.

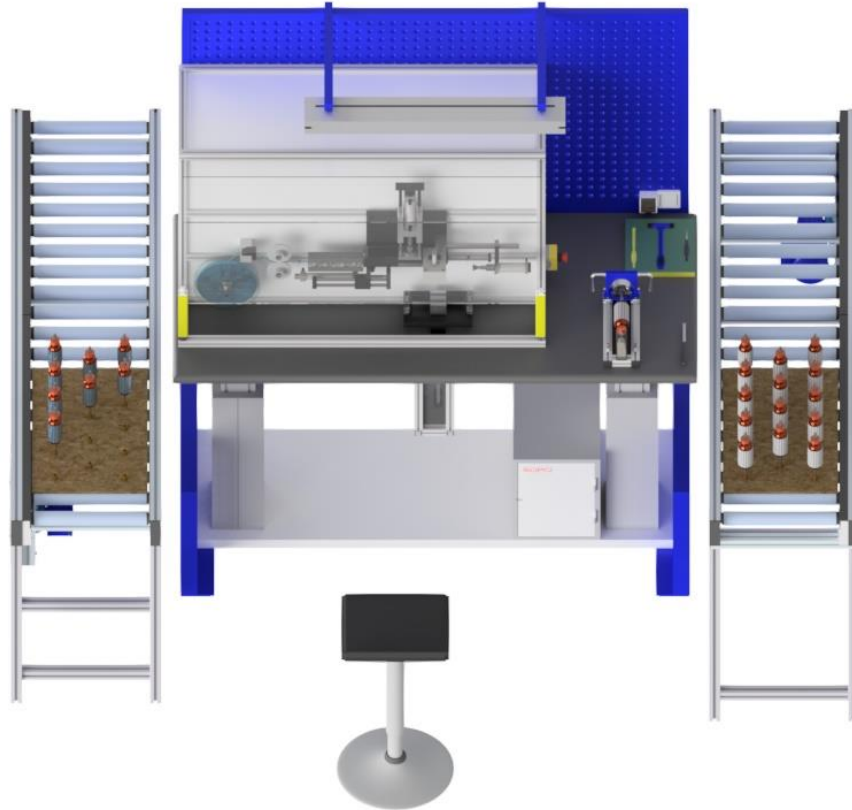
K ukládání osobních předmětů je umístěna ve spodní části stolu schránka, kam si může pracovník uložit osobní věci, které potřebuje během směny na pracovišti. Zároveň na schránce vzniká odkládací plocha pro prvky, ke kterým chce mít pracovník bezproblémový přístup, ale zároveň je nepotřebuje mít na pracovní desce stolu.

V této části práce byli shrnuty ergonomické nedostatky nynějšího pracoviště a jejich řešení na optimalizovaném nově navrženém pracovišti. Názorně je zobrazeno na obrázku číslo 61.



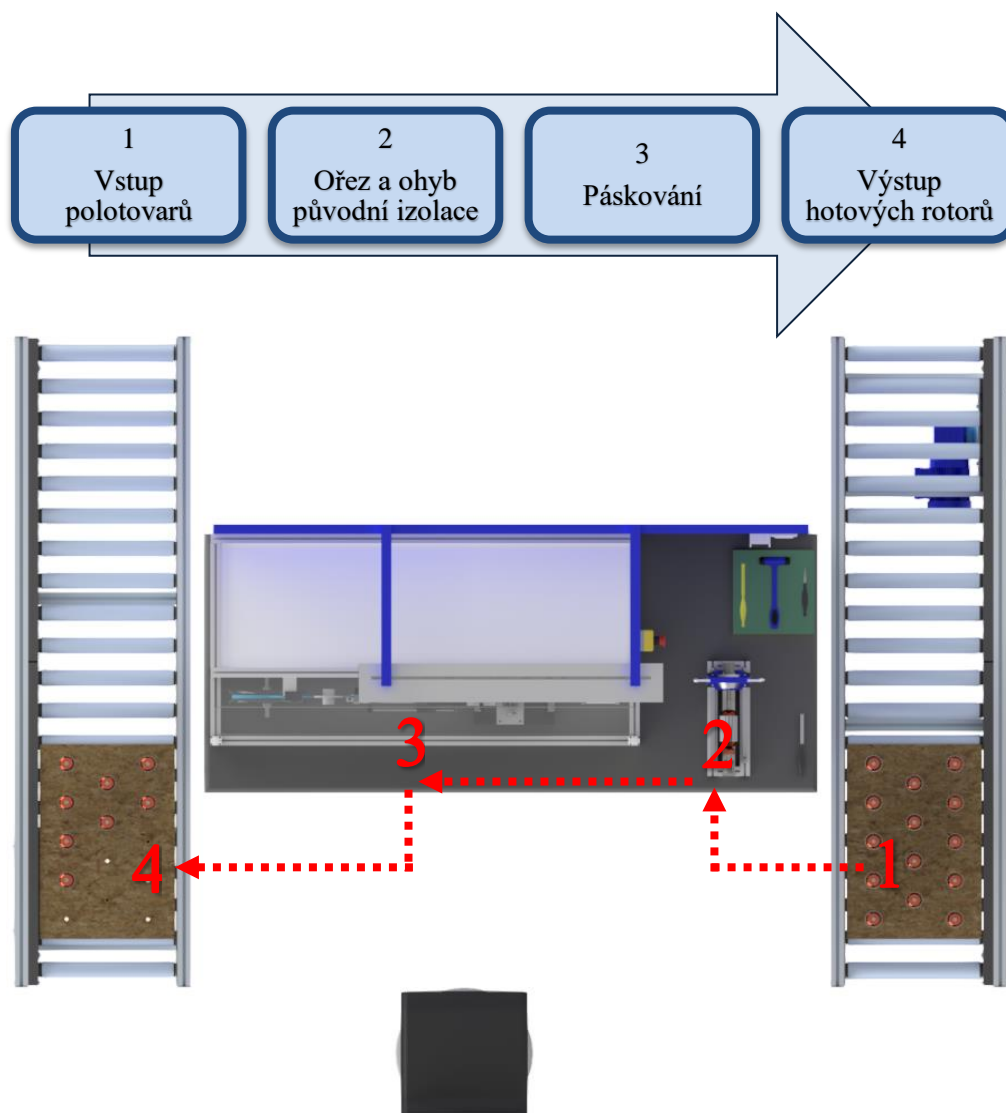
*Obrázek 61 - Optimalizovaný návrh nového pracoviště*

Na obrázku lze vidět rozložení prvků na pracovišti a také všechny výše popsané funkční prvky. Pro lepší přehlednost jsem na obrázku číslo 62 vyobrazil pracoviště ještě z jiného pohledu.



*Obrázek 62 – Návrh nového pracoviště*

Na obrázku číslo 63 je poté ukázán tok materiálu tak, jak je navržen pohyb výrobků a jak se bude pracovník pohybovat po pracovišti od uchopení rotoru na vstupu až po odložení hotového rotoru na výstupu.



Obrázek 63 – Optimalizovaný tok materiálu

V této velmi rozsáhlé kapitole, která se zabývala komplexním návrhem optimalizace pracoviště uzavírání drážek, jsem se nejprve zabýval shrnutím ergonomických problémů stávajícího pracoviště a technologie. Následně jsem navrhnul optimalizaci technologie, kdy jsem došel k novému rozvržení operací na pracovišti a návrhu tří manuálních přípravků pro ořez a ohyb původní povrchové izolace. Poté jsem navrhnul tři automatická a jedno manuální zařízení pro operaci páskování. Z těchto variant jsem pomocí vícekritériálního hodnocení dle bodovací metody, provedl technické vyhodnocení a výběr jedné varianty pro každou operaci. Dva vybrané přípravky jsem v další kapitole optimalizoval pro použití na pracovišti a podrobně popsal jejich princip. V poslední části kapitoly jsem navrhnul řešení ergonomických nedostatků nynějšího pracoviště a v závěru kapitoly navrhnul vizualizaci nového pracoviště. V další kapitole provedu ekonomické zhodnocení komplexního návrhu tohoto pracoviště.

## 6 Technicko-ekonomické zhodnocení vybraného návrhu

Cílem této závěrečné kapitoly je technické, a především ekonomické vyhodnocení vybraného návrhu. V části týkající se technického zhodnocení jsou především vyhodnoceny přínosy vybraných technologií a pracoviště z hlediska časových úspor, náročnosti prováděných úkonů na pracovišti a také z hlediska ergonomie. V ekonomickém zhodnocení se zaměřím na shrnutí všech přínosů a jejich odhadovaný dopad na výrobu a produktivitu pracoviště. Vzhledem k obdržným údajům bude celá investice detailně vyhodnocena s tím, že v dané společnosti si mohou, dle interních údajů provést výpočet doby návratnosti, dle plánovaného finančního ocenění a zároveň ušetřeného času. Výsledkem této kapitoly bude vynést závěrečný verdikt, jak velký je objem ušetřeného času na pracovišti uzavírání drážek ve společnosti SOPO a nacenění nutné investice do vybraného návrhu.

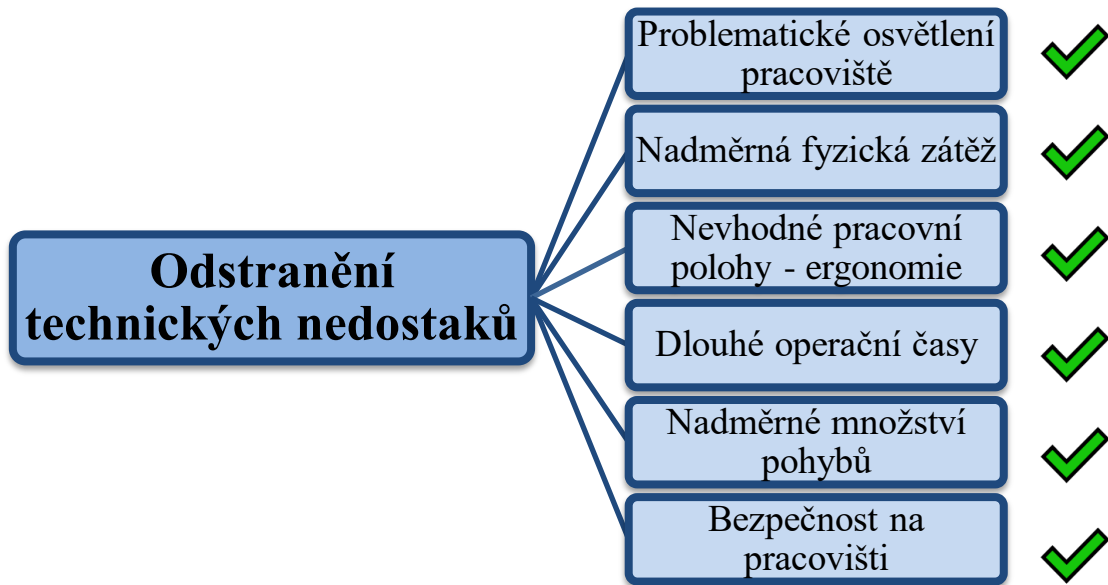
### 6.1 Technické vyhodnocení

Z pohledu technického hodnocení jde především o rekapitulaci a zpřehlednění dosažených výsledků optimalizace. Při technickém zhodnocení se zaměřím na to, jak se podařilo vyřešit technologickou úroveň výrobních přípravků na pracovišti, ergonomii a také výrobní proces pracoviště. Pro přehlednost jsou na obrázku číslo 64 vyobrazeny nejdůležitější cíle, kterých bylo z pohledu technického vylepšení potřeba dosáhnout. Barevné označení jednotlivých problémů ukazuje, do jaké míry se podařilo tyto problémy vyřešit.

Barevný klíč pro hodnocení vyřešení problémů nynějšího pracoviště:

- **zelená barva** vyznačuje vyřešení problému,
- **žlutá barva** vyznačuje částečné vyřešení problému
- **červená barva** poukazuje na neřešený problém, případně na špatně vyřešený problém





Obrázek 64 - Vyhodnocení řešení technických nedostatků

V technické části tohoto technickoekonomického hodnocení bych se měl také zabývat výběrem konkrétních technologických přípravků, vhodných pro toto pracoviště. Tento výběr byl, ale již popsán v předešlých kapitolách, a to především v kapitole 7.3, kde byly vhodné přípravky zvoleny dle vícekritériální analýzy.

Výsledkem kompletní optimalizace a návrhu nového pracoviště bylo především dosažení pohybové a časové úspory, a dále také vylepšení ergonomie. Těchto cílů bylo dosaženo, díky návrhu nového pracoviště, kdy došlo ke kompletnímu přepracování technologických přípravků výroby i samotného pracoviště.

Návrhem nových technologií pracoviště se podařilo dosáhnout výrazné pohybové i časové úspory. Tyto hodnoty jsou v této práci odhadnuty a mohou se od reálného provozu mírně lišit. Kompletní předpokládaná časová úspora je plánována na 81 %, pohybová úspora dosahuje hodnoty 88 %. Vyhodnocení těchto údajů je v tabulce číslo 21.

Tabulka 21 - Odhad časové a pohybové úspory po optimalizaci

Optimalizace procesu uzavírání drážek								
Operace	Čas		Úspora času		Pohyby		Úspora pohybu	
	Před	Po	[s]	[%]	Před	Po	[-]	[%]
Uchopení a upnutí výrobku	4	4	0	0	10	10	0	0
Odříznutí izolace (povrch)	20	3	17	85	67	4	63	94
Ohýbání krajů izolace	27	3	24	89	69	4	65	94
Vyjmutí a nové upnutí	-	5	-5	-	-	10	-10	-
Páskování (izolace)	100	12	88	88	104	0	104	100
Vyjmutí a odnos hotového výrobku	4	3	1	25	7	4	3	43
<b>Suma</b>	155	30	125	<b>81</b>	257	32	225	<b>88</b>

Z tabulky lze vidět, že plánovaná úspora pohybů je velmi výrazná. Podařilo se odstranit pohyby, které byly z pohledu ergonomie nežádoucí. Významná je také úspora času. Její značná výše se promítne v možné návratnosti plánované investice a při dostatečném využití kapacity bude tato investice rozhodně obrovským přínosem.

Další důsledky a vylepšení v rámci optimalizace byly již popsány výše v této práci a není nutné je proto opakovat. Závěrem technického vyhodnocení lze říci, že se z technického hlediska podařilo dosáhnout velmi dobrých výsledků. Podařilo se odstranit výrazně nadbytečnou časovou dotaci, pohyby pracovníka, ergonomii, ale i další prvky pracoviště, které nebyly dobře vyřešeny. Mírně negativní stránkou kvalitního návrhu nového pracoviště je ekonomická stránka věci, která bude popsána v následující kapitole.

## 6.2 Ekonomické vyhodnocení

Závěrečná kapitola této práce se zabývá ekonomickým zhodnocením navrhnutého pracoviště. Výsledkem budou podklady, které dovolí společnosti SOPO vypracovat vlastní analýzu a vypočítat dobu návratnosti investice. Údaje pro tento výpočet jsou neveřejné.

Hlavním výstupem této ekonomické části, je z mé strany odhad předpokládaných investic, které budou nutné pro realizaci optimalizace pracoviště. Ukázka výpočtu doby návratnosti s odhadnutou hodinovou sazbou operátora tohoto pracoviště. Při odhadu finanční náročnosti a nutných investic jsem vycházel z dostupných maloobchodních ceníků a rad od odborníků, zabývajících se touto problematikou. Před nahlédnutím na investiční

náklady si je potřeba uvědomit, že uvedené ceny jsou pouze za materiál potřebný k sestavení přípravků. Je zde počítáno s tím, že odborníci ze společnosti SOPO si konstrukční práce a montáž provedou vlastními silami. Pokud bychom si objednali toto pracoviště jako celek, na klíč od externího dodavatele, může být cena, která je uvedena za materiál až třikrát vyšší dle vybraného dodavatele. Přehled nutných investic je přehledně shrnut v tabulce číslo 22.

Tabulka 22 - Investiční náklady pro tvorbu nového pracoviště

<b>Investiční náklady pro tvorbu nového pracoviště</b>	
Prvek	Cena
<b>Manuální přípravek pro ořez a ohyb původní izolace</b>	
Lineární vedení + 2x vozík	1 000 Kč
Hliníkové profily	700 Kč
2x koník + 1x pevný a 1x odpružený hrot	8 500 Kč
Dělený nástroj kruhového typu se zuby na ohyb	25 000 Kč
Madla	1 000 Kč
Rám pro nástroj	4 000 Kč
Dorazy na vedení	500 Kč
<b>Suma</b>	<b>40 700 Kč</b>
<b>Automatický přípravek pro páskování</b>	
Kompletní elektronika (elektrický rozvaděč, elektrický řídicí systém, příslušenství)	80 000 Kč
Kompletní pneumatika (vzduchová jednotka, válce, ventily, snímače, příslušenství)	85 000 Kč
Zabezpečovací prvky (Krytování – plexiskla, optozávora, bezpečnostní příslušenství)	70 000 Kč
Výroba přípravků (nosné části, kotvící deska, opracování, tvarovací kola)	220 000 Kč
Příslušenství (kotvící prvky, profily)	30 000 Kč
<b>Suma</b>	<b>485 000 Kč</b>
<b>Pracoviště uzavírání drážek</b>	
Ergonomický stůl, polohovatelný	40 000 Kč
Sedátko pro polosed	1 500 Kč
Osvětlení	2 500 Kč
Renovace dřevěných zakládacích desek	3 500 Kč
<b>Suma</b>	<b>47 500 Kč</b>
<b>Celkem</b>	<b>573 200 Kč</b>

Z tabulky lze vidět, že výsledná investice je poměrně vysoká. Hrubý odhad za celou investici se pohybuje okolo 570 tis. Kč. Nyní již záleží na politice společnosti a na tom, zda má pro pracoviště dostatečné využití, aby se mohl projevit významný nárůst produktivity,

který by tato optimalizace přinesla. Optimalizace by byla rozhodně přínosem z časového hlediska, což ve výsledku znamená významné finanční úspory, jak je vidět v ukázkovém výpočtu. Zároveň optimalizace tohoto pracoviště významně uleví zaměstnanci a vyřeší ergonomické nedostatky nynějšího pracoviště.

Společnost SOPO má také možnost, nahradit nejvýznamnější nákladovou položku, kterou je páskovací automat, za manuální přípravek, který byl v této práci také představen. Odhad ceny tohoto přípravku je přibližně 40 000 Kč, a to by výslednou investici snížilo na zhruba 130 000 Kč. Důležité je ale upozornit, že tato změna by významně ovlivnila produktivitu operace páskování, ta by se tak značně snížila.

Pro dokončení komplexní ekonomické analýzy a pro výpočet reálné celkové doby návratnosti je potřeba určit, kolik kusů rotorů je schopna společnost na tomto pracovišti zpracovat. Pokud budeme počítat s klasickou osmihodinovou směnou, lze jednoduchým výpočtem dojít k výsledku, že při dnešní produktivitě pracoviště, kdy úkony operací trvají 155 sekund a se započítáním patnáctivteřinové rezervy na kus pro přechod pro další výrobek a případné opravy chyb, lze vyrobit během směny 169 hotových rotorů. K výsledku jsem se dostal výpočtem, kdy směna obsahuje 28 800 sekund. Tuto hodnotu podělím celkovou dobou součtu operací se započítanou patnáctivteřinovou rezervou, což je 170 sekund na jeden kus hotového výrobku. Pokud aplikujeme stejný výpočet pro optimalizované pracoviště a odhad doby trvání výrobních operací 30 sekund, kdy opět započítáváme patnáctivteřinovou rezervu na kus, dostaneme se ke konečnému počtu 640 kusů za směnu. Z tohoto lze vidět, že pokud má společnost a bude mít vytížení pro toto pracoviště, bude schopná vyrábět 3,5x více finálních výrobků za stejnou dobu.

Pro ukázkový výpočet doby návratnosti využiji odhadu mzdy operátora na tomto pracovišti, kterou odhaduji na zhruba 500 000 Kč/rok v hrubé mzdě. Z tohoto odhadu vychází dále hodinová mzda zhruba 250 Kč/hod. Když vynásobím tuto hodinovou mzdu osmi hodinami produktivní směny, dostanu výslednou hodnotu mzdy 2 000 Kč za směnu.

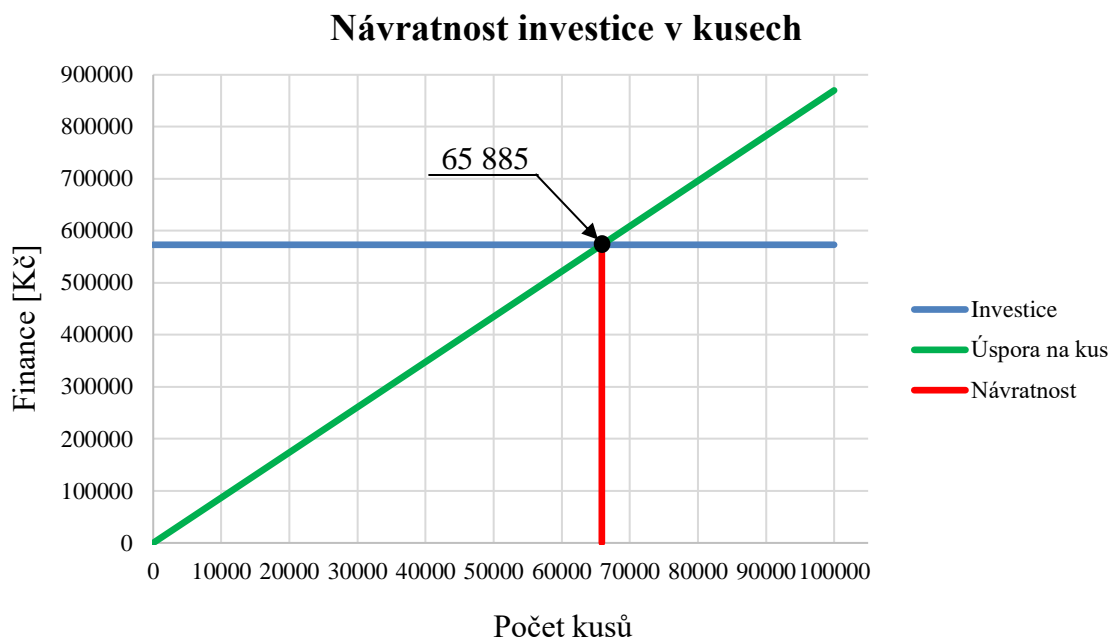
Kompletní ukázkový výpočet, kdy dojdeme k meznímu počtu kusů, při nichž dojde k navrácení celé investice je uveden v tabulce číslo 23.

Tabulka 23 - Doba návratnosti investice

<b>Doba návratnosti investice</b>		
Hodnota investice	573 200 Kč	
Mzda operátora roční	500 000 Kč/rok	
Mzda operátora hodinová	250 Kč/hod	
Mzda operátora za směnu	2 000 Kč	
Počet pracovních dní/směn	250	
	<b>Původní pracoviště</b>	<b>Optimalizované pracoviště</b>
Počet kusů za směnu	169 kusů	640 kusů
Cena za kus	11,83 Kč	3,13 Kč
Finanční úspora na kus	8,70 Kč	
Denní navýšení v kusech	471	
Finanční úspora roční	1 024 425 Kč	
<b>Návratnost investice v kusech</b>	Investice/Kusová úspora	<b>65 885 kusů</b>
<b>Návratnost investice v letech</b>	Investice/Finanční úspora roční	<b>0,56 roku</b>
<b>Návratnost investice v počtu směn</b>	Návratnost investice v kusech/počet kusů za směnu	<b>103 směn</b>

Z tabulky vyplývá, že se návratnost investice se rovná 103 směnám. Do tohoto výpočtu nejsou započítány náklady na údržbu a provoz. Návratnost investice je počítána pouze na úsporu z pohledu mzdových nákladů. Tento údaj není nikterak vysoký a při přibližném počtu 250 pracovních dní v roce pro jednosměnný provoz ve společnosti SOPO, dojdeme ke konečné době návratnosti 0,56 roku. Tento fakt vychází z předpokladu, že společnost bude schopná výrobu a zároveň odbyt navýšit tak, aby kapacita zařízení byla plně využita.

Z tohoto pohledu bude pro společnost zajímavější pohled na dobu návratnosti investice v kusech, kdy návratnost této investice nastává při 65 885 kusech. Tento ukazatel je zobrazen také v grafu na obrázku číslo 65.



Obrázek 65 - Návratnost investice v kusech, graficky

Nyní již záleží na interních materiálech společnosti, kdy je ve společnosti dán určitý maximální počet rotorů k odbytu za měsíc případně rok a z toho lze dopočítat přesnou dobu návratnosti investice. Tato hodnota se zároveň zpřesní při konkrétní hodnotě mzdy operátora.

V závěrečné kapitole jsem se věnoval nejprve shrnutí technických vylepšení, které odstranily zásadní nedostatky nynějšího pracoviště. V části věnované technickému hodnocení jsem také odhadl průběžnou úsporu jednotlivých operací při zapojení nových přípravku do provozu. Úspora na optimalizovaném pracovišti se pohybuje na úrovni 80 %, což je pro společnost již významná úspora. V druhé části věnované ekonomickému zhodnocení jsem provedl odhad investičních nákladů, které budou nutné, aby mohlo nové pracoviště vzniknout. Následně jsem dle odhadnutých parametrů mzdy operátora a úspory času nových zařízení vypočítal dobu návratnosti investice. Dle výpočtu jsem došel k návratnosti investice v kusech, kdy při 65 885 kusech dojde k zaplacení celé investice pouze na mzdě operátora.

## 7 Závěr

Tématem této diplomové práce bylo provést optimalizaci vybraného pracoviště ve společnosti SOPO s.r.o. a navrhnout opatření, která povedou k odstranění negativních ergonomických vlivů a ke zvýšení produktivity tohoto pracoviště.

V úvodu diplomové práce bylo provedeno krátké představení výrobní společnosti SOPO s.r.o., zejména byla popsána její historie a nynější struktura. Dále bylo krátce představeno produktové portfolio firmy.

První kapitola této práce je věnována průmyslovému inženýrství. Na počátku kapitoly byly představeny nezbytně nutné pojmy z průmyslového inženýrství a dále bylo zpracováno téma štíhlého podniku a štíhlé výroby. V této části byla také představena společnost Toyota, která je průkopníkem průmyslového inženýrství a pojí se s ní kompletní historie, která je v této kapitole zpracována. Poté je v této části práce představen pojem plýtvání a s ním spojené pojmy.

Následně byla kapitola věnována představení metody 5S, která patří mezi nejdůležitější prvky dnešního průmyslového inženýrství a je stavebním kamenem úspěšného optimalizování layoutů pracoviště. Metoda 5S byla v této kapitole podrobně představena, vysvětlena a zařazena do kontextu dalších metod štíhlé výroby. Závěr části o metodě 5S byl věnován novinkám, které se pojí s touto metodou a které ji zároveň neustále vylepšují a zvyšují její efektivitu.

Poslední a zároveň nejobsáhlejší rešeršní část kapitoly je věnována ergonomii, která je nejdůležitější součástí při návrhu optimalizace pracovišť. Nejprve je představena definice ergonomie a následně je zde popsán její vývoj od samotného vzniku. Dále se tato část věnovala dělení ergonomie a ergonomickým zásadám, kdy je zaměřena především na pracovní místo, pracovní prostředí a pohybové ústrojí. V závěru kapitoly byly také představeny kategorie pracovních provozů a kritéria nutná pro hodnocení kategorizace provozů, přičemž tato část vycházela především z platné legislativy, a to především z nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci a také z vyhlášky č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií.

Další kapitola této práce se již věnovala samotné analýze současného pracoviště, kterým bylo pracoviště uzavírání drážek. Toto pracoviště bylo nejprve představeno a následně byl popsán jeho současný stav. Následně proběhla podrobná analýza, která rozklíčovala operace vykonávané na pracovišti, pohyby a používané nástroje. V průběhu této analýzy byly

objeveny zásadní ergonomické nedostatky pracoviště a zároveň úzká místa, která snižovala produktivitu. Tato analýza sloužila jako podklad pro další část práce, kterou je návrh optimalizace pracoviště.

Návrh optimalizace pracoviště uzavírání drážek byla nejobsáhlejší kapitola, ve které došlo k zásadním krokům odstraňující chyby a nedostatky původního pracoviště. V počátku této části byly shrnuty zásadní ergonomické nedostatky, které bylo potřeba odstranit. Hlavními cíli optimalizace bylo odstranění nadměrného počtu pohybů, časová náročnost, významná fyzická zátěž, špatná ergonomie pracoviště a nástrojů a také vyřešení bezpečnosti práce při provádění jednotlivých operací. Dále bylo již přistoupeno k samotnému návrhu řešení optimalizace pracoviště. Nejprve byla řešena samotná technologie výroby prováděná na pracovišti. Poté byl navržen nový technologický postup výrobních operací tak, aby byla zkrácena průběžná doba výroby a byl také snížen počet pohybů. Následně bylo pro nově zvolené výrobní operace navrženo několik variant řešení, konkrétně pro operaci ořezávání a ohýbání původních izolací to byly tři nové manuální přípravky a pro operaci páskování tři varianty automatického zařízení a jedna varianta manuálního přípravku. V další části této kapitoly byly tyto varianty podrobně zhodnoceny a pomocí několika kritérií byl dle vícekritériálního rozhodování pomocí bodovací metody vybrán jeden manuální přípravek pro první výrobní operaci a jeden automatický přípravek pro druhou výrobní operaci. Pro první výrobní operaci byl vybrán přípravek s kruhovým nástrojem, který propojil dvě původní výrobní operace ořezu a ohybu do jednoho pracovního pohybu. Pro druhou výrobní operaci byl zvolen plně automatický přípravek s tlačným palcem, pro vkládání páskové izolace do drážek. Tyto vybrané přípravky byly následně podrobně rozpracovány a popsány a prošly optimalizací tak, aby jejich výroba byla co nejefektivnější. Poslední část této kapitoly se zabývá návrhem samotného layoutu pracoviště, kdy byl navržen nový ergonomický stůl pro zvolené přípravky a byl navržen kompletní průběh výrobního cyklu pracoviště od vstupu až po výstup hotového výrobku.

Tématem poslední kapitoly práce bylo technicko – ekonomické zhodnocení dané optimalizace. V části, která se týkala technického zhodnocení, bylo nejprve shrnuto, které ergonomické nedostatky původního pracoviště se pomocí optimalizace podařilo vyřešit. Následně bylo pro nově navržená zařízení odhadnuto, jaká bude jejich časová a pohybová úspora, přičemž pro vyšší přesnost byly tyto úspory odhadnuty, pro každou operaci zvlášť. Časová úspora byla celkově odhadnuta na 81 % a pohybová úspora na 88 %. Po technickém zhodnocení následovala část ekonomického vyhodnocení, kde byla nejprve provedena



predikce nutných investic do jednotlivých zařízení a do pracoviště jako celku. Celkové hodnota investic byla oceněna na zhruba 573 200 Kč, přičemž největší část této investice, konkrétně 485 000 Kč, by stál páskovací automat. Poté byl stanoven odhad mzdy operátora pracoviště a byl proveden výpočet, který predikuje dobu návratnosti investice. Tato doba byla vypočtena na 0,56 roku. Důležitým ukazatelem pro společnost je také výpočet návratnosti investice v kusech. Počet kusů, při kterých by byla investice kompletně navrácena je 65 885.

Ze závěrečného hodnocení vyplývá investiční náročnost, přičemž po realizaci této investice je možné dosáhnout významného zvýšení produktivity práce na pracovišti. Na pracovišti je významný potenciál k možným úsporám, což se projevuje na krátké době splatnosti celé investice. Cíle, které byly v této práci stanoveny, byly tak splněny v celém požadovaném rozsahu.

## 8 Citovaná literatura

- [1] **5SToday.com. 2020.** What is 5S? *5S TODAY*. [Online] 5SToday.com, 2020. [Citace: 20. únor 2020.] <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>.
- [2] **Bauer, Miroslav, Haburainová, Inga a Vlček, Karel. 2012.** *Kaizen - Cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno : BizBooks, 2012. 978-80-265-0029-2.
- [3] **Bejčková, Jana. 2016.** Začnete s námi: metoda 5S - předpoklad pro další zlepšování. *Academy of Productivity and Innovations*. [Online] API - Akademie produktivity a inovací s.r.o, 29. červen 2016. [Citace: 17. Únor 2020.] <http://www.e-api.cz/25814n-zacnete-s-nami-metoda-5s-predpoklad-pro-dalsi-zlepsovani>.
- [4] **Burieta, Ján. 2012.** Svět produktivity. *5S, 6S, nebo dokonce 7S*. [Online] CPI Web servis s.r.o., 2012. [Citace: 17. únor 2020.] <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/5s-6s-nebo-dokonce-7s.htm/>.
- [5] **ČESKO. Nařízení vlády č. 361 ze dne 12. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.** In: Sběrka zákonů České republiky, 2007, částka 111. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [6] **ČESKO. Vyhláška č. 432 ze dne 4. prosince 2003, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli.** In: Sběrka zákonů České republiky, 2003, částka 142. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-432>
- [7] **ČESKO. Zákon č. 258 ze dne 14. července 2000, o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů.** In: Sběrka zákonů České republiky, 2000, částka 74. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>
- [8] **Dlabač, Jaroslav a Pavelka, Marcel. 2015.** Academy of productitivity and innovations. *Průmyslové inženýrství v organizační struktuře podniku*. [Online] API - Akademie produktivity a inovací, s.r.o., 29. Říjen 2015. [Citace: 10. Únor 2020.] <https://www.e-api.cz/25785n-prumyslove-inzenyrstvi-v-organizacni-strukture-podniku>.
- [9] **Dlabač, Jaroslav. 2014.** Štíhlý materiálový a hodnotový tok. *Štíhlá výroba a logistika*. [Online] [www.mmspektrum.com](http://www.mmspektrum.com), 15. Duben 2014. [Citace: 10. Únor

- 2020.] <https://www.mmspektrum.com/clanek/stihly-materialovy-a-hodnotovy-tok.html>.
- [10] **Dostál, Dušan. 2020.** Odhalovat plýtvání. *ProLean / coaching consulting trainings*. [Online] ProLean Consulting s.r.o., 2020. [Citace: 17. únor 2020.] <https://prolean.cz/7-1plytvani/>.
- [11] **Earley, T. 2017.** Lean manufacturing tools. *History of lean manufacturing*. [Online] Lean manufacturing tools, 2017. [Citace: 13. Únor 2020.] <http://leanmanufacturingtools.org/49/history-of-lean-manufacturing/>.
- [12] **Chundela, Lubor. 2013.** *Ergonomie*. Praha : Nakladatelství ČVUT, 2013. 978-80-01-05173-3.
- [13] **Jirásek, Jaroslav. 1998.** *Štíhlá výroba*. Praha : Grada publishing, 1998. 80-7169-394-4.
- [14] **Košтуриak, Prof. Ján. 2014.** Štíhlý podnik - iluze a realita. *Štíhlá výroba a logistika*. [Online] [www.mmspektrum.com](http://www.mmspektrum.com), 15. Duben 2014. [Citace: 10. Únor 2020.] <https://www.mmspektrum.com/clanek/stihly-podnik-iluze-a-realita.html>.
- [15] **Lean Enterprise Institute, Inc. 2020.** Lean Enterprise Institute. *A brief history of lean*. [Online] Lean Enterprise Institute, Inc, 2020. [Citace: 13. Únor 2020.] <https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>.
- [16] **Liker, Jeffrey K. 2008.** *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Praha : Management Press, 2008. 978-80-7261-173-7.
- [17] **Malý, Stanislav, Král, Miroslav a Hanáková, Eva. 2010.** *ABC ergonomie*. Praha : Professional Publishing, 2010. 978-80-7431-027-0.
- [18] **Marek, Jakub a Skřehot, Petr. 2009.** *Základy aplikované ergonomie*. Bezpečný podnik. Praha : VÚBP, v.v.i., 2009. 978-80-86973-58-6.
- [19] **Masaaki, Imai. 2008.** *Gemba Kaizen*. [překl.] Vladimír Paulíny. Brno : Computer Press, a.s., 2008. 80-251-0850-3.
- [20] **Roser, Christoph. 2015.** AllAboutLean. *How 5S Works*. [Online] Christoph Roser, 28. duben 2015. [Citace: 18. únor 2020.] <https://www.allaboutlean.com/5s-method/>.
- [21] **SOPO Winding Architects: NAHLÉDNUTÍ DO SPOLEČNOSTI SOPO** [online]. SOPO, 2017 [cit. 2020-06-16]. Dostupné z: <https://www.sopo.cz/fotogalerie>
- [22] **Strategosinc. 2016.** Strategosinc. *A history of lean manufacturing*. [Online] Permissions, Únor 2016. [Citace: 13. Únor 2020.] [http://www.strategosinc.com/just\\_in\\_time.htm](http://www.strategosinc.com/just_in_time.htm).

[23] SyNext, s.r.o. 2008. Štíhlá výroba - lean production. *synext.cz*. [Online] SyNext s.r.o, 2008. [Citace: 13. Únor 2020.] <http://web.archive.org/web/20160612165644/http://www.synext.cz/stihla-vyroba-lean-production.html>.

[24] Vnitřní dokumenty společnosti SOPO s.r.o.