

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2023

**MATĚJ
PAUR**

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Paur** Jméno: **Matěj** Osobní číslo: **501493**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh montážního pracoviště čerpadel

Název bakalářské práce anglicky:

Design of pump assembly workplace

Pokyny pro vypracování:

1. Rešerše projektování montáží a ergonomie práce
2. Analýza současného stavu pracoviště
3. Návrhy montážního pracoviště
4. Vyhodnocení návrhů a výběr vhodné varianty

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Tomáš Kellner ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

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

Datum zadání bakalářské práce: **03.04.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31.07.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Tomáš Kellner
podpis vedoucí(ho) práce

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

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Tomáše Kellnera, a to pouze pomocí podkladů uvedených v seznamu použité literatury.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne:

.....

Podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Tomáši Kellnerovi za cennou podporu a odborné vedení během tvorby mé bakalářské práce a laskavost a podnětné diskuse při našich konzultacích. Poděkování patří také mé rodině za podporu během celého studia.

Anotace

Cílem bakalářská práce je analýza současného pracoviště montáže zubových čerpadel v modelové společnosti a návrh optimalizovaného řešení. V úvodní části práce je rešerše montáže a jejího projektování. Rešerše se zabývá také ergonomií a optimalizací montáže. Následující část bakalářské práce využívá poznatků z částí předcházejících, je v ní představeno současné řešení pracoviště montáže a provedena jeho analýza. V další části práce jsou představeny dvě varianty optimalizace pracoviště, v poslední části této práce jsou navržené varianty optimalizace porovnány.

Klíčová slova

Ergonomie práce, montáž, projektování, návrh pracoviště, optimalizace montáže

Annotation

The aim of the bachelor's thesis is to analyze the current assembly workplace of gear pumps in a model company and propose an optimized solution. The introductory part of the thesis includes research on assembly and its design. The research also deals with ergonomics and assembly optimization. The following part of the bachelor's thesis utilizes the knowledge from the previous sections and presents the current solution of the assembly workplace, followed by its analysis. In the next part of the thesis, two variants of workplace optimization are introduced, and in the final part of this work, the proposed optimization variants are compared.

Keywords

workplace ergonomics, assembly, design, workplace design, assembly optimization

Obsah

Úvod	1
1. Výroba	2
1.1 Typy výroby	2
1.1.1 Kusová výroba	3
1.1.2 Sériová výroba	3
1.1.3 Hromadná výroba	4
2. Montáž	6
2.1 Dělení montáže dle stupně mechanizace	6
2.2 Dělení podle místa vykonávání montáže	7
2.3 Dělení podle technicko-organizační formy montáže	8
2.3.1 Soustředěná montáž	8
2.3.2 Rozčleněná montáž	9
2.3.3 Předmětná montáž	9
2.3.4 Linková montáž	10
2.3.5 Proudová montáž	10
2.4 Metody montáže	11
2.4.1 Metoda úplné vyměnitelnosti	11
2.4.2 Metoda částečné vyměnitelnosti	11
2.4.3 Metoda výběrová	11
2.4.4 Metoda kompenzační	12
2.4.5 Metoda regulační	12
2.4.6 Metoda lícování	13
2.5 Montážní linky	13
2.5.1 Dělení montážních linek	13
2.5.2 Uspořádání montážních linek	14
3. Navrhování montáže	17
4. Optimalizace organizace montáže	18

4.1	Metoda 5S	18
4.2	One Piece Flow	20
5.	Ergonomie	21
5.1	Ergatika.....	21
5.2	Právní předpisy.....	22
5.3	Pracovní prostředí	22
5.3.1	Osvětlení	23
5.3.2	Barevné řešení	25
5.3.3	Hluk	26
5.3.4	Vibrace	26
5.3.5	Fyzická zátěž.....	27
5.4	Pracovní místo.....	27
5.4.1	Pracovní polohy.....	28
5.4.2	Pracovní pohyby.....	29
5.4.3	Pracovní rovina.....	31
5.4.4	Pracovní vybavení	31
5.5	Zhodnocení ergonomie	34
6.	Analýza současného stavu montáže	35
6.1	Předmět montáže.....	35
6.2	Montážní pracoviště.....	37
6.3	Montážní postup a čas montáže	37
6.4	Zhodnocení současného stavu montáže	40
7.	Návrh optimalizace montážního procesu	42
7.1	Koncept návrhu optimalizovaných pracovišť.....	42
7.1.1	Estetika	42
7.1.2	Barvy.....	43
7.1.3	Modulárnost a přizpůsobitelnost.....	45
7.1.4	Podlaha.....	45

7.1.5	Pracovní stůl	46
7.1.6	Osvětlení	47
7.1.7	Lisy.....	47
7.1.8	Pneumatické nástroje	48
7.1.9	Umístění dílů	48
7.1.10	Spádové dráhy.....	49
7.1.11	Přípravky v krabičkách.....	50
7.2	Návrh 1	51
7.2.1	Montážní přípravek.....	52
7.2.2	Doplňování zásob	52
7.2.3	Rozměry pracoviště.....	53
7.2.4	Optimalizovaný montážní postup	53
7.2.5	Pořizovací cena návrhu 1	56
7.2.6	Zhodnocení návrhu 1	56
7.3	Návrh 2	58
7.3.1	Přípravné pracoviště	59
7.3.2	Pracoviště montáže.....	61
7.3.3	Rozměry pracoviště.....	61
7.3.4	Optimalizovaný montážní postup	61
7.3.5	Pořizovací cena návrhu 2	63
7.3.6	Zhodnocení návrhu 2	64
7.4	Zhodnocení navržených variant	64
	Závěr.....	66
	Bibliografie	68
	Seznam tabulek.....	72
	Seznam obrázků	73

Úvod

Tématem bakalářské práce je optimalizace pracoviště montáže v modelové firmě. Optimalizace bude zaměřena převážně na ergonomii práce a montážní postup. Odpovídající optimalizace ergonomie pracoviště a práce spolu s optimalizací montážního postupu může vést k vyšší kvalitě produktů, zvýšení produktivity a bezpečnosti a zlepšení spokojenosti zaměstnanců, naopak může dojít ke snížení chybovosti a fyzické a psychické námahy pracovníka. Cílem práce je vytvoření návrhů optimalizovaného pracoviště, sloužícího k montáži zubových čerpadel.

Teoretická část práce se bude zabývat montáží, návrhem montážních systémů, jejich optimalizací a ergonomií práce. Montáž bude začleněna do výrobního procesu, uvedeno její dělení a budou popsány různé metody provádění montáže. Další část práce se bude věnovat návrhu a optimalizaci montáže. Poslední část rešerše se zaměří na ergonomii práce. V úvodu této části bude vysvětlen pojem ergatika a uvedeny právní předpisy týkající se ergonomie práce. Následně se tato část zaměří na ergonomii pracovního prostředí a pracovního místa a představí různé způsoby hodnocení ergonomie.

V praktické části bakalářské práce bude nejprve představeno a zhodnoceno současné řešení pracoviště v modelové firmě a také montážní postup pro zubová čerpadla. Budou identifikovány nedostatky z hlediska ergonomie i uspořádání pracoviště.

Na základě informací z již zmíněných kapitol budou vytvořeny dva návrhy optimalizovaných pracovišť. Na začátku této kapitoly dojde k představení základních vlastností a prvků, které budou shodné pro oba návrhy, v další části budou poté jednotlivě představeny oba návrhy a k nim patřící optimalizovaný postup montáže. Budou zde také uvedeny rozměrové parametry, pořizovací náklady a jednotlivá navržená pracoviště budou zhodnocena.

Závěrečná kapitola bakalářské práce bude věnována porovnání jednotlivých návrhů optimalizovaných pracovišť a zvolení vhodné varianty.

1. Výroba

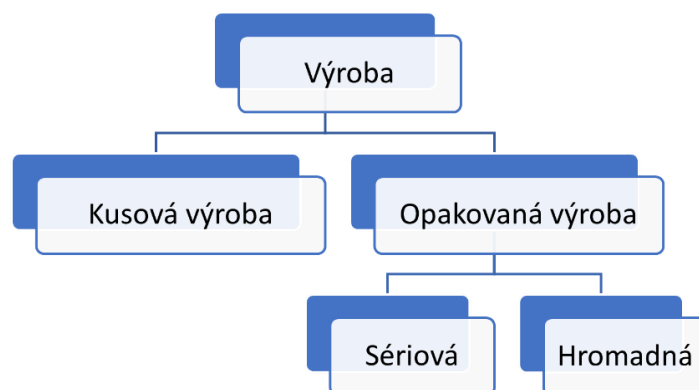
Výroba je činnost (proces), která vědomě přetváří vstupy na výstupy. Vstupy jsou zdroje potřebné k vytváření požadovaných výstupů. Může se jednat o materiál, lidské zdroje, stroje, energie, dopravu, informace atd. Tyto vstupy jsou při výrobě transformovány do výstupů, tedy produktů, které podnik nabízí svému okolí. Produkty se rozumí jak výrobky, tak i služby, ty jsou nehmotné (nelze je například přepravovat nebo skladovat) a vyznačují se přímou účastí zákazníka v procesu. Samotný proces výroby, vstupy i výstupy může ovlivňovat jeho okolí, a to svou zpětnou vazbou.

Produkt a samotné činnosti jsou základními prvky výroby. Ta má vždy přesně daný cíl. Cílem je stav budoucí. Může se jednat o obecné cíle, jako například maximalizace zisku, tak i velmi konkrétní, jako např. uspokojit potřeby zákazníka, a přitom generovat zisk alespoň 100 000 Kč. [1]

U strojírenského podniku jsou výrobními činnostmi manipulace, technologické, kontrolní a řídicí činnosti. Jejich cílem je měnit tvar, rozměry, jakost, spojit více vstupů do jednoho, nebo je naopak rozdělit. a to vše s cílem dodržet předepsané požadavky na jakost, cenu, časovou náročnost procesu a zdroje. [2]

1.1 Typy výroby

Typ výroby je určován podle počtu různých druhů výrobků a objemu jejich výroby v daném závodě. Pokud je typů výroby v podniku více určuje se podle toho, který převládá. Podle daných kritérií rozeznáváme výrobu kusovou, sériovou a hromadnou. Schéma rozdělení je na Obr. 1.



Obr. 1 – Dělení výroby – typy výroby [3]

U strojírenského podniku lze navíc výrobu dělit podle hmotnosti výrobků a to na: výrobu těžkou, středně těžkou a lehkou. U těžké výroby je převládajícím typem kusová výroba, naopak u lehké se jedná především o hromadnou a sériovou výrobu. [3] [4]

1.1.1 Kusová výroba

Hlavním rysem kusové výroby je výroba velkého počtu různých druhů výrobků. Ty se vyrábějí buď v jednotlivých kusech, nebo ve velmi malých množstvích. Opakování výroby určitého výrobku je nepravděpodobné. Vyráběný sortiment je velmi široký a jednotlivé výrobky jsou značně odlišné. Typickým příkladem výrobku kusové výroby je parní turbína, zobrazená na Obr. 2.

Kusová výroba nalézá uplatnění v zakázkové výrobě a také výrobě složitých výrobků, kterými jsou např. turbíny. Oproti ostatním typům výroby je využíváno méně strojů, a to z důvodu silné různorodosti práce. Ze stejného důvodu je snahou využívat co nejuniverzálnějšího nářadí a strojů, to ovšem znamená potřebu více kvalifikované obsluhy (potřeba neustálého nastavování a seřizování strojů na jednotlivé výrobky). [3] [4]



Obr. 2 – Příklad výrobku kusové výroby (parní turbína) [5]

1.1.2 Sériová výroba

Sériová výroba se vyznačuje výrobou většího množství určitého (stejného) výrobku. Toto množství se označuje jako výrobní dávka (série). Podle množství výrobků v jednotlivé sérii (a s přihlédnutím na tvar a velikost výrobků) lze sériovou výrobu dělit na:

- Malosériovou – 5 až 50 kusů v jednotlivé výrobní dávce
- Středněsériovou – 50 až 500 kusů
- Velkosériovou – přes 500 kusů

Výroba určitého druhu výrobku se povětšinou pravidelně opakuje, to umožňuje (obzvláště u velkosériové) používat specializovaných nástrojů, upínek i strojů a také dělit proces na více menších operací na jednotlivých pracovištích. Stroje jsou často předmětně seskládány do linek a propojeny dopravníky nebo podavači. To vše činní spolu se snazší organizací toku materiálu výrobu sériovou mnohem produktivnější a také méně náročnou na kvalifikovanou obsluhu, než je výroba kusová.

Typicky se jedná např. o výrobu lokomotiv, obráběcích strojů, nebo automobilů. Výroba automobilů je zobrazena na Obr. 3. [3] [4]



Obr. 3 – Výroba automobilů automobilky VW ve Cvikově [6]

1.1.3 Hromadná výroba

Pokud je někde vyráběno velké množství výrobků jednoho, nebo několika málo druhů, jedná se o výrobu hromadnou. Zpravidla se jedná o dlouhotrvající ustálenou výrobu určitých výrobků, proto je v její případě využíváno jednocelových strojů s vysokou výkonností, které jsou plně optimalizované na jedinou jednoduchou činnost. Výrobní stroje jsou spojeny ve výrobní linku, ta obsahuje množství pracovišť s vysokou specializací. Z důvodu silné automatizace výrobních procesů v hromadné výrobě je potřeba méně pracovníků s menší kvalifikací.

Výrobní procesy, které mají velký objem výroby a nízký sortiment a jsou tedy výrobou hromadnou jsou například oděvní průmysl, potravinářský průmysl (zobrazený na Obr. 4), průmysl stavebních hmot, nebo chemická výroba.



Obr. 4 – Výrobní linka společnosti Kofola a.s. [7]

Při návrhu výrobní linky je zohledňováno velké množství faktorů, jako např. zásobování materiálem, náradím, případně tok materiálu, to vede k vysokému zaměření linky jen na jeden výrobek a při změně druhu výrobku je potřeba linku navrhnout zcela znovu, ovšem to také znamená vysokou rychlost produkce a tím i efektivnost, která je vyšší než typy předcházející. K tomu dopomáhá také návrh práce na jednotlivých pracovištích, který je řešen velmi dopodrobna (v některých případech jsou řešeny i jednotlivé pohyby obsluhy). Příprava výroby a její optimalizace probíhá výrazně déle než u předešlých typů. [3] [4]

2. Montáž

Jedná se o závěrečnou fázi výrobního procesu, její pracnost je velmi různorodá a závisí na organizaci, využití automatizace a také optimalizaci konstrukce samotného výrobku. U většiny výrobků představuje 30–50 % z celkové pracnosti výroby. Pro výrobu hromadnou je zpravidla tato hodnota s ohledem na vyšší optimalizaci dílu i montáže nižší, pro výrobu kusovou naopak vyšší.

Charakteristické jsou pro montáž činnosti vykonávané lidmi a stroji v předepsaném pořadí s cílem spojit několik dílů do jednoho celku. Kromě samotných spojovacích činností však do montáže spadají také přeprava dílů mezi jednotlivými montážními pracovišti, skladování a balení hotových výrobků, kontrolní a zkušební činnosti a v některých případech také zaběhávání výrobků. Obzvláště v kusové výrobě také činnosti přizpůsobovací a přípravné.

Montáž je vykonávána podle *technologického postupu montáže*, tedy souhrnu montážních operací spojených se spojováním součástí, podsestav a sestav v hotový výrobek, odpovídající konstrukční dokumentaci výrobku a připravené technologické dokumentaci montáže. Pro účely montáže se většinou výrobek dělí na tzv. *montážní prvky*, tedy jednotlivé části výrobku, které lze vyrábět nezávisle na sobě. Nejnižším montážním prvkem je *součást*, část výrobku vyrobená z jednoho kusu materiálu. Spojením několika součástí získáme *podskupinu*, tedy vyšší z montážních prvků, ta může být určitého řádu (např. podskupina II. řádu) podle toho, jestli se dále skládá do další podskupiny nebo skupiny. Nejvyšším montážním prvkem je *skupina*, ta je spojením více podskupin a dalších součástí, montuje se přímo do konečného výrobku. [8] [9]

2.1 Dělení montáže dle stupně mechanizace

- a) **Ruční montáž** – Charakteristické je pro ni využití člověka, jako zdroje pracovní síly (výkonu). Člověk také obstarává ovládání pracovního nástroje, řízení procesu montáže a kontrolu. Výhodou je velká přizpůsobivost různým výrobkům a nízké počáteční investice. Nevýhodou je velmi nízká produktivita a také větší nutnost řešit ergonomii pracoviště. [9]

- b) Mechanizovaná montáž** – Jedná se o mezistupeň mezi ruční a automatizovanou výrobou. Fyzicky namáhavá nebo často se opakující práce je nahrazena využitím mechanizovaných zařízení a motorického nářadí, tím je zlepšena ergonomie práce. Zdrojem síly je motor. Člověk je však stále pověřen ovládním nástroje, řízeném procesu i kontrolou. Produktivita mechanizovaných pracovišť montáže je vyšší než u pracovišť ruční montáže. Část. Počáteční náklady jsou však vyšší o potřebné motorizované nářadí, jehož cena je zpravidla vyšší oproti nářadí ručnímu. [9] [10]
- c) Automatizovaná montáž** – Proces montáže je řešen automaticky, stroje vykonávají předem dané montážní činnosti bez přímé účasti člověka. Automatizaci montáže lze rozdělit na částečnou a plnou. V případě částečné automaticky pracují jen některé stroje dané montáže, u plně automatizované všechny a celý proces montáže je tak bez zásahu člověka (kromě nestandardních situací nebo zakládání a odebírání materiálu). Pro tento druh montáže jsou charakteristická účelově řešená montážní zařízení, tím pádem snazší optimalizace montáže, vyšší produktivita, a nižší montážní náklady. Zároveň ale také nulová nebo velmi nízká a zdlouhavá přizpůsobivost různým výrobkům a vysoké počáteční náklady. S ohledem na ekonomické podmínky výroby se vyplatí převážně až pro určitou sériovost výroby. [9] [10]

2.2 Dělení podle místa vykonávání montáže

Rozhodujícím faktorem pro toto rozdělení je především způsob a organizace samotné montáže, to přímo závisí na typu a rozsahu výroby, pracnosti montáže a jiných činitelích. [8]

- a) Interní montáž** je specifická tím, že se provádí přímo v samotném výrobním závodě. Výsledný výrobek obvykle místo výroby opouští ve stavu způsobilém k přímému použití. Typicky se jedná o výrobu spotřebního zboží. [9]
- b) Externí montáž** se naopak provádí mimo výrobní závod. Uplatňuje se především v těžkém strojírenství. Povětšinou se jedná o výrobky, které jsou nejprve ve výrobním závodě smontovány, a poté rozmontovány pro snadnější přepravu. Na místě určení jsou poté smontovány finálně. To se týká například mostů a jiných

objemných konstrukcí. Jiným případem jsou zařízení, které není vůbec možné v podmínkách přímo u výrobce předmontovat a jejich první a jediná montáž je tedy prováděna až přímo na místě určení (např. rozměrné chemické agregáty). Patří sem také montážní práce zvláštní povahy, tedy například elektromontáže nebo instalace potrubí a armatur. Stavba lešení nebo izolace jsou také externí montáží. [8] [9]

2.3 Dělení podle technicko-organizační formy montáže

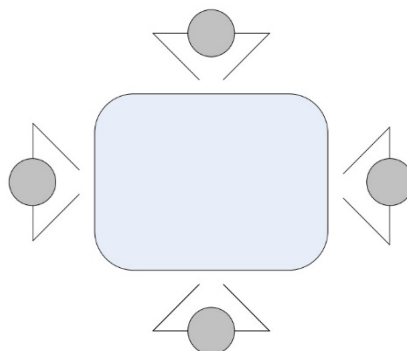
Dělení na základě pohybu součásti při montáži, a tedy uspořádání samotných pracovišť. Je závislé především na typu výroby, velikosti výrobků a složitosti montáže. Dělí se na dvě skupiny, stacionární a nestacionární. [9]

Stacionární (nepohyblivá) je montáž, při níž je práce soustředěna na jednom místě a samotný výrobek se při ní nepřesouvá. Dále se dělí na *soustředěnou* a *rozčleněnou*.

Nestacionární (pohyblivá) montáž je rozčleněna na různé úseky (pracoviště), mezi kterými se montovaná součást přesouvá ve smyslu technologické posloupnosti. Dále se dělí na *proudovou*, *předmětnou* a *linkovou* nestacionární montáž. [4] [9]

2.3.1 Soustředěná montáž

Montáž se provádí na jednom stacionárním pracovišti jedněmi (stejnými) dělníky. Využívá se především v kusové a malosériové výrobě při montáži těžkých a rozměrných součástí. Výhodou toho druhu montáže je vysoká univerzálnost, a tedy schopnost přizpůsobit se naprosto rozdílným výrobkům. Naopak nevýhodami jsou potřeba kvalifikovaných pracovníků, potřeba značné plochy pracoviště (odkládací místa pro jednotlivé části výrobku) a dlouhá průběžná doba. Schéma soustředěné montáže je na Obr. 5. [4] [8] [9]

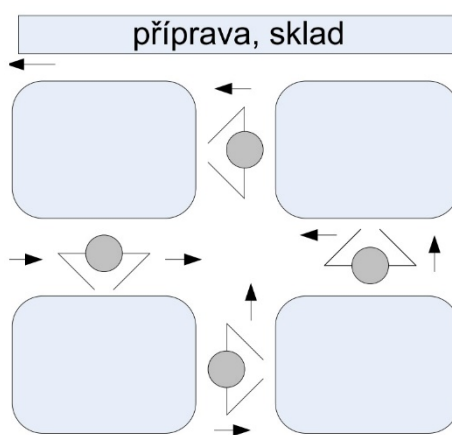


Obr. 5 – Schéma soustředěné montáže [11]

2.3.2 Rozčleněná montáž

Spočívá v rozdělení montovaného výrobku na jednotlivé dílčí celky a jejich postupném montování. Jednotlivé skupiny pracovníků provádí určitou předmontážní práci dílčího celku na určitém místě, po jejím dokončení se přesunou na další pracoviště a stejnou práci opakují na dalším výrobním místě. Na konci dochází ke konečné montáži, tedy spojení dílů, podsestav a sestav v hotový výrobek. Využívá se především v malosériové výrobě. [4] [9]

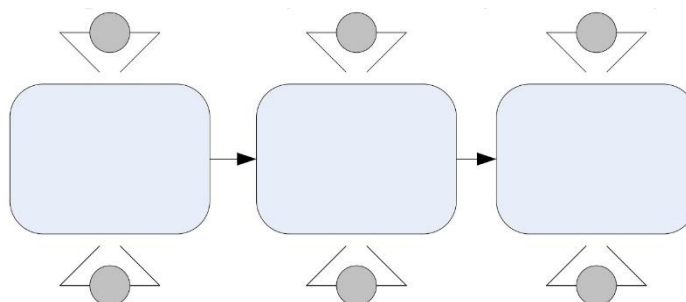
Oproti montáži soustředné má výhody v kratší průběžné době, lepší dělbě práce a také v tom, že více využívá specializace pracovníků. Její schéma je zobrazeno na Obr. 6. [4]



Obr. 6 – Schéma rozčleněné montáže [11]

2.3.3 Předmětná montáž

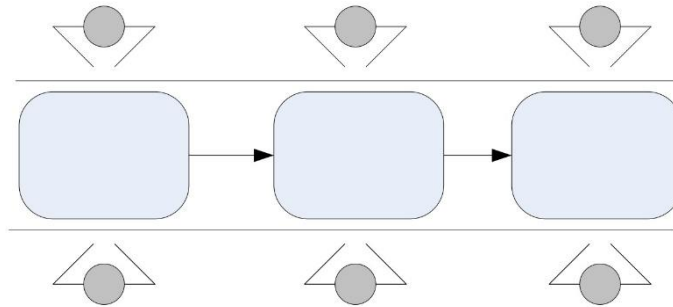
Nejjednodušší forma pohyblivé montáže. Pracoviště jsou za sebou uspořádána podle montážního postupu (předmětně) a výrobek se mezi nimi pohybuje, což je schematicky zobrazeno na Obr. 7. Časy operací na jednotlivých pracovištích jsou rozdílné a montovaný předmět se mezi nimi tedy pohybuje volně. Využívá se při malosériové až velkosériové výrobě, a to převážně pro vícepředmětné montáže. [4] [9] [12]



Obr. 7 – Schéma předmětné montáže [11]

2.3.4 Linková montáž

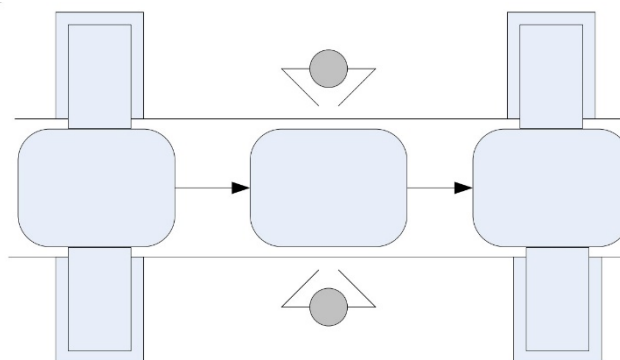
Montáž je zde více rozčleněna, až na jednotlivé operace. Mezi pracovišti putuje montovaný předmět nesynchronně (čas strávený na jednotlivých pracovištích je rozdílný). Využívá se při velkosériové výrobě většího sortimentu výrobků, typicky při výrobě automobilů, a také při výrobě výrobků se značným podílem ručních montážních pracovišť. Schéma tohoto druhu montáže je na Obr. 8. [4] [12]



Obr. 8 – Schéma linkové montáže [11]

2.3.5 Proudová montáž

Nejsofistikovanější forma pohyblivé montáže, zobrazená na Obr. 9. Využívaná obzvláště v hromadné jednopředmětné výrobě. Jednotlivá pracoviště jsou synchronizovaná s ohledem na stejný objem práce (času), toho je dosaženo také výrazným využitím mechanizace a robotizace. Výhodou je rytmičnost práce, bez potřeby odkládat hromadící se součásti mezi jednotlivými pracovišti. Dále pak vysoká produktivita a zkrácení průběžné doby. Nevýhodami je potřeba plynulého přísunu materiálu, a také složitá příprava (konstrukčně i technologicky). V některých případech je vše navrženo do naprostých detailů. Řeší se i umístění nářadí mezi operacemi, aby bylo jeho opětovné uchycení pro obsluhu snadné a rychlé. [4] [12]



Obr. 9 – Schéma proudové montáže [11]

2.4 Metody montáže

Požadované přesnosti při montáži lze dosáhnout několika způsoby. Jejich volba závisí na konstrukci montovaných dílů a také druhu výroby.

2.4.1 Metoda úplné vyměnitelnosti

Montáž všech součástí je při této metodě zaručeně funkční a přesná, a to bez nutnosti selekce jednotlivých dílů nebo jejich lícování. Využívá se k tomu velmi úzká tolerance rozměrů jednotlivých součástí, které je ovšem možné dosáhnout jen na přesných strojích, se speciálními nástroji a měřidly. To činí tento způsob výroby výrazně nákladnější a také časově náročnější, a tak se této metody montáže využívá jen u vyšších typů výroby, tedy hromadné a velkosériové. Výhodou jsou ale jednoduchá a velmi rychlá montáž, snadná automatizace a mechanizace a také oprava výrobku, která je snadná, díky vyměnitelnosti jednotlivých dílů. [8] [11]

2.4.2 Metoda částečné vyměnitelnosti

Vychází z úvahy, že jsou reálné rozměry každé součásti rozloženy v celé šíři tolerančního pole, ale s rozdílnou četností v jednotlivých částech. Počítá se s tím, že ve středu tolerančního pole je jejich výskyt četnější oproti polohám krajním. Další úvahou, se kterou tato metoda počítá je, že pravděpodobnost setkání více extrémních rozměrů je při montáži více dílů poměrně nízká (klesá s počtem montovaných dílů).

Součásti jsou vyráběny v širších tolerancích, tím je výroba jednodušší a také méně nákladná. Samotná montáž je také poměrně snadná a hospodárná. Negativem je nutnost dolícování dílů, jejichž tolerance nevyhovuje celkovému rozměrovému řetězci. [11]

2.4.3 Metoda výběrová

Spočívá v rozdělení dílů na různé toleranční skupiny podle jejich skutečných rozměrů. Jednotlivé součásti jsou poté při montáži vybírány tak, aby jejich kombinace způsobila požadovanou celkovou vůli nebo přesah. Například se spojí hřídel s větším skutečným rozměrem a pouzdro také s větším skutečným rozměrem díry. Tím dosáhneme vhodné společné přesnosti. Rozdělování do skupin je zpravidla prováděno pomocí odstupňovaných měřidel (kalibrů) a to buď u všech součástí nebo jen u vybraných součástí. [8] [11]

Výroba součástí je levnější, jelikož jsou vyráběny ve větších tolerancích. Naopak montáž je nákladnější, jelikož je potřeba skladovat roztříděné díly, zakoupit (vyrobit) měřidla pro třídění a také vyplácet mzdy s ním spojené.

Využívá se při montáži valivých ložisek nebo pístních kroužků spalovacích motorů. [8]

2.4.4 Metoda kompenzační

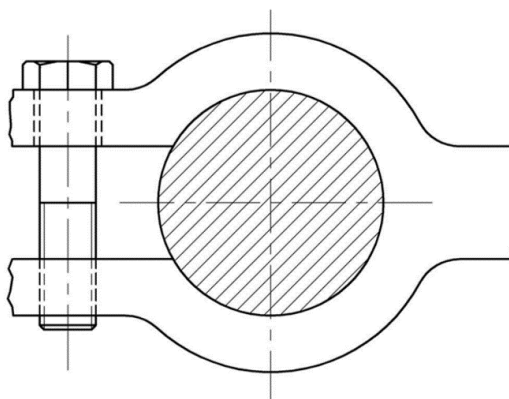
Společné přesnosti (splnění tolerance závěrného členu) je dosaženo pomocí přidání kompenzačního prvku potřebných rozměrů. Výhodou je poměrně rychlá a hospodárná kompenzace v porovnání s lícováním. Nevýhodou je naopak vyšší počet montovaných dílů o kompenzační prvky, ty jsou v určitých odstupňovaných rozměrech a potřebné společné tolerance se dosahuje jejich vhodnou kombinací. [8] [11]

Využívá se převážně v nižších typech výroby (kusová a malosériová). [11]

2.4.5 Metoda regulační

Při této metodě se dosahuje tolerance závěrného členu změnou polohy pohyblivého konstrukčního kompenzátoru. Tím může být například stavěcí lišta, nastavitelný klín nebo dělená objímka se stavěcím šroubem (Obr. 10). [8] [11]

Výhodou regulační metody montáže je její rychlost a přesnost, možnost součásti vyrábět



Obr. 10 – Konstrukční kompenzátor (dělená objímka) [9]

ve velkých tolerancích a to, že není potřeba lícování. Návrh konstrukce je ale složitější kvůli potřebě návrhu a zakomponování pohyblivého kompenzačního členu. Také výroba je díky složitější konstrukci nákladnější a trvá déle. [8]

2.4.6 Metoda lícování

Tato metoda se využívá v kusové a malosériové výrobě. Spočívá v dodatečném dolícování (změně rozměru) vybraného dílu, tím se dosáhne požadované konečné přesnosti spojení i bez přídatných členů. Dolícování může být prováděno broušením, leštěním, pilováním nebo smirkováním, je nevhodné a je k němu potřeba kvalifikované obsluhy, to je také spolu s neefektivností a nemožností předem určit délku montáže nevýhoda této metody.

Výhodami jsou nižší náklady na strojní vybavení a také možnost dosažení úzkých tolerancí celku i při širokých tolerancích jednotlivých součástí. [11]

2.5 Montážní linky

Stvořitelem moderních montážních linek je Henry Ford, který roku 1913 spustil ve své automobilové továrně v Detroitu první montážní linku s využitím pohyblivého montážního pásu. Inspiroval se na jatkách, kde poražené maso „cestovalo“ výrobním závodem a byly z něj postupně na předem určených pracovištích odřezávány jednotlivé kusy. Využitím stejné filozofie umožnil tak zaměstnávat méně kvalifikované zaměstnance, které v předem určeném pořadí vykonávali jednotlivé montážní operace. Celá výroba se tímto zrychlila natolik, že bylo největší překážkou plynulého taktu linky zasychání barvy, a ta tak byla podle některých spekulací speciálně zvolená za účelem rychlého zasychání a tím zrychlení výroby. [13]

Montážní linka je souhrnem určitých montážních pracovišť, která jsou rozmístěna podle technologického postupu a montovaný výrobek je mezi nimi přepravován, nejčastěji pomocí pásu. Na jednotlivých pracovištích je výrobek postupně montován. [9]

2.5.1 Dělení montážních linek

Montážní linky lze rozdělit podle několika hledisek, nejčastěji to jsou tato:

Podle využití mechanizace a zapojení člověka do procesu

- Ruční linky
- Mechanizované linky
- Automatizované linky

Podle stupně synchronizace

- Synchronizované linky – takt linky (doba mezi smontováním dvou hotových výrobků) se neliší, práce na jednotlivých pracovištích zabírají stejný čas
- Nesynchronizované linky (přerušované) – mají volnou vazbu mezi jednotlivými montážními pracovišti. Mezi některými pracovišti je ale potřeba hromadit se součásti uskladňovat. Jsou vhodné pro montáž, při které se často mění výrobky.

Podle počtu různých výrobků

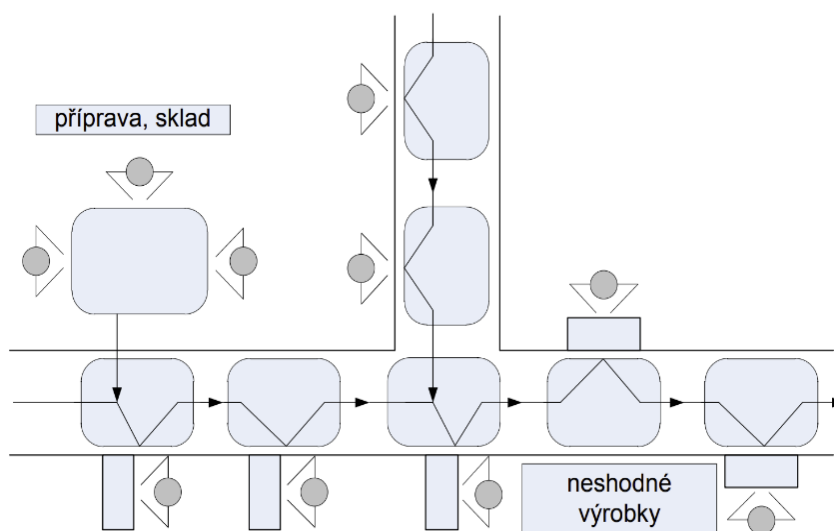
- Jednopředmětné linky – vyrábí se na nich jen jeden druh výrobku
- Vícepředmětné linky – dochází na nich k montáži několika různých druhů výrobku

Podle místa vykonávání montáže

- Přímou na dopravním prvku (např. dopravníku)
- Mimo dopravní prvek [9]

2.5.2 Uspořádání montážních linek

Podle prostorového rozmístění existují montážní linky jednoduché a rozvětvené (Obr. 11).

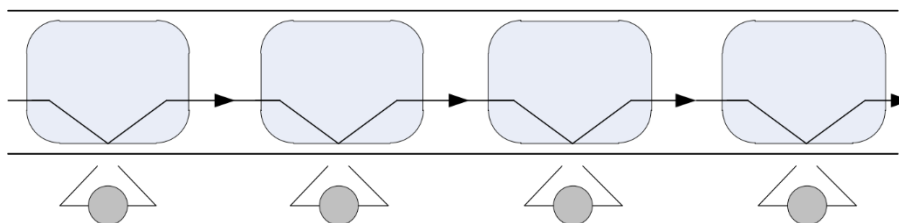


Obr. 11 - Rozvětvené uspořádání montážní linky [9]

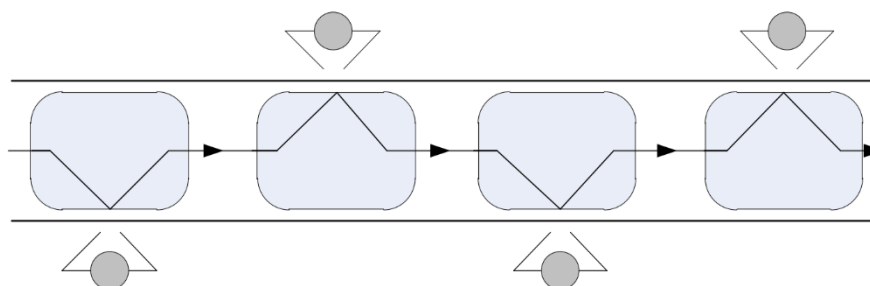
Rozvětvené linky se skládají z jedné hlavní montážní větve, na kterou jsou napojeny další montážní větve. Na těchto bočních větvích montážní linky je prováděna předmontáž určité části výrobku, ta je poté na hlavní větvi montážní linky spojena s ostatními částmi ve finální produkt. Toto uspořádání montážní linky je využíváno pouze v hromadné výrobě s velmi velkým ročním objemem produkce. Je náročné na prostorové uspořádání i velikost prostoru samotnou. Návrh tohoto uspořádání je na míru jednomu konkrétnímu typu výrobku, a proto ho lze jen velmi složitě a nákladně přizpůsobit změně výrobního programu.

Linka s jednoduchým uspořádáním má pouze jednu, hlavní větev montáže a je tak více přizpůsobivá a méně prostorově náročná.

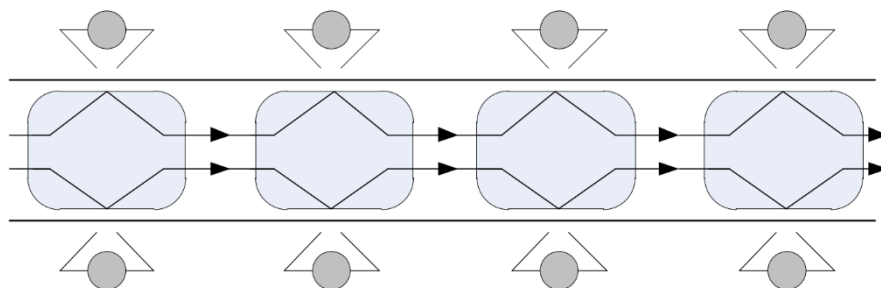
Dle umístění pracovišť lze rozlišit jednostranné (Obr. 12) a oboustranné (Obr. 13) uspořádání pracovišť montážních linek. Jednostranné má rozmístěny pracoviště jen po jedné straně montážní linky, ta je tak díky tomu výrazně delší, než by byla linka oboustranná. Oboustranná však požaduje volné místo po obou jejích stranách a nelze jí tak umístit například přímo ke stěně, lze u ní ale využít dvou proudů výrobku a může tak sloužit jako dvě jednostranné linky v jedné s dvojitým množstvím produkce oproti jedné jednostranné lince, tento příklad je zobrazen na Obr. 14. [9]



Obr. 12 – Jednostranné uspořádání pracovišť [9]

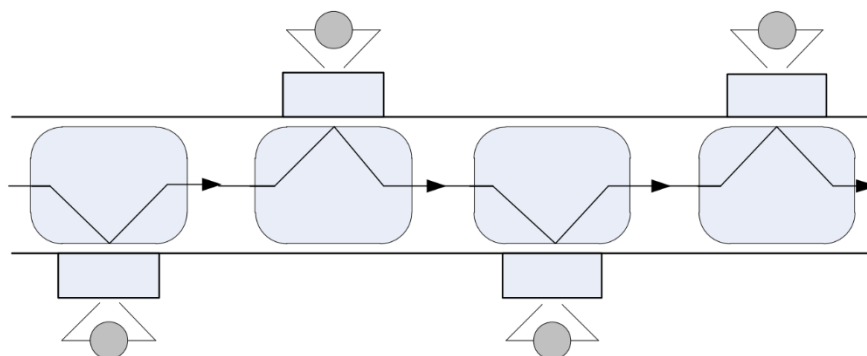


Obr. 13 – Oboustranné uspořádání pracovišť [9]

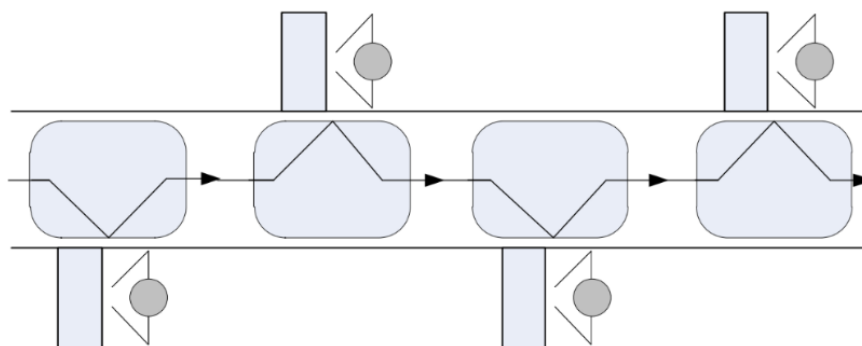


Obr. 14 – Oboustranné uspořádání pracovišť s dvěma proudy [9]

U montážních linek mohou být pracoviště umístěna dvěma způsoby, a to buď čelně nebo bokem. Pracoviště, která jsou postavena čelně (Obr. 15) umožňují manipulaci oběma rukama, mají menší nároky na pracovní prostory, ale neumožňují práci s rozměrnějšími přípravky nebo montážními stroji. Lze tak použít pouze menší přípravky a ruční pracovní prostředky. Bočně postavená pracoviště (Obr. 16) umožňují práci s montážními stroji a rozměrnějšími přípravky. Samotná pracoviště mohou být výrazně prostornější, ale na úkor zabírané plochy. [9] [14]



Obr. 15 – Montážní linka s čelním uspořádáním pracovišť [9]



Obr. 16 – Montážní linka s bočním uspořádáním pracovišť [9]

3. Navrhování montáže

Navrhování montážních systémů je obdobné, jako navrhování kteréhokoliv jiného výrobního systému, musí vycházet nejen z technickoorganizačních požadavků, ale i požadavků ekonomických, manažerských a marketingových. Je potřeba brát v potaz nejen organizaci, plánování a řízení budoucí montážní výroby, ale například i otázku finančního návratu dané investice. Zpravidla je pro tento komplexní návrh, který vymýšlí nejen jednotlivé části montážního systému, ale i jejich propojení a vzájemné vazby a vztahy, zapotřebí více specialistů na jednotlivá odvětví. [2] [4]

Pro optimální návrh je využívána komplexní metoda postupného modelování řešené úlohy, ta spočívá v rozdělení řešeného problému (montážního systému) na dílčí, samostatné problémy a k nim doplnění jejich vzájemných vazeb a vztahů. Dané problémy jsou posléze řešeny jednotlivě, ale s přihlédnutím na dané vazby a vztahy. Zmíněnými dílčími problémy, na které je řešený montážní systém dělen, jsou ve výrobního systému zpravidla:

- Problémy spojené s výrobním procesem + kontrolou
- Problémy spojené s manipulačním procesem
- Problémy spojené s informačním a řídicím procesem

U každého z těchto dílčích modulů montážního systému je vytvořeno několik možných variant a ty jsou poté, často za pomoci simulací, vyhodnocovány z hlediska technického, organizačního i ekonomického.

Celkové řešení montážního systému je řešeno na konci, a to pomocí dvou etap. V první etapě je řešena profesní a věcná část projektu (statická část), bez ohledu na časové a prostorové podmínky. Jsou zde řešeny převážně konstrukční a technologické podmínky. Ve druhé etapě, která následuje té první, jsou řešeny časové a prostorové (dispoziční) části projektu (dynamická část), jako například časové nároky na montáž a rozmístění jednotlivých pracovišť. Postupné řešení obou částí (statické i dynamické) navrhovaného systému umožňuje navrhnout optimální systém plně vyhovující požadavkům. [2]

4. Optimalizace organizace montáže

Optimalizace organizace montáže je jedním z pilířů štíhlé výroby. Má za cíl odhalit plýtvání ve výrobním (montážním) procesu a poté ho odstranit. Plýtváním můžou být prostoje při montáži, zbytečné zásobování, zbytečné ukládání mezi pracovišti, zbytné přesouvání zboží, zbytečné pohyby obsluhy atd. [15]

Stěžejní metody optimalizace organizace montáže jsou 5S, Just in time, SMED, One Piece Flow, Kanban, Kaizen, Six sigma a Poka-yoke. [16] [17]

Z metod optimalizace organizace montáže bude dále podrobněji popisována metoda 5S a One Piece Flow.

4.1 Metoda 5S

Metoda 5S je stěžejní metodou štíhlé výroby, optimalizuje se s její pomocí organizace procesů. Jejím cílem je co nejvíce zvýšit produktivitu a hladkost průběhu celého výrobního procesu pomocí zjednodušení, zorganizování a udržování pořádku. V současnosti je také využívána ke snížení plýtvání (převážně časového a pohybového) a odstranění procesů, které nepřinášejí žádnou hodnotu. Vynálezcem je Hiroyuki Hirano z Japonska a počátky celé metodologie jsou z 80. let 20. století. [18] [19]

Hlavním cílem je optimalizace organizace na pracovišti, každý pracovníkův pohyb musí být opodstatněný. Nářadí a vybavení musí být rozmístěno strategicky pro co nejefektivnější a nejjednodušší použití. Prostředí musí být čisté a objekty spolu s informacemi snadno dostupné. Každá věc musí mít jasně určené své místo a musí být na tomto určeném svém místě. [15] [19]

Metoda je použitelná univerzálně, tedy pro jakékoliv pracoviště a jakkoliv velký podnik a objem výroby. Spočívá v pěti krocích, jejichž názvy začínají v japonštině na S, odtud je také odvozen název celé metody. Kroky a s nimi spojené činnosti jsou v Tab. 1. [16]

Tab. 1 – Jednotlivé kroky metody 5S [20]

japonsky	anglicky	česky	činnost
seiri	sort	setřídít	určit, které položky jsou na pracovišti nezbytné a které ne a je vhodné je odstranit
seiton	straighten	systematizovat	uspořádat a definovat přesné umístění pro jednotlivé položky na pracovišti
seiso	shine	stále čistit	Odstranění znečištění a jeho zdrojů
seiketsu	standardize	standardizovat	vytvořit standardy pro uspořádání pracoviště
shitsuke	sustain	stále zlepšovat	udržování a ověřování standardů

Krok 1S – setřídít

Setřídění je počátečním procesem při uplatňování metody 5S. Celé pracoviště se projde a rozhodne se u každého náradí, nástroje a jiného vybavení zvlášť, jestli je potřebné, potřebné jen v určitý čas, anebo zcela nepotřebné. Všechno vybavení, u kterého je požadována úprava (odstranění/upravení jejich množství/uložení do skladu) je identifikováno označením tzv. „červenou kartou“. [18]

Krok 2S – systematizovat

Hlavním smyslem tohoto kroku je přesně určit vhodné umístění náradí a jiného vybavení, které bylo v předchozím kroku vyhodnoceno jako potřebné. Cílem vhodného umístění je snadný přístup k daným věcem a zároveň následné snadné vrácení těchto předmětů zpět, také musí být vzat v potaz použití těchto předmětů. [20]

Krok 3S – stále čistit

V tomto kroku jde o čištění pracoviště a údržbu veškerého vybavení, aby bylo funkční. Vhodná je také snaha o identifikaci zdroje znečištění a jeho zrušení, nebo alespoň omezení. Tento krok by měl být pravidelně opakován a měla by pro něj být stanovená přesná pravidla. Například co, čím, jak a kdy čistit/uklízet. [18]

Krok 4S – standardizovat

Standardizování organizace pracovního místa je čtvrtým krokem metody 5S. Spočívá ve zdokumentování organizace pracoviště a práce na něm, a také zavedení standardů, které dané organizaci určí přesná kritéria a budou vynucovat její dodržování. Standardy by měly být jasné a snadno srozumitelné. [16]

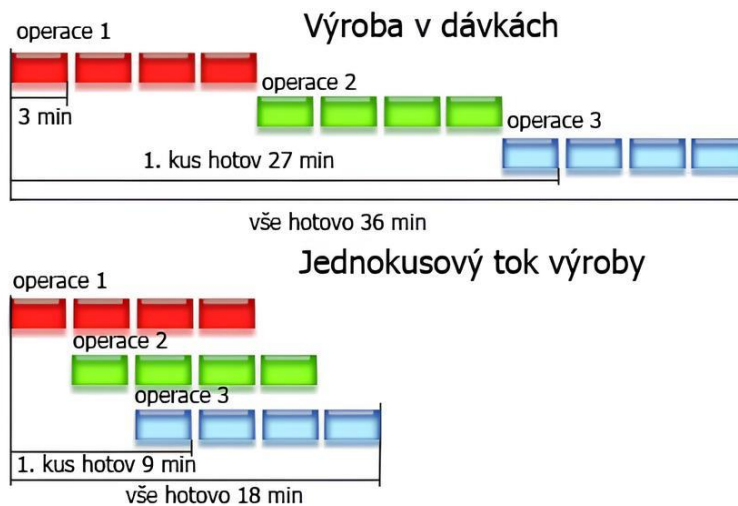
Krok 5S – stále zlepšovat

V posledním kroku jde o „změnu kultury“ v podniku. Snahou je zapojení co nejvíce pracovníků do vylepšování organizace, hodnocení plnění standardů a uplatňování samotné metody 5S. U zaměstnanců by měla být tato metoda návykem a změnit jejich smýšlení a chování v rámci podniku. [16] [20]

4.2 One Piece Flow

Tato metoda, často označována zkratkou OPC, nebo českým překladem tok jednoho kusu, je využívána pro dosahování výroby just in time, tedy toho, aby byly správné součástky vyrobeny ve správné kvantitě ve správnou dobu. [21]

Nasazením této metody dochází k přeměně výroby (montáže), která je organizována po dávkách na výrobu, která je organizována s ohledem na každý jednotlivý díl vyrobený (smontovaný) na předcházejícím pracovišti. Součást se pohybuje mezi operacemi bez meziasob. Po výrobě jednoho kusu je tento kus ihned předán k další operaci, výrobní dávka je tedy přesně jeden kus. Tok kusu a celkový čas jsou zobrazeny na Obr. 17 [21] [22]



Obr. 17 – Porovnání výroby v dávkách a metody OPC [21]

Díky využití metody One Piece Flow dochází ke značnému snížení výrobních časů za současného zlepšení časového využití pracovišť jednotlivých pracovišť. Zásoby jsou znatelně menší, stejně jako rozpracovanost mezi jednotlivými pracovišti. Podstatnou výhodou této metody je také snížené plýtvání, díky zmenšení zásob, zbytečné manipulace a nadvýroby. Díky výrobní dávce rovné jednomu kusu je také rychlejší identifikování vady a zabránění jejího sériovému rozšíření. [22]

5. Ergonomie

Ergonomie je vědní obor, který usiluje o vytvoření vhodných vztahů mezi člověkem, pracovním prostředím a pracovními prostředky. Mění přístup z navrhování techniky bez přihlédnutí k člověku na přístup, který bere v úvahu lidské schopnosti (smyslové, fyzické i psychické), dovednosti a možnosti a plně se přizpůsobuje všem jeho limitům. Jejím cílem je zvyšování bezpečnosti a pohodlí člověka při interakci s produktem, procesem nebo systémem. Konkrétněji zlepšování podmínek člověka při činnostech, zvyšování produktivity a rozvoj osobnosti, spolu se snižováním rizika vzniku úrazů a nemocí z povolání způsobených špatným návrhem pracoviště, zařízení, nástrojů nebo postupů. [23] [24]

Primární uplatnění je dle historického vývoje pracovní činnosti. Aplikovat ergonomii je však žádoucí (a často nutné) i v jiných (nepracovních) místech, kde dochází ke kontaktu člověka s technikou nebo prostředím.

Hlavní koordinační činnost nad ergonomií vykonává mezinárodní International Ergonomics Association – IEA. V České republice je ergonomie reprezentována „Českou ergonomickou společností“ se sídlem v Praze. [23] [25]

5.1 Ergatika

Vhodné vztahy mezi člověkem, prostředím a technikou neřeší jen ergonomie, ale i prevence proti nemocím (hygiena práce), bezpečnost práce, ekologie (vztah mezi člověkem a životním prostředím), estetika (vizuální řešení) a organizace práce spolu s dalšími vědeckými disciplínami. Jelikož je většina navrhovaných systémů předmětem zkoumání více zmíněných vědních disciplín (například pracovní stůl a jeho provedení řeší ergonomie, hygiena a bezpečnost práce, estetika i organizace práce) je zaveden komplexní přístup řešení vztahu mezi člověkem, prostředím a technikou tzv. *ergatika*. Ta zaručuje vhodné komplexní efektivní řešení a zároveň řeší překrytí několika disciplín. Jedním pojmem a jeho definicí (níže) jsou podchyceny všechny dílčí přístupy a systém je řešen s ohledem na ergonomii (psychofyzická zátěž), bezpečnost práce i hygieny, a zároveň estetiku, ekologii a organizaci práce.

„Ergatika je vědní obor, který optimalizuje systém člověk – technika – prostředí s cílem zajistit pohodu člověka a zabránit ohrožení jeho zdraví úrazem či nemocí, při optimalizaci výkonnosti systému.“ [20, str. 11]

5.2 Právní předpisy

Právní problematikou ergonomie práce, respektive ergatiky se v ČR zabývá řada zákonů a právních nařízení. Zejména se soustředí na ochranu zdraví při práci a otázku bezpečnosti práce. Jedná se převážně o:

- zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce – upravuje právní vztahy vznikající při výkonu závislé práce mezi zaměstnanci a zaměstnavateli a v paragrafech 101 až 108 se [23]věnuje otázce bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, [26]
- zákon č. 258/2000 Sb., zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů – určuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví, a dále určuje soustavu orgánů ochrany veřejného zdraví, jejich působnost a pravomoc, [27]
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci – určuje rizikové faktory pracovních podmínek, jejich členění a metody zjišťování, dále také podmínky ochrany zdraví při práci, hygienické limity a hygienické požadavky na pracoviště a pracovní prostředí. [28]

Ergonomii práce a pracovního prostředí se věnuje také řada norem, těmi hlavními jsou:

- ISO 26800:2011, ergonomie – Obecný přístup, zásady a pojmy,
- ISO 6385:2016, ergonomické zásady navrhování pracovních systémů.

5.3 Pracovní prostředí

Jako pracovní prostředí jsou chápány veškeré faktory působící, nebo mohoucí působit na člověka s technikou. V každém prostředí, i pracovním je člověk vystaven rizikovým faktorům, jedná se nejen o fyzikální faktory, ale i faktory hygienické a bezpečnostní, které by mohly negativně ovlivnit pracovníka nebo jeho zdraví. Je proto potřeba je vyhledat a eliminovat. Pokud eliminace není možná, je potřeba jejich negativní účinek alespoň co nejvíce omezit. [23] [29]

Primární rizikové faktory pracovního prostředí montáže jsou osvětlení, hluk, chvění a otřesy a fyzická + psychická zátěž. Je také vhodné zvolit vhodné barevné řešení prostředí a jeho prvků.

5.3.1 Osvětlení

Průzkumy dokládají, že člověk získává 80-90 % všech informací zrakem. Vhodným osvětlením mu můžeme získávání těchto informací usnadnit, a zlepšit tak kvalitu práce, bezpečnost, snížit zrakovou únavu a zlepšit psychickou pohodu. Pro návrh systému osvětlení lze vycházet z normy ČSN EN 12464-1 (Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovišť – Část 1: Vnitřní pracoviště). Kritickými možnostmi osvětlení, kterých je potřeba se vyvarovat jsou příliš slabé osvětlení, nebo naopak oslnění, které je způsobeno přílišnou intenzitou osvětlení v zorném poli pracovníka nebo kontrastem jasu.

Osvětlení se dělí podle jeho zdroje na:

- Osvětlení denní (přirozené)
- Umělé
- Sdružené

Zdrojem denního osvětlení je slunce. Výhodou je ekonomické hledisko (osvětlení je zadarmo), nevýhodou naopak různorodost jeho svitu v čase (jak barvy světla, tak intenzity) a také tepelné záření, které způsobuje. Osvětlovacími otvory, kterými vstupuje toto osvětlení do pracovního prostředí jsou například okna, výlohy a světlíky. U boční soustavy denního osvětlení (oken, výloh) je jejich umístění naprosto klíčové pro intenzitu osvětlení. Je vhodné jejich umístění co nejvýše. Vyšší účinnost osvětlení má vyšší okno oproti oknu širšímu. Kritickým faktorem uplatnění přirozeného osvětlení je světlá výška budovy a hloubka osvětlované místnosti. U nízké budovy lze osvětlit jen úzký pás u oken a je tedy vhodné využít jiná druh osvětlení.

Umělé osvětlení si zachovává neustále stejné parametry, lze s ním také osvětlit jakékoliv prostory, bez ohledu na jejich rozměry nebo umístění v budově. Na lidský organismus silně působí denní světlo (podporuje náš imunitní systém a metabolické procesy) a jeho přirozená proměna, která se podílí mimo jiné i na řízení lidských biorytmů. Dlouhodobý

nedostatek denního osvětlení je tedy silně nevhodný, a je tak vhodné použít třetí možnost (osvětlení sdružené).

Kombinací obou předešlých druhů je osvětlení sdružené. To je také v podnicích nejčastěji využíváno. Při vhodných podmínkách je prostor osvětlen přirozeným světlem a přídatnými umělými světly jsou přisvětlena jen kritická místa. Při nevhodných podmínkách je poté použito celkové umělé osvětlení. [23] [29]

Hodnota intenzity osvětlení je vyjadřována v luxech (lx). Pro různé práce je její ideální hodnota různá. Práce je pro otázku intenzity osvětlení dělena do 6 tříd podle velikosti kritického detailu, tedy velikosti nejmenšího rozměru objektu, který je u člověka v určité vzdálenosti ještě schopen vyvolat zrakovou reakci (rozpoznání objektu). Ke každé ze tříd je poté přidělen vhodný rozsah intenzity osvětlení. Třídy prací jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2 – Třídy prací a pro ně potřebné osvětlení [23]

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

Montážní práce jsou ve třídě 3 (vysoké požadavky na osvětlení) a vhodná míra osvětlení je pro ně v rozsahu 600 až 2000 lx podle kontrastu pracoviště a montovaného dílu. [23]

Z pohledu ergonomie je také potřeba dbát na teplotu světleného zdroje, ta je udávána v Kelvinech. Lidské oko je přirozeně zvyklé na žluto-zelený vlnový rozsah, proto je pro něj zároveň fyziologicky nejpříznivější. Zároveň je na něj například oproti světlu červenému a modrému oko nejcitlivější. V interiéru je tak nejčastěji vhodné volit právě světlo žluto-zelené, nebo alespoň bílé, které má všechny barevné složky víceméně stejně zastoupené. [29]

Každá z teplot osvětlení vyvolává fyziologické akce. Obecně platí, že teplota světla by měla být v rozmezí 3000 až 5000 kelvinů. Příliš nízká teplota světla (pod 3000 K) může způsobit ospalost a snížení viditelnosti detailů. Příliš vysoká teplota světla (nad 5000 K) může způsobit oslnění a nepříjemné pocity. Vyšší Kelvinová hodnota (5000–6000 K) obsahuje více modré složky, ta zvyšuje koncentraci a kognitivní výkon člověka je tak vhodná pro práce, které vyžadují vysokou koncentraci, nebo práce vyžadující vysokou přesnost. Osvětlení s vyšším zastoupením žluté (3000–4000 K) zvyšuje energii a zesiluje komunikační a kolaborační schopnosti. [29] [30] [31]

Při návrhu systému osvětlení pracovního prostředí je potřeba dbát na co nejnižší zrakovou zátěž pro pracovníky. Tu lze snížit nasazením vhodné intenzity osvětlení (lze regulovat např. žaluziemi nebo naopak přidáním bodu umělého osvětlení) a jeho barvy, a také eliminací oslnění.

5.3.2 Barevné řešení

Psychický dojem a vnímání prostor lze ovlivnit nejen osvětlením, ale i barevným řešením prostor. Jednotlivé prvky interiéru jsou: strop, stěny, podlaha a vybavení. Kombinace jejich jednotlivých barev musí být vyvážená a estetická, celkově nesmí být barev příliš mnoho, ale ani příliš málo (prostor by působil jednolitě a neměl by vhodný kontrast). Doporučené kombinace barev jednotlivých prvků jsou v Tab. 3.

Tab. 3 – Doporučené kombinace barev v interiéru [29]

Barva stropu	Barva stěn	Barva podlahy	Barva vybavení (nábytku)
Bílý	Světle šedé	Bledě zelená	Světle šedý
Bílý	Světle růžové	Šedá	Šedý sytější nebo světle modrý
Bílý	Světle modré	Šedá	Světle šedomodrý
Světle žlutý	Sytější žluté	Hnědá	Světle hnědý

Tmavé barvy prostory zmenšují a snižují strop. Světlé naopak prostor pocitově zvětšují. Chladné odstíny modré prodlužují vzdálenost (stěny a stropy opticky ustupují dál do pozadí). Jejich opakem jsou teplé barvy se silným podílem červené, ty vzdálenosti zkracují. [29]

5.3.3 Hluk

Hluk je zvukový jev vnímaný jako nepříznivý zvuk, který má negativní vliv na lidské zdraví nebo je pro člověka nepříjemný a rušivý. Pro výkon práce je nutné dodržet podmínky udávané nařízením vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Tedy maximální hladinu hluku na pracovišti 85 dB v průměru za osmihodinovou směnu a 140 dB jako maximální špičkovou hodnotu. Pokud průměrná hodnota hluku během směny přesáhne 80 dB musí zaměstnavatel poskytnout zaměstnancům osobní ochranné pracovní prostředky k ochraně sluchu účinné v oblasti kmitočtů daného hluku. Pokud průměrná hodnota hluku během směny překročí 85 dB musí zaměstnavatel zajistit, aby osobní ochranné pracovní prostředky zaměstnanci používali. [23] [32]

Pro prevenci hluku lze využít konstrukčních opatření na zdroji hluku, technologických opatření (změna technologie na méně hlučnou), technicko-organizačních opatření (izolace stěn, tlumící materiály, pružné uložení strojů) a osobních ochranných prostředků (OOP). Ideální je primární využití konstrukčních a dalších opatření a až v nejkrajnějším případě zvolit prevenci OOP. [23]

5.3.4 Vibrace

Vibrace jsou mechanickým kmitáním a chvěním hmotného prostředí. Vznikají pohybem pružného tělesa, tedy například chodem strojů a nástrojů. Na člověka se poté přenáší přímo (při práci s vibrujícím mobilním strojem), nebo nepřímo přes konstrukci budov (např. přes podlahu). Nepříznivě působí na lidské tělo převážně vibrace s frekvencí v oblasti 4 – 7 Hz pro vertikální vibrace a méně než 2 Hz pro horizontální. Vibrace mohou mít také vliv na přesnost a kvalitu prováděné práce.

Ideální preventivní opatření je likvidace zdroje vibrací, pokud toto není možné je vhodné člověka umístit mimo pole vibrací (dálkové ovládání), anebo ho z procesu zcela vyřadit (automatizace). Pokud ani tato varianta není vhodná je potřeba volit poměrně málo účinná řešení, tedy antivibrační technická opatření (např. tlumiče, antivibrační podložky) a v krajním případě osobní ochranné pomůcky (např. antivibrační rukavice). Toto řešení je však ve většině případů málo účinné nebo znemožňuje normální práci. [23]

5.3.5 Fyzická zátěž

Fyzickou zátěží se rozumí pracovní zatížení pohybového aparátu, srdečního, cévního a dýchacího systému člověka s výrazným vlivem na látkové přeměně a termoregulaci organismu. [33]

Pro legislativní účely je zaveden pojem *fyzická zátěž celková*. Jedná se o zátěž při fyzické dynamické práci, při které je zatěžováno více než 50% svalové hmoty a do práce jsou zapojeny převážně velké svalové skupiny. Dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, je celková fyzická zátěž posuzována podle energetické náročnosti práce, ta je určována za pomoci hodnot energetického výdaje a srdeční frekvence. Fyzická zátěž celková by neměla překročit hodnoty uvedené ve zmíněném nařízení vlády. Součástí nařízení jsou mimo jiné také závazné limity hmotnosti pro manipulaci s břemeny. [28] [33]

Fyzickou zátěž je možné rozdělit na dynamickou a statickou. Při statické nedochází k pohybu svalů a rychlost únavy je tedy mnohem vyšší než u zátěže dynamické. Proto je vhodné se, pokud možno statické zátěži vyhnout.

Efektivním řešením vedoucím ke snížení fyzické namáhavosti je převážně mechanizace a automatizace. Často ale stačí jen vhodně uspořádat pracoviště. [23]

5.4 Pracovní místo

Jako pracovní místo lze označit kombinaci a prostorové umístění pracovního vybavení v určitém pracovním prostředí. Účelem pracovníka je na daném místě provádět práci danou určenou technologií výroby.

Předmětem ergonomie pracovního místa je návrh vhodného vybavení, které zamezí nadměrnému namáhání obsluhy a zvýší pracovní pohodu a výkon pracovníka na daném místě, přičemž musí brát v potaz veškeré požadavky obsluhy. Dalším předmětem je návrh velikosti pracovního místa a v něm rozmístění jednotlivého vybavení. Součástí je také návrh vhodného pracovního prostředí na daném pracovišti a návrh vhodných pracovních poloh a pohybů. [29] [33]

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ukládá minimální světlou výšku pracovního prostoru podle velikosti podlahové plochy. Dále ukládá minimální objemový prostor určený pro práci jednoho zaměstnance. Pro montážní práce s malými a lehkými dílci se jedná o 12 m³, pro ostatní montážní práce je to poté 16 m³. Do Objemového prostoru se nezapočítává objem zaplněný stabilním provozním zařízením. [28] [29]

Stejně nařízení vlády v §48 ukládá požadavek na velikost samotné podlahové plochy pracoviště, ta musí mít minimálně 2 m² a nezapočítávají se do ní plochy zabrané stabilními pracovními zařízeními a plochy spojovacích cest. Ukládá se také minimální šíře volné plochy pro pohyb (průchod) a to 1 m. [28]

5.4.1 Pracovní polohy

Pracovní polohou rozumíme polohu těla, v níž je vykonávána práce. Nejčastějšími a u montáže výhradně používané polohy jsou sed a stoj. Ostatní polohy jsou např. klek, chůze, leh, vkleče... [23] [29]

Z fyziologického pohledu je v porovnání sedu a stojí výhodnější právě sed. Je ergonomicky méně náročný a umožňuje mít odlehčené dolní končetiny. Stoj má ale také výhody, a to například vyšší bdělost obsluhy a větší možné vykonávané síly při této poloze. Lidské nohy a konkrétně chodidla ale nejsou na trvalé zatížení dimenzována a v případě dlouhodobého vystavení hmotnosti celého těla u nich může například docházet k prolomení nožní klenby. Porovnání výhod nejčastějších poloh je v Tab. 4.

Tab. 4 – Výhody sedu a stoje [23]

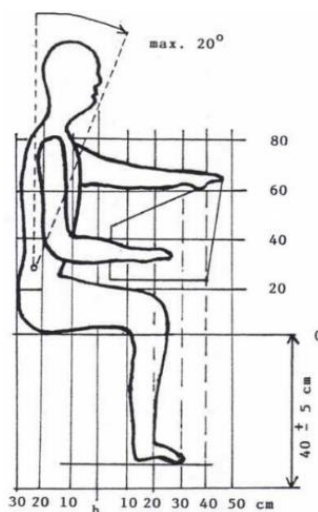
Přednosti sedu	Přednosti stoje
menší energetická náročnost	Možnost střídání poloh
jemnější a přesnější pohyby	větší dosah končetin
odlehčení nohou	větší síly
využívání činnosti nohou	větší bdělost
větší soustředění	možnost rychlého úniku

Ideální je střídání poloh s většinovým zastoupením sedu. Změnu polohy můžeme u pracovníka vynutit například tím, že si musí dojít pro další díly. V případě nemožnosti polohy v sedu je vhodné pracoviště vybavit alespoň typem sedačky umožňující „polosed“. [23]

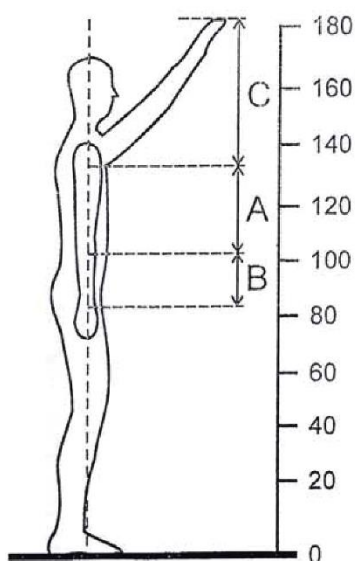
Polohy jednotlivých částí těla se zabývá Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. To dělí polohy jednotlivých částí těla do 3 kategorií. Přijatelná poloha je *poloha vhodná* a její uplatnění není nijak omezeno. *Polohy podmíněně přijatelné* mohou v průměrné osmihodinové směně zabírat maximálně 160 minut. Doba trvání jednotlivých podmíněně přijatelných poloh pak nesmí překonat 1 – 8 minut (podle typu pracovní polohy). *Poloha nepřijatelná*, tato poloha je nevhodná a může způsobit zdravotní problémy, je tedy vhodné jí nevyužívat. Pokud je však její použití nezbytné může zabírat maximálně 30 minut z průměrné osmihodinové směny. Zároveň také nemůže být aplikována po dobu delší než 1 – 8 minut (podle typu pracovní polohy). [28]

5.4.2 Pracovní pohyby

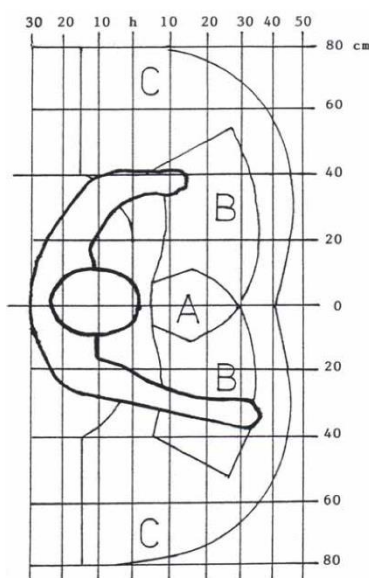
Pracovní pohyby musí být co neoptimálnější, aby nedocházelo k nadměrnému zatěžování svalové hmoty. Upřednostněna musí být zátěž dynamická před zátěží statickou. Je žádoucí zapojit do práce obě ruce a to rovnoměrně. Ideální plocha pro provádění práce rukama je souměrně s rovinou těla, vykonávání prací nesouměrně s rovinou těla je méně efektivní. Vytočení trupu a těla při práci je nevhodné. Prováděné práce a umístění všech používaných dílů a nástrojů musí být v dosahu obsluhy. Pohyby a jejich změny mají být plynulé a rytmické, ideálně po přímých drahách. V případě kolaborace více pracovníků na jednom pracovišti nesmí docházet k jejich vzájemnému ovlivňování vlivem kolizních pohybů. Místa dosahu člověka pro práci v sedě jsou na Obr. 18, pro práci ve stoje na Obr. 19, pro obě pak platí dosah ve svislé rovině zobrazený na Obr. 20. [29]



Obr. 18 – Dosah rukou při práci v sedě [28]



Obr. 19 - Dosahy rukou při práci ve stoje [28]



Obr. 20 – Dosahy rukou ve svislé rovině [28]

Ideální je většinu práce provádět v oblastech A, v té dochází k nejmenší námaze a pracovní pohyby jsou v ní plynulé a přesné. Při pohybu končetin v oblasti B je zapotřebí mírné předklonění nebo pohyb do stran, stále však bez změny základní polohy těla, a tedy stále poměrně optimálně. Oblast C je maximálním dosahem pracovníka, pohyby v ní prováděné nejsou příliš ideální, jelikož je zapotřebí otáčet trupem. Práce v této oblasti by měli být v průběhu směny méně časté a mělo by na ně být vyhrazeno více času. [28]

5.4.3 Pracovní rovina

Pracovní rovina (nejčastěji stůl) a její výška by měly především odpovídat příslušné obsluze, dále také povaze výroby a samotné technologii. Z důvodu bezpečnosti práce musí být přední hrana stolu co nejvíce zaoblená, kvůli snaze eliminovat odrazy a oslnění pak musí být deska stolu ideálně s matným povrchem.

Obecné doporučení pro člověka vysokého 155 cm doporučuje pracovní plochy 60 cm nad zemí, pro člověka 170 cm vysokého 65 cm a pro člověka se 185 cm výšky pak 70 cm. Podle typu práce vykonávané na pracovní rovině se poté doporučuje její rozdílná výška. Pro obecné práce zhruba 5–10 cm pod úrovní loktů. Pro práce těžké poté 15–40 cm pod úrovní loktů. Naopak pro jemné práce a práce se zvýšenou náročností na zrak je vhodná pracovní rovina nad úrovní loktů.

Pracovní stůl musí mít co nejlepší stabilitu a v některých případech umožnit i opírání horních končetin. Pro pracovní místa s proměnnou pracovní polohou, anebo místa, kde se střídá obsluha je vhodné nasazení stolu s polohovatelnou výškou pracovní roviny. [29]

5.4.4 Pracovní vybavení

Pro provádění předepsané činnosti potřebuje člověk na pracovním místě kromě případného pracovního stroje také náradí a pomůcky, sedadlo a pomocná zařízení, souhrnně se tyto prvky označují jako *pracovní vybavení*.

Náradí a pomůcky

Při ergonomickém navrhování náradí a pomůcek je zejména potřeba dbát na:

- Tvar a rozměry – vhodná velikost a tvar převážně úchopové části a držadel, umístění úchopových částí musí umožňovat optimální využití svalové síly, pohybů prstů a samotné ruky, a také zaujetí nejvhodnější pracovní polohy. Tlak rukojeti při sevření by měl být rovnoměrně rozmístěn po celé dotykové ploše ruky. Samotný tvar rukojeti by měl umožňovat malou změnu úchopu a neměl by tedy být jen otiskem ruky v jedné pozici. Zároveň musí brát v potaz rozdílnou velikost ruky různých pracovníků. Je také vhodné uspořádat rukojeť a samotné náradí (pomůcku) tak, aby



předloktí při vykonávání pohybu nástrojem bylo mírně skloněno, případně opřeno na pracovní ploše stolu

- Hmotnost – je vhodné co nejvíce minimalizovat hmotnost samotného zařízení a umístit jejich těžiště co nejbližší k tělu obsluhy, aby bylo statické zatížení obsluhy co nejmenší. Snížit statickou zátěž lze například také použitím pružného zavěšení nářadí na rameno. Klíčoví je také správné rozložení hmotnosti mezi jednotlivé části nářadí
- Bezpečnost a hygiena – Nesmí být zdrojem úrazů nebo příčinou onemocnění. Nesmí vylučovat přílišné vibrace a hluk, stejně tak se nesmí teplo, nebo chlad přenášet na obsluhu. Elektrické nářadí musí odpovídat příslušným bezpečnostním předpisům a jejich izolační vlastnosti nesmějí být porušeny
- Materiál – materiál nářadí/pomůcek musí odpovídat jak nároku na životnost, tak požadavkům na údržbu a čištění. Madlo a ovládací prvky musí být z vhodného materiálu, který bere v potaz pocení nebo vlhkost prostředí
- Estetika – Nářadí a pomůcky musí na obsluhu vhodně působit, nesmí být rušivým elementem v pracovním prostředí [23] [33]

Vhodné je nářadí s co nejmenšími požadavky na pracovní sílu a nářadí přizpůsobené vykonávané práci, se kterým není potřeba provádět nepřirozené a nevhodné pohyby. Vhodné je tedy nasazení mechanizovaného nářadí, u kterého je ve většině případů potřeba menší pracovní síla a není zapotřebí vykonávat nepřirozené pohyby. Příkladem může být elektrický šroubovák vs. šroubovák klasický. [23]

Sedadla

Sedadlo musí plně odpovídat rozpoložení těla při daném pracovním nasazení, antropometrickým předpokladům a fyziologickým požadavkům. Legislativně je pracovní sedadlo řešeno v nařízení vlády č. 361/2007 Sb. [33]

Materiál sedadla a jeho konstrukce musí odpovídat nasazení, při kterém se budou používat (musí být například omyvatelná, porézní). Sedadlo musí být pevné a nesmí docházet k jakékoliv nepevnosti, ta by způsobila snížení bezpečnosti a zhoršení pracovního výkonu a kvality prováděné práce. [23] [33]

Výška sedáku musí být stavitelná ve vhodném rozsahu, aby byla přizpůsobitelná různé výšce jednotlivých pracovníků. Přizpůsobení musí být možné provést jednoduše a rychle, bez náradí. Nastavená výška se nesmí samovolně měnit. Optimální výška sedáku je pro většinu pracovních činností přibližně rovna čtvrtině součtu výšky pracovníka a výšky podpatku.

Sedadlo je možné vybavit pojezdovým zařízením, vhodné je to ale jen v případě činností vyžadujících častou změnu polohy sedadla. V ostatních případech to není vhodné, jelikož toto zařízení snižuje pocit stability a jistoty a výrazně ztěžuje zapojení pohybů těla do pracovního procesu. Stejně platí i pro otočná sedadla, je vhodné je použít u procesů vyžadujících časté otáčení kolem základní polohy. Pro ostatní případy jsou ale méně vhodná, oproti sedadlům neotočným. [23]

Velikost sedáku by měla být minimálně 350 x 350 mm, ideálně 400 x 400 mm. Profil sedáku by měl být rovný, případně mírně prohnutý. Přední hrana musí být co nejvíce zaoblená. Sklon by měl být rovnoběžný se stehenní kostí, případně do maximálně +5° (přední hrana je výš). V případě práce s náklonem obsluhy dopředu, případně u činností vyžadujících vyšší sedací rovinu se poté doporučuje mírný záporný sklon. Materiál sedáku musí být z vhodného materiálu s ohledem na odvod potu, prodyšnost, a také možnost očištění. Vhodný je materiál tvrdší. [23] [25] [33]

Cílem opěrky zad je převážně poskytování dobré opory zad ve všech pracovních polohách, nesmí přitom ale omezovat pohyb paží. Mezi sedákem a opěrkou zad by měl být úhel minimálně 90°. Součástí zádové opěrky je ve spodní části často také bederní opěrka, které smyslem je optimální zakřivení páteře při sezení a tím docílení ideálního sedu, z důvodu individuálnosti zakřivení páteře i s ohledem na výšku pracovníka musí být stavitelná. [23] [33]

Pomocná zařízení

Jedná se o další zařízení, které jsou součástí zkoumaného systému. Lze je rozdělit do těchto skupin: řídicí, manipulační, skladovací, kontrolní, úložná, sociální, komunikační a bezpečnostní technika a také technika prostředí.

Platí pro ně obecné ergonomické zásady a doporučení. [23]

5.5 Zhodnocení ergonomie

Pro zhodnocení ergonomie lze využít celé řady metod, nejpoužívanější je hodnocení pomocí checklistů, pro hodnocení rizik spojených s prací horních končetin je poté využívána metoda RULA, pro hodnocení polohy těla při práci je využívána metoda REBA, která hodnotí jak základní polohu, tak i ostatní polohy, do kterých se tělo dostává v průběhu práce.

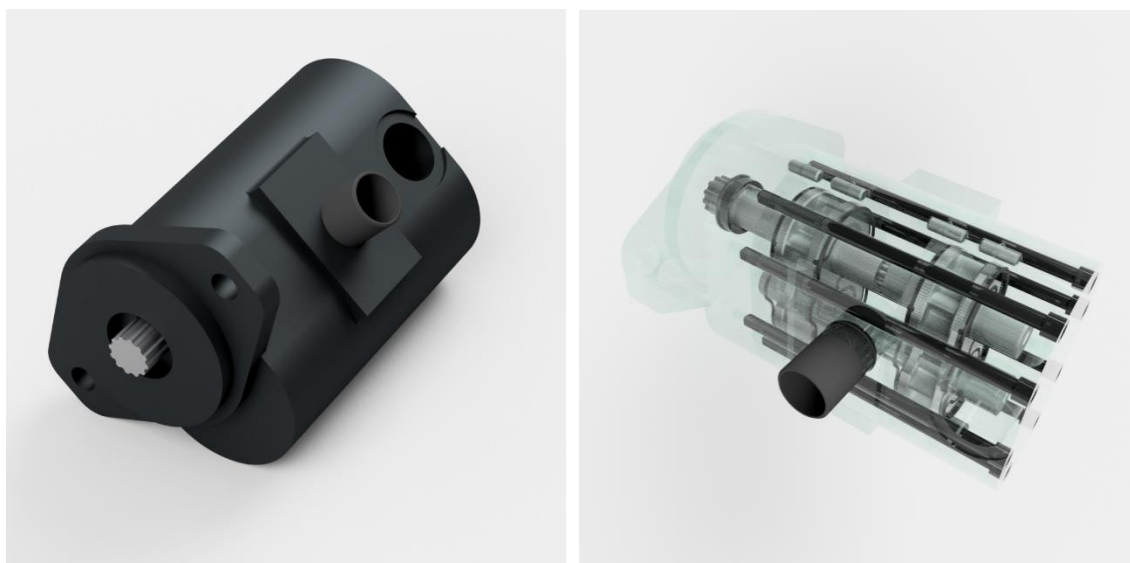
Hodnocení pomocí checklistů je vhodné převážně pro již navržená pracoviště, v dotazníku jsou otázky na jednotlivé ergonomické zásady (např. Je pracoviště použitelné pro nízké i vysoké osoby?) a osoba, která ergonomii hodnotí odpovídá ano nebo ne, podle toho, která možnost platí. Pokud je u některé otázky odpověď ne, znamená to, že je dané řešení z pohledu určitého kritéria nevhodné a je u něj potřeba provést důkladnější analýzu a případně ho uzpůsobit. [34]

6. Analýza současného stavu montáže

Praktická část této práce se zabývá rozbořem, zhodnocením a návrhem optimalizace montáže konkrétního výrobku ve společnosti Jihostroj a. s. Nejprve je představen montovaný předmět a jeho části, následně je rozebrán technologický postup montáže. V další části je znázorněno a zhodnoceno současné řešení pracoviště. V poslední části jsou představeny jednotlivé optimalizace procesu a optimalizovaná pracoviště. Hlavním cílem optimalizace je zvýšení ergonomie pracoviště a snížení výrobních časů.

6.1 Předmět montáže

Předmětem montáže je zubové čerpadlo Jihostroj. Jeho podoba je znázorněna na Obr. 21. Jedná se o čerpadlo určené pro čerpání hydraulických kapalin, jeho tělo je tvořené litinovými díly. Využívá se v mobilní hydraulice u zemědělských strojů, dopravních strojů a manipulační technice. Na pravé straně Obr. 21 je čerpadlo zobrazeno s průhlednými prvky těla, je tak vidět vnitřní jeho uspořádání.



Obr. 21 – model sestaveného čerpadla

Čerpadlo se skládá z celkem 40 dílů. Všechny díly jsou spolu s názvem a počtem kusů v jednom čerpadle zobrazeny v Tab. 5 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

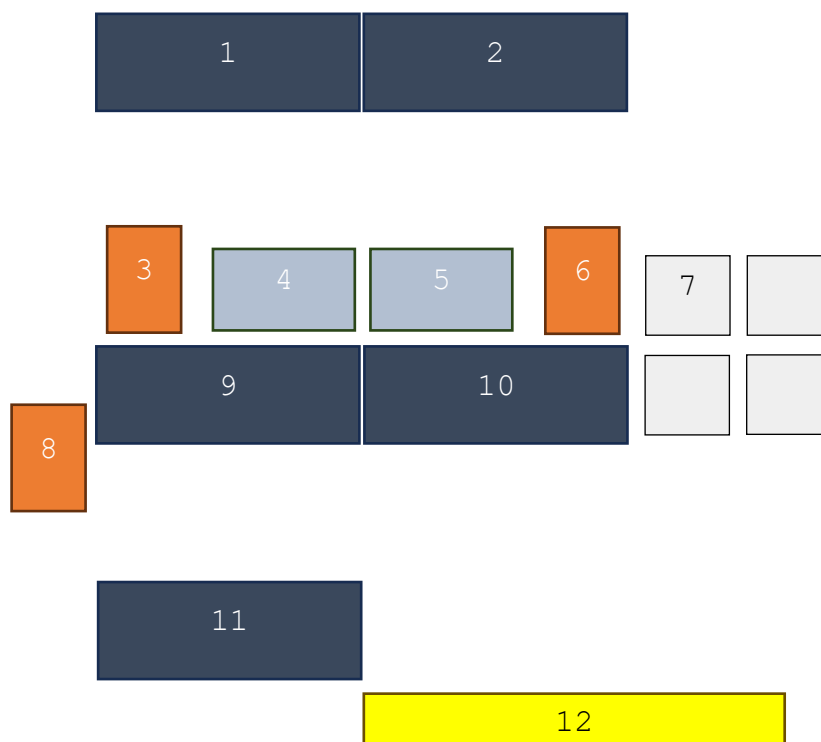
Tab. 5 – Přehled jednotlivých dílů
montovaného čerpadla

Popis dílu	Ilustrační zobrazení	Počet	Popis dílu	Ilustrační zobrazení	Počet
Přítlačná deska		4	Příruba		1
Těsnění		4	Spojka		1
Kolík		8	Šroub		8
Hnací kolo malé		1	Těleso 1		1
Hnací kolo velké		1	Těleso 2		1
Hnané kolo malé		2	Velké těsnění		4
Mezitěleso		1	Gufero		1
Nátrubek		1	Pojistný kroužek vnitřní		1

6.2 Montážní pracoviště

Schéma současného montážního pracoviště je na Obr. 22. Skládá se z jednoho stolu s umístěným 5 montážních stolů (1, 2, 9, 10, 11), dvou stolů na palety (4, 5), tří odkládacích stolů s možností pojezdu (3, 6, 8), beden s polotovary (7) a policového systému (12). Montážní stoly 1 a 9 jsou vybaveny rozvodem stlačeného vzduchu a k němu vždy ofukovací pistolí a rázovým pneumatickým utahovákem. Na pravé straně stolu 2 je umístěn lis pro nalisování gufera, na stejné straně stolu 10 je lis pro nalisování nátrubku.

Před stoly 1, 2 a 10, a mezi stoly 9 a 11 je na podlaze umístěna dřevěná podložka tvořená dřevěnými prkny.



Obr. 22 – Schéma současného rozložení pracoviště

Plocha zabraná současným montážním pracovištěm je 9 x 9 metrů. Celkově tedy zabírá plochu 81 m².

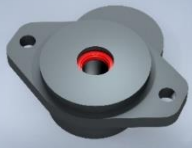
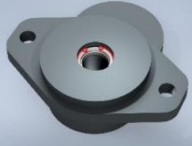






6.3 Montážní postup a čas montáže

Montážní postup a popis jednotlivých operací je uveden v Tab. 6, v tabulce je také ilustrační vyobrazení prováděné montážní operace. V červené barvě je zobrazen montovaný díl. Většina z operací je u současné varianty řešení prováděna pro celou dávku, tedy například

vložení těsnění je provedeno pro všechny díly z dávky, a až poté následuje další operace (která je opět provedena pro celou dávku).

Časy montáže jednotlivých operací jsou uvedeny v tabulce vpravo vedle operací, je do nich započítán jen čas provádění montážní operace, který vychází z dodaného videa procesu montáže čerpadla, které obsahuje zaznamenaný proces montáže jednoho kusu čerpadla. Jednotlivé hodnoty jsou pouze hrubé a obsahují nejistoty lidského měření, navíc je při nich uvažována montáž jen jednoho čerpadla a nejedná se tedy o průměrné časy montáže. Pro účely této bakalářské práce se však jedná o hodnoty dostatečné, vzhledem k jejich nepřesnosti budou označovány jako „orientační“. Uvedené časy montážních operací jsou oproti realitě zkresleny za účelem nevynášení těchto dat z firmy. Do časů v tabulce není započítán čas zabraný manipulací s polotovary, přecházení mezi pracovišti a hledání dílů a nástrojů, jedná se tedy jen o čas samotné operace montáže.

Tab. 6 – Montážní postup

Číslo operace	Popis operace	Ilustrační zobrazení	Orientační čas [s]
10	Nalisování gufera na čelo příruby		19
20	Axiální zajištění gufera pomocí vnějšího pojistného kroužku		16
30	Umístění příruby do přípravku		6
40	Vložení těsnění do drážky v přírubě		18
50	Nalisování nátrubku na mezitěleso		35
60	Vložení těsnění do drážek v mezitělese a víku		30
70	Vložení těsnění do přítlačných desek (4x)		120
80	Nasazení přítlačné desky na přírubu		20



Číslo operace	Popis operace	Ilustrační zobrazení	Orient. čas [s]
90	Vložení 2ks kolíků do příruby		12
100	Nasunutí spojky na velké hnací kolo		15
110	Instalace hnaného a velkého hnacího kola do příruby		55
120	Nasazení tělesa 1 na montovaný celek		8
130	Nasunutí přitlačné desky na hřídele kol		20
140	Vložení kolíků (2ks)		12
150	Vložení mezitělesa (stranou s nasazeným těsněním na přitlačnou desku)		7
160	Vložení těsnění do drážky na čelní straně mezitělesa		18
170	Vložení kolíků do mezitělesa (2ks)		12
180	Nasazení přitlačné desky (stranou s těsněním na mezitěleso)		22
190	Nasunutí druhého hnacího a malého hnacího kola		40
200	Nasazení tělesa 2 na montovaný celek		15
210	Vložení kolíků (2ks) do tělesa 2		12
220	Nasunutí přitlačné desky na hřídele kol (těsněním směrem od kol)		20
230	Nasazení víka		26
240	Vložení šroubů (8ks) a jejich dotažení na požadovaný moment		83
250	Identifikace výrobku vyražením značky		5
260	Ozkoušení funkčnosti protočením kol		14
270	Doplnění skladových zásob		120

Montážní postup současného řešení trvá 660 vteřin (11 minut) pro jedno čerpadlo, poté je potřeba doplnění skladových zásob (2 minuty). Celkově je tedy výroba jednoho čerpadla otázkou 780 vteřin (13 minut). Za směnu (uvažováno 7 hodin čistého času montáže) je tedy teoreticky možné s časovou rezervou vyrobit 32 čerpadel.

V současném řešení (dle dodaného videa) ale dochází ke značné časové prodlevě mezi montážními procesy, tyto neefektivní činnosti jsou uvedeny v Tab. 7. Z této tabulky vyplývá, že jsou pro každé čerpadlo potřeba na zbytných činnostech navíc 3 minuty času. Za směnu (7 hodin) se tedy v současném řešení reálně dá vyrobit 26 čerpadel.

Tab. 7 – Neefektivní činnosti současného procesu

Činnost	Čas [s]
Jednotlivé vybalování ségrovek z obalu	8
Odchod pro díly (těsnění)	21
Hledání tělesa 1	55
Přesouvání bitu mezi nástroji	5
Přenos lisovaných dílů	10
Hledání a přenášení mezitělesa	18
Hledání a přenášení hnacího kola a spojky	60
Přecházení mezi pracovišti pro přítlačné desky	4
CELKEM	180

6.4 Zhodnocení současného stavu montáže

Současný stav montáže a samotného pracoviště je velmi neefektivní. Pracoviště je zbytečně rozměrné, většina montážních operací nemá přesně dané místo provádění a obsluha tak volí dle svého uvážení. Z estetického hlediska je pracoviště zcela nevyhovující, je znečištěné a jeho části nemají žádný spojující prvek, barvy jsou použity chaoticky, bez smyslu. Díly, přípravky a nářadí jsou nejednoznačně umístěny a pracovník tak stráví velké množství času jejich hledáním a přemisťováním.



Montážní postup obsahuje ergonomicky nevhodné pohyby (hlavně horních končetin pracovníka), které jsou povětšinou způsobeny špatným umístěním dílů a nářadí.

Nedostatkem je také nedostatečné vybavení pracovním nářadím, například utahovací hrot (bit) je jeden, ale používají ho dva nástroje, je tedy potřeba jeho neefektivní přesouvání mezi jednotlivými nástroji.

7. Návrh optimalizace montážního procesu

Návrh optimalizace se zaměřuje na ergatiku pracoviště, s převážným zaměřením na ergonomii. Jeden návrh pracoviště je stejně jako při současném stavu navrženo pro jednoho pracovníka, druhý pro dva pracovníky. Cílem bylo také optimalizovat časový průběh procesu a zmodernizovat proces montáže samotné. U návrhů jsou odstraněny nebo co nejvíce minimalizovány negativní vlastnosti současného řešení. Pro návrhy je uvažována montáž pouze jednoho typu čerpadla, a to v každé směně po dobu 7 hodin (z 8 hodin jsou 30 minut přestávky, 15 minut úklid a manipulace a 15 minut ztrátový čas na zmetkovitost a nekvalitu dílců)

V kapitole 7.1 jsou shrnuty základní principy a celkové koncepty, se kterými se pracovalo při návrhu obou optimalizovaných pracovišť. Následné kapitoly 7.2 a 7.3 se poté zabírají detaily a prvky, které jsou pro daná navržená pracoviště unikátní.

7.1 Koncept návrhu optimalizovaných pracovišť

Základním cílem obou návrhů je vytvoření optimálního pracovního prostředí, které je co nejvíce přizpůsobitelné, ale zároveň jednoduché. Vše je podřízeno co nejoptimálnějšímu provádění montážní práce. Důležitou stránkou návrhů je také psychická pohoda pracovníka, proto jsou brány v potaz také estetické parametry pracoviště, snadná obsluha a jednoduše pochopitelná označení.

Počet kusů pro výrobní dávku byl volen s ohledem na co nejvyšší čas samotné montáže, a naopak nejnižší čas strávený doplňováním zásob, zároveň však byly brány v potaz proporce skladových prvků a jejich ovlivnění rozměrů pracoviště. Jako optimální bylo stanoveno množství výrobní dávky 16 ks čerpadel pro oba návrhy. Rozměry, rozložení a množství spádových drah, krabiček a regálů byly navrženy dle zvoleného množství v dávce.

7.1.1 Estetika

Snaha o ucelený čistý designový jazyk všech prvků. Vše je sladěno do 4 barev, každá z nich má svou jasně danou funkci. Návrh je řešen s ohledem na jednoduchost a minimalismus částí i celku.

7.1.2 Barvy

Oba návrhy využívají stejný koncept barev. Použité barvy jsou zobrazeny na Obr. 23.



Obr. 23 – Koncept barev

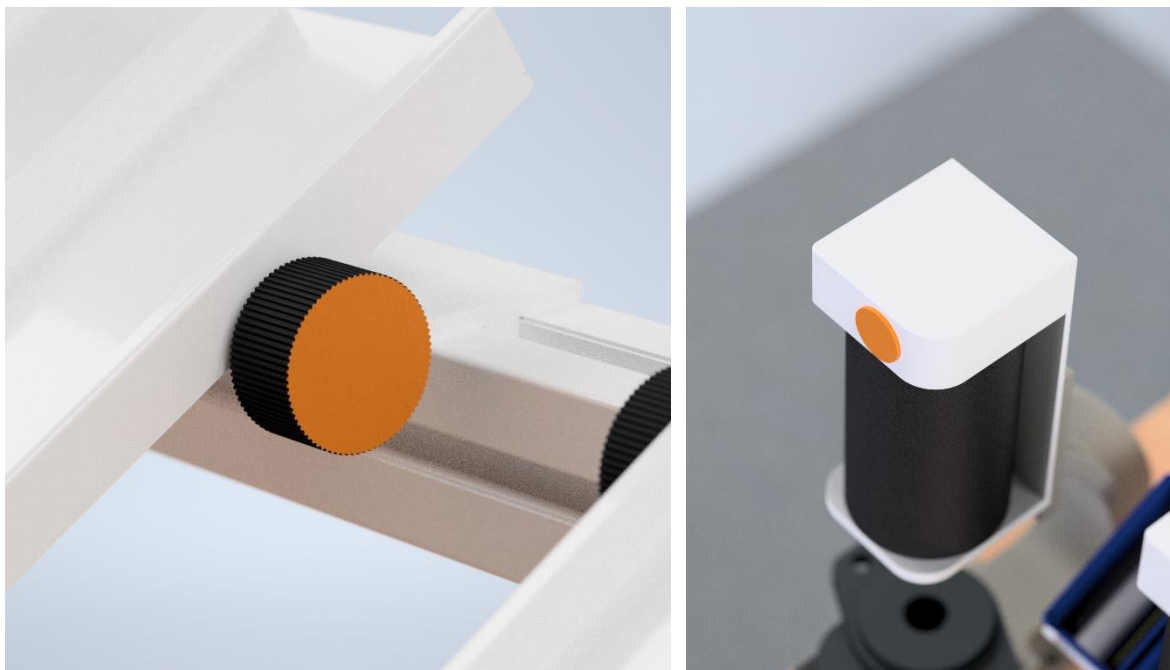
Základní barvou je šedo-bílá, která je vhodná vzhledem ke kontrastu s většinovým zastoupením tmavých litinových dílů u montovaného dílu.

Barvou doplňkovou je barva #21459D hex, tedy barva tmavě modrá, která odpovídá barvě v logu společnosti Jihostroj. Jak lze vidět na Obr. 24, této doplňkové barvy je využito převážně u pojízdných regálů a krabiček.



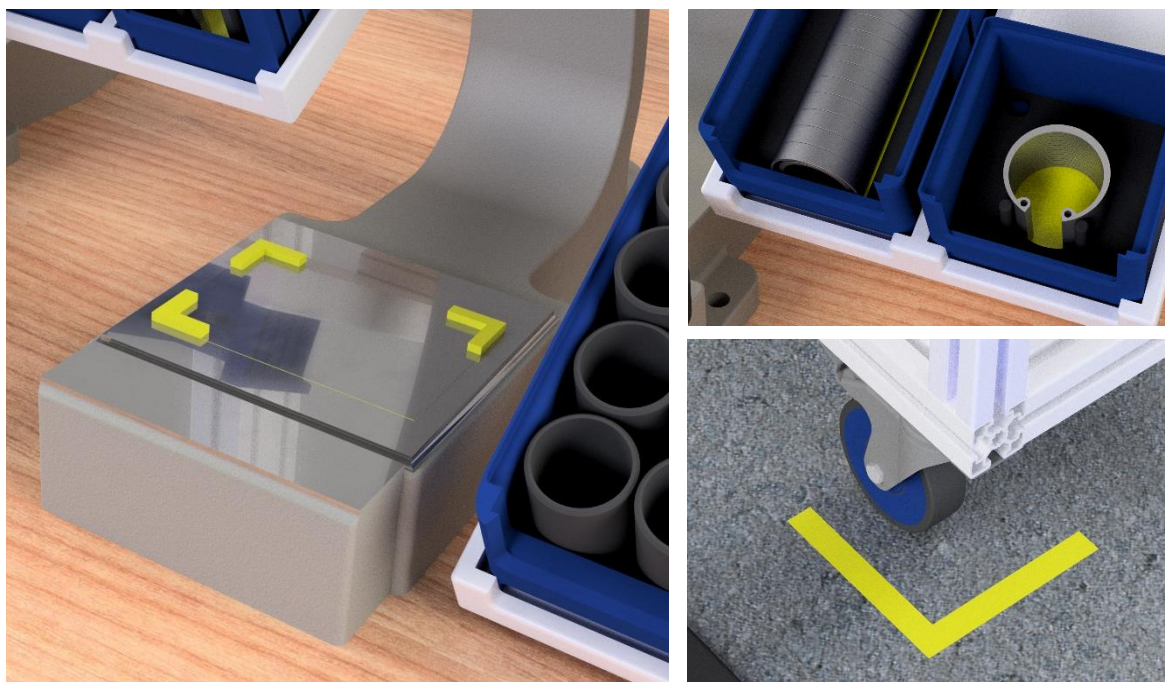
Obr. 24 – Užití doplňkové barvy

K označení ovladačů a nastavovacích šroubů je využita oranžová barva (Obr. 25). Je použita u ovladače výškově stavitelného stolu, jako barva ovladače lisu, na ovládací páce pneumatických nástrojů a dalších prvcích, které umožňují spínání nebo nastavování.



Obr. 25 – Oranžová barva na prvcích návrhu

Žlutá barva je použita pro zobrazení umístění prvků a také pro znázornění přípravků, do kterých se montované díly vkládají. Jedná se o přípravky na lisech, podlahové značení umístění pojízdných regálů a přípravky v krabičkách, do kterých jsou díly při přípravě pracoviště vkládány. Na vizualizaci Obr. 26 jsou zobrazeny žluté prvky návrhů.



Obr. 26 – Využití žluté barvy v návrhu

7.1.3 Modulárnost a přizpůsobitelnost

Hlavní díly konstrukce stolu a regálů jsou tvořeny z hliníkových profilů 50x50 (případně 100x50), to umožňuje tomuto řešení značnou modulárnost, prvky lze jednoduše přesouvat, doplňovat a odebírat. Spádové dráhy jsou do konstrukce stolu upevněny pomocí nastavitelných držáků, které umožňují nastavení optimálního sklonu dráhy, posunutí i jejich vyklonění do boku. Z bezpečnostních důvodů jsou konce konstrukce (profilů) zakončeny nasazenými plastovými krytkami, na vizualizaci Obr. 27 jsou prvky pro názornost vyobrazeny bez těchto krytek.



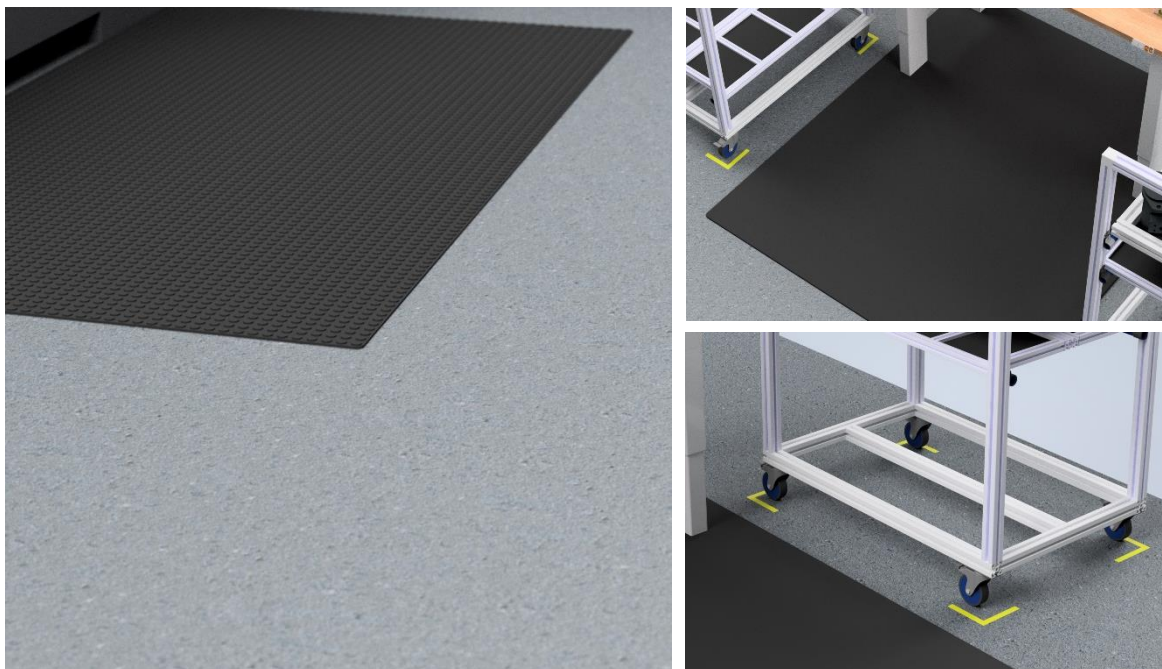
Obr. 27 – Ukázka modulárnosti a nastavitelnosti návrhů

Samotná pracovní pozice a pracovní prostředí jsou široce nastavitelné dle pracovníka. Lze nastavit intenzitu přídavného osvětlení, výšku pracovního stolu, spádové dráhy, výšku regálu u vozíku a u návrhu 2 také židli. Díky konstrukci jsou také nastavitelné regálové vozíky a to konkrétně výška regálů a jejich sklon.

7.1.4 Podlaha

Podlaha plně odpovídá současnému stavu, je na ní ale umístěna v místě pod stolem a před ním, tedy v místě pohybu obsluhy, gumová rohož. Rohož je bez perforace, jen s drobnými výstupky, to umožňuje snadnější úklid. Podlaha a její prvky jsou vyobrazeny na Obr. 28.

Žlutými čarami jsou na podlaze vytyčena místa pro umístění regálů se zásobami a hotovými díly.



Obr. 28 – Vizualizace podlahy a prvků s ní spojených

7.1.5 Pracovní stůl

Pracovní stůl je výškově stavitelný pomocí čtyř nohou s výškovým pohonem, jejich ovladač (Obr. 29) je vždy umístěn vpravo přední části montážní desky, jsou na něm 4 tlačítka, dvě vlevo slouží k uložení vhodné výšky pro dvě různé osoby, a zbylé dvě k pohybu desky nahoru/dolu. K snadnému rozeznání jsou tlačítka pro ovládání pohybu rozlišena nejen piktogramy, ale i jejich zapuštěním, a naopak vystoupanutím z ovládacího panelu.



Obr. 29 – Ovladač výškově stavitelného stolu

Stůl má vysokou pevnost a nosnost jeho pracovní deska je ze dřeva, to poskytuje vhodný kontrast s montovanými díly a působí esteticky. Vzhledem k častému pohybu obsluhy jsou veškeré hrany zaobleny se značným rádiusem, obzvláště pak hrany v ose Z.

7.1.6 Osvětlení

Globální osvětlení je u optimalizovaného pracoviště stejné, jako u současného, je totiž ergonomicky vhodné. Rozdílně je provedeno osvětlení lokální. V horní části konstrukce stolu je umístěno doplňkové osvětlení pracovní plochy, proti oslnění pracovníka je vybaveno stínícím štítem. Intenzitu tohoto osvětlení lze regulovat pomocí otočného ovladače na pravé straně těla světla. Lisy jsou vybaveny zabudovaným osvětlením pracovní plochy. Přídavné osvětlení pracovní plochy stolu je zobrazeno na Obr. 30.



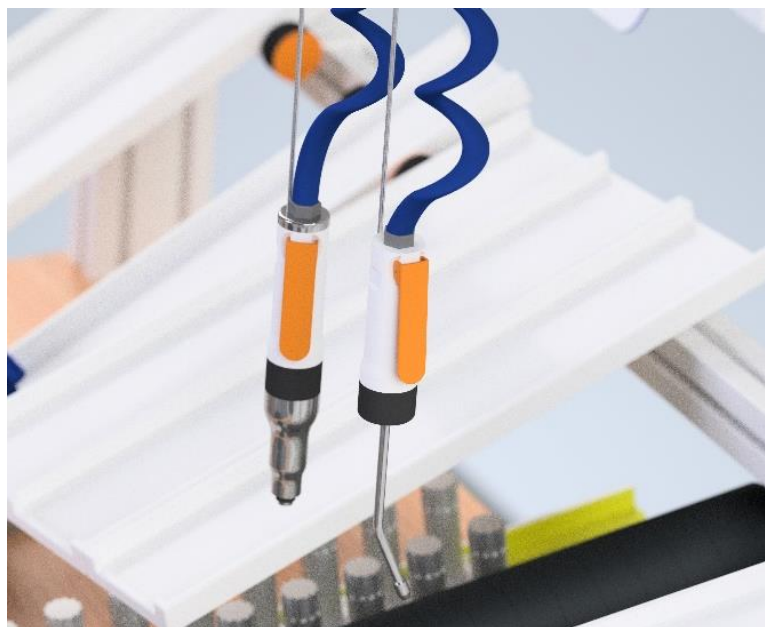
Obr. 30 – Přídavné osvětlení pracoviště

7.1.7 Lisy

Vzhledem k bezpečnosti obsluhy a prováděné pracovní činnosti jsou poloautomatické stolní lisy pevně spojeny s pracovní deskou stolu. Pro umístování dílů jsou vybaveny přípravky. Jeden z lisů (u obou návrhů levý) umožňuje současné nalisování gufera a jeho zajištění pojistným kroužkem, druhý lis je určen k nalisování nátrubku čerpadla. Ovládací tlačítko na lisech je z bezpečnostních důvodů umístěno na jejich horní části a vyžaduje stisk oběma rukama.

7.1.8 Pneumatické nástroje

Jak lze vidět na Obr. 31 oba nástroje mají shodný systém ovládání pomocí páky, ta je umístěna tak, aby umožňovala přirozené (ergonomicky vhodné) uchycení a ovládání. Pro snadnější ovládání jsou oba nástroje uchyceny na lanko samonavíjecího systému.



Obr. 31 – Pneumatické nástroje

Pneumatický šroubovák má přesně nastavitelný utahovací moment a je kalibrován.

7.1.9 Umístění dílů

Montované díly jsou v navrhovaných řešeních umísťovány na co nejbližší místa vůči místu provádění montáže. Při volbě umístění bylo upřednostňováno co nejvhodnější umístění pro díly s vyšší hmotností a díly, které jsou častěji odebírány.

Vzhledem k hmotnosti a rozměrům jsou u obou návrhů příruba mezitěleso a víko umístěny na pojízdný regál (Obr. 32 vlevo).

V krabičkách jsou díly umísťovány s ohledem na prováděnou montážní operaci, takže například šrouby jsou vkládány hlavou dál od obsluhy, aby bylo umožněno snadné vyjmutí šroubu a jeho umístění bez přetáčení zápěstí obsluhy (Obr. 32 vpravo).



Obr. 32 – Umístění dílů v návrhu

7.1.10 Spádové dráhy

Návrhy využívají spádových drah pro plynulý přísun montovaných dílů a pro odebírání a montování vhodné umístění a vzdálenost dílů. Dráhy jsou uzpůsobeny na velikost krabiček s díly.

Pro ozubená kola, těleso 1 a 2 jsou spádové dráhy umístěny přímo na stole a díly jsou vkládány přímo do nich, bez užití krabiček (Obr. 33). Toto provedení je zvoleno s ohledem na povahu dílů a možnost optimalizace doplňování zásob tím, že se vyrobené díly ihned po obrobení vkládají přímo do těchto přípravků a ty se jen předávají na místo montáže.

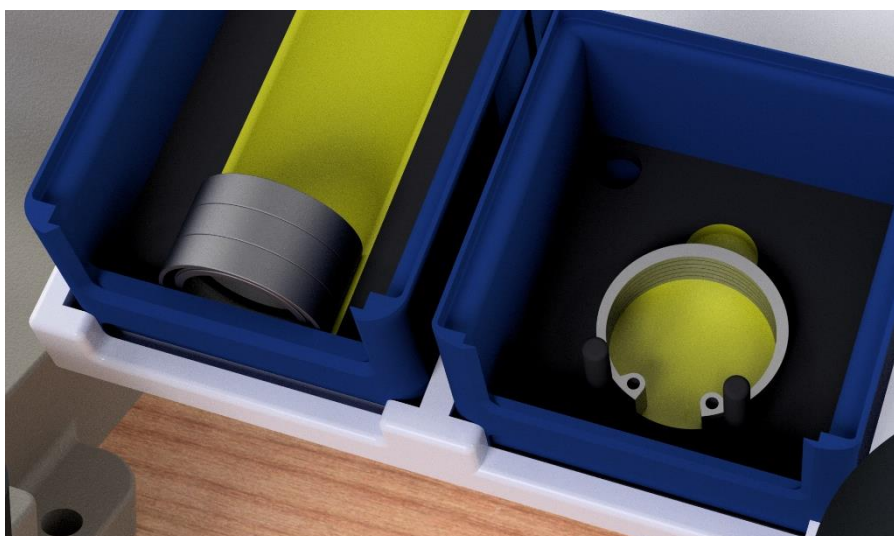


Obr. 33 – Spádové dráhy umístěné na stole

7.1.11 Přípravky v krabičkách

Dle povahy dílu, jeho hmotnosti a předchozí výrobní operace je u dílů zvolena možnost ukládání dílů. Buď do samotných krabiček, nebo do proprietárních přípravků v nich.

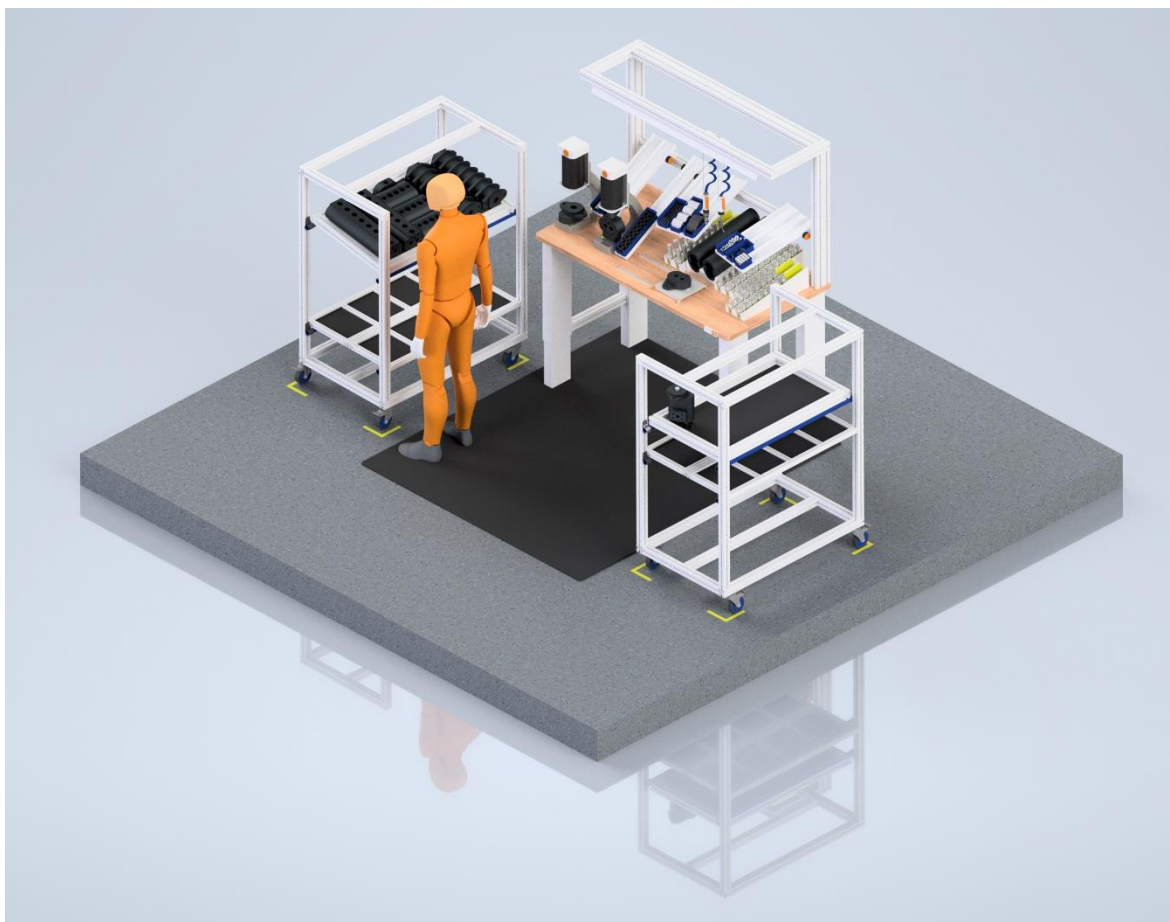
Díly pryžové (kromě gufera) a s velmi malými rozměry jsou v krabičkách volně, bez přípravku, ostatní díly mají v krabičkách pryžové přípravky pro snadné vyjmutí dílů. Přípravky také zajišťují bezpečné uložení a transport dílů. Krabičky, které v sobě mají právě tyto přípravky jsou vyobrazeny na Obr. 34.



Obr. 34 – Přípravky v krabičkách s díly

7.2 Návrh 1

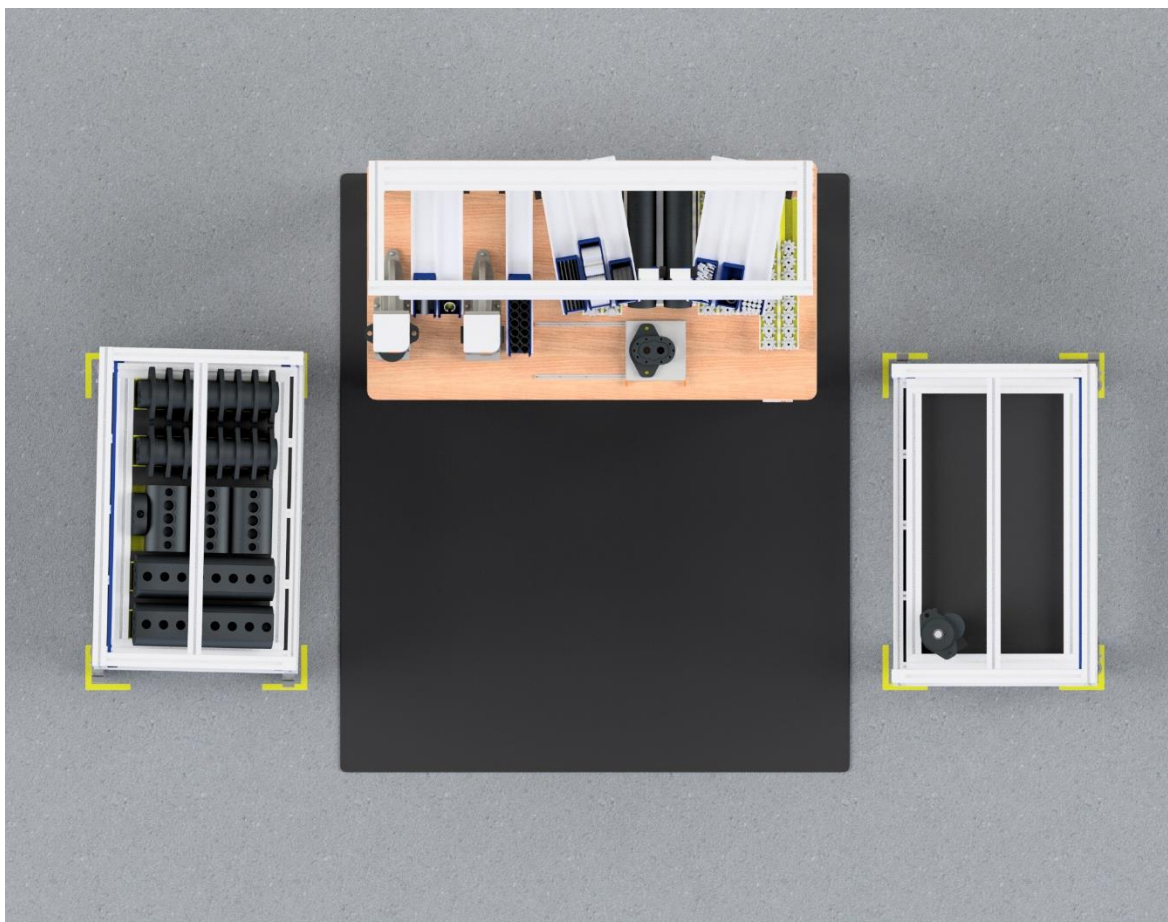
Návrh pracoviště 1 je navržen pro jednu obsluhu. Montážní proces je na tomto pracovišti prováděn ve stoje s ohledem na časté přecházení a manipulaci s relativně těžkými díly. 3D vizualizace tohoto řešení pracoviště je na Obr. 35, pohled shora poté na Obr. 36.



Obr. 35 – 3D zobrazení návrhu pracoviště 1

Pracoviště se skládá ze tří hlavních prvků: stolu a dvou vozíků. Levá část stolu je využívána pro přípravu dílů na lisech a pravá poté na samotnou montáž. Vozík, který je na pravé straně je používán k umístění a odvezení hotových čerpadel. Levý vozík je využíván pro skladování těžkých litinových dílů. Na pravý vozík jsou odkládána hotová čerpadla.

Pneumatické nářadí je v návrhu přímo před obsluhou v poloze montáže. Ofukovací pistole je v montážním procesu využívána častěji, proto je umístěna na ergonomicky vhodnějším místě vpravo od pneumatického šroubováku.



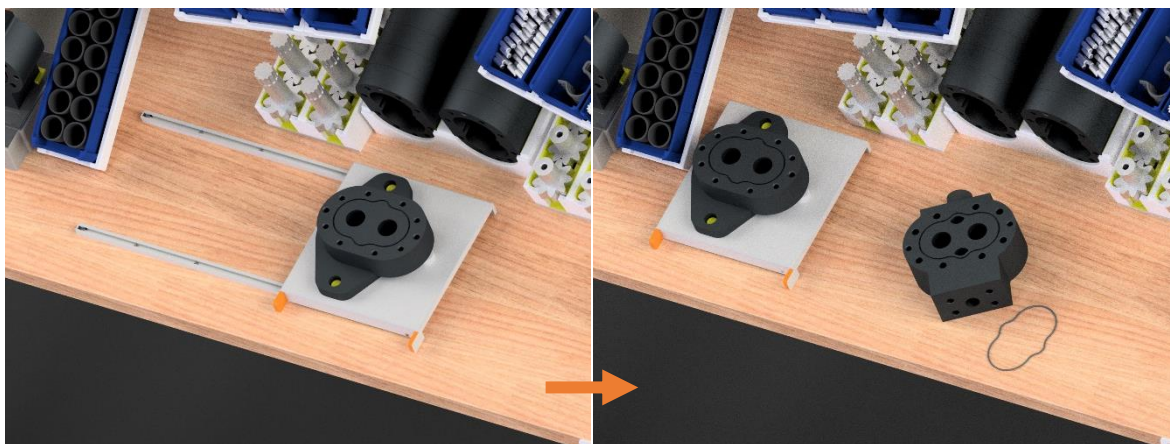
Obr. 36 – Pohled shora na návrh pracoviště 1

7.2.1 Montážní přípravek

V pravé části stolu je před pracovníkem montážní přípravek, do kterého se umísťuje příruba. Některé montážní operace se ale provádí nejprve na samotných dílech, a až poté se díly umísťují na přírubu, aby tyto montážní operace pracovník nemusel provádět mimo osu těla (trupem těla vytočený do strany) nebo přecházet je montážní přípravek upevněn do kolejnicového systému a pracovník si ho může z prostoru přímo před sebou odsunout. Kolejnicový systém je vybaven dorazy a je aretován v krajních polohách, tedy polohách montáže na přírubě (Obr. 37 vlevo) a montáže mimo přírubu (Obr. 37 vpravo).

7.2.2 Doplnování zásob

Doplňovat zásoby před každou výrobní dávkou je potřeba jen u ozubených kol a odlitků (mezitělesa, tělesa, příruby), zbylé díly je možné doplnit před počátkem směny, a i s rezervou po její celou dobu vydrží.



Obr. 37 – Zobrazení funkce montážního přípravku

Pojízdný regál umožňuje u těžších dílů snadnou manipulaci mezi výrobou a montáží, stejné platí také pro regál s hotovými čerpadly. Po výrobě je potřeba díl umístit do přípravku v regálu, a ten převézt na místo montáže. Případné skladování je taktéž možné na těchto regálech. Stejně platí i pro mobilní spádové dráhy ozubených kol a těles 1, 2.

7.2.3 Rozměry pracoviště

Samotné pracoviště má rozměry 4 x 2 metry, pro doplňování zásob je však za stolem potřeba 1,5 metru. Rozměry plochy zabrané pracovištěm jsou tedy 4 x 3,5 metru. Výsledná plocha je 14 m². Oproti současné variantě, která je 9 x 9 metru (81 m²) je tedy navrhovaná varianta téměř 5,8krát menší.

7.2.4 Optimalizovaný montážní postup

Na Obr. 38 jsou očíslovány jednotlivé plochy skladování montovaných dílů a montážních prostředků. Optimalizovaný postup je spolu s časy jednotlivých činností uveden v Tab. 8.



Obr. 38 – Rozložení na pracovním stole

Pracovní postup začíná vyjmutím příruby z přípravku v pravém vozíku a jejím umístěním na lis (1), do otvoru v přírubě je vsazeno gufero (2), na tlačnou část lisu je nasazen vnější pojistný kroužek (3). Lis je aktivován a gufero tím zajištěno na přírubě. Další činností je přenesení mezitělesa z vozíku na lis (4) a nalisování nátrubku (5). Poté je z vozíku vzato víko a umístěno vpravo od montážního přípravku (18), do tohoto víka je následně vloženo těsnění (8). Následuje přemístění příruby z lisu na montážní přípravek (18) a vložení těsnění (8) do její zadní části. Montážní přípravek je poté odsunut mimo místo montáže a je vloženo malé těsnění (11) do přitlačných desek (7), to se opakuje 4x. Další činností je přisunutí přípravku s přírubou (18) a nasazení připravené přitlačné desky na její zadní část, do drážek na zádech příruby jsou poté vloženy dva kolíky (10). Dále je spojena velké hnací kolo (13) a spojka (12), tato podsestava je poté spolu s hnaným kolem (16) vložena do otvorů v přírubě, na tento celek je nasazeno těleso 1 (14). Následuje opětovné nasazení přitlačné desky (která je již osazena těsněním) na montovaný celek, opakuje se také vložení zajišťovacích kolíků (10), tentokrát ale do otvorů v tělese 1. Mezitěleso se vyjme z lisu a umístí na montážní plochu (předtím je montážní přípravek odsunut), do otvoru na jeho čelní straně se vloží těsnění (8), tato mezisestava je poté umístěna těsněním na montážní celek. Následuje vložení těsnění (8) do drážky na lící straně nasazeného mezitělesa, vložení kolíků (10) do otvorů mezitělesa a nasazení přitlačné desky. Dalším krokem je vsazení malého hnacího kola (17) a hnaného kola (16) na montovaný prvek, na ten je poté

nasazeno těleso 2 (15). Do tohoto tělesa jsou poté vloženy kolíky (10) a na ozubená kola přitlačná deska. Na celek je nasazeno víko (které je vpravo od přípravku a je již osazeno těsněním). Posledním krokem montáže je vložení šroubů (6) a jejich dotažení pneumatickým šroubovákem (9) na předepsaný moment.

Tab. 8 – Montážní postup návrhu 1

Číslo operace	Popis operace	Čas [s]
10	Nalisování gufera na čelo příruby a zajištění pojistným kroužkem	20
20	Nalisování nátrubku na meztěleso	30
30	Vložení těsnění do víka	15
40	Umístění příruby do přípravku	6
50	Vložení těsnění do drážky v přírubě	15
60	Vložení těsnění do přitlačných desek (4x)	100
70	Nasazení přitlačné desky na přírubu	15
80	Vložení 2ks kolíků do příruby	12
90	Nasunutí spojky na velké hnací kolo	8
100	Instalace hnaného a velkého hnacího kola do příruby	40
110	Nasazení tělesa 1 na montovaný celek	8
120	Nasunutí přitlačné desky na hřídele kol	15
130	Vložení kolíků (2ks)	12
140	Přemístění meztělesa a vložení těsnění do drážky na jeho čelní straně	20
150	Nasazení meztělesa na montovaný celek	8
160	Vložení těsnění do čelní strany meztělesa	15
170	Vložení kolíků do meztělesa (2ks)	12
180	Nasazení přitlačné desky (stranou s těsněním na meztěleso)	15
190	Nasunutí druhého hnacího a hnaného kola	34
200	Nasazení tělesa 2 na montovaný celek	8
210	Vložení kolíků (2ks) do tělesa 2	12
220	Nasunutí přitlačné desky na hřídele kol (těsněním směrem od kol)	15
230	Nasazení víka	15
240	Vložení šroubů (8ks) a jejich dotažení na požadovaný moment	30
250	Přenesení čerpadla na vozík	15

Celý montážní proces pro jedno čerpadlo trvá 495 vteřin, tedy 8,25 minut. Montáž jedné dávky (16 ks) je tedy otázkou 132 minut. Po vyrobení dávky je potřeba doplnění zásob, které trvá 3 minuty. Za jednu směnu (uvažováno 7 hodin čistého času montáže) je možné stihnout

vyrobit 3 výrobní dávky (6,75 hodiny), zbylý čas (0,25 hodiny) je využit ke kontrole vyrobených čerpadel a doplnění zásob do spádových drah. Za jednu směnu je tedy dle návrhu 1 možné vyrobit 48 čerpadel.

7.2.5 Pořizovací cena návrhu 1

S ohledem na podstatu návrhu, kdy je většina položek navržena bez využití existujících prvků, aby co nejvíce vyhovovala prováděné činnosti, je cenové zhodnocení pouze orientační. Pro nasazení pracoviště v jeho navržené podobě by bylo potřeba vyrobit velké množství prvků na míru, což by bylo finančně zcela nerentabilní. Ceny uvedené v Tab. 9 jsou tak cenami běžně dostupných výrobků, které se vlastnostmi co nejlépe podobají navrženým prvkům.

Tab. 9 – Nacení jednotlivých položek návrhu 1

Položka	Počet ks	Orientační cena za ks [Kč]	Celková cena za položku [Kč]
Výškově stavitelný stůl	1	100 000	100 000
Poloautomatický stolní lis	2	70 000	140 000
Vozík regálový	2	18 000	36 000
Spádová dráha + držák	9	3 000	27 000
Stolní spádová dráha	5	1 500	7 500
Přídavné osvětlení	1	2 500	2 500
Montážní přípravek	1	3 500	3 500
Pneumatická ofukovací pistole	1	400	400
Pneumatický šroubovák	1	20 000	20 000
Podlahová rohož	1	3 000	3 000
Krabička malá	2	80	160
Krabička střední	4	100	400
Krabička velká	3	120	360
přípravek do krabičky	7	200	1 400
Pryžový přípravek do vozíku	1	1 500	1 500
Podlahové značení	8	10	80
Ostatní přípravky	1	5 000	5 000
Pneu. a el. vedení	1	4 000	4 000
Ostatní	1	10 000	10 000
Celková cena			362 800

7.2.6 Zhodnocení návrhu 1

První návrh optimalizovaného pracoviště montáže je oproti současnému řešení řešen komplexně a jednotlivé prvky tak na sebe navazují nejen esteticky, ale i po stránce

technické a fyzické. Veškeré prvky jsou umístěny jednoznačně a organizovaně. Fyzická i psychická zátěž pracovníka jsou nižší než u současné varianty.

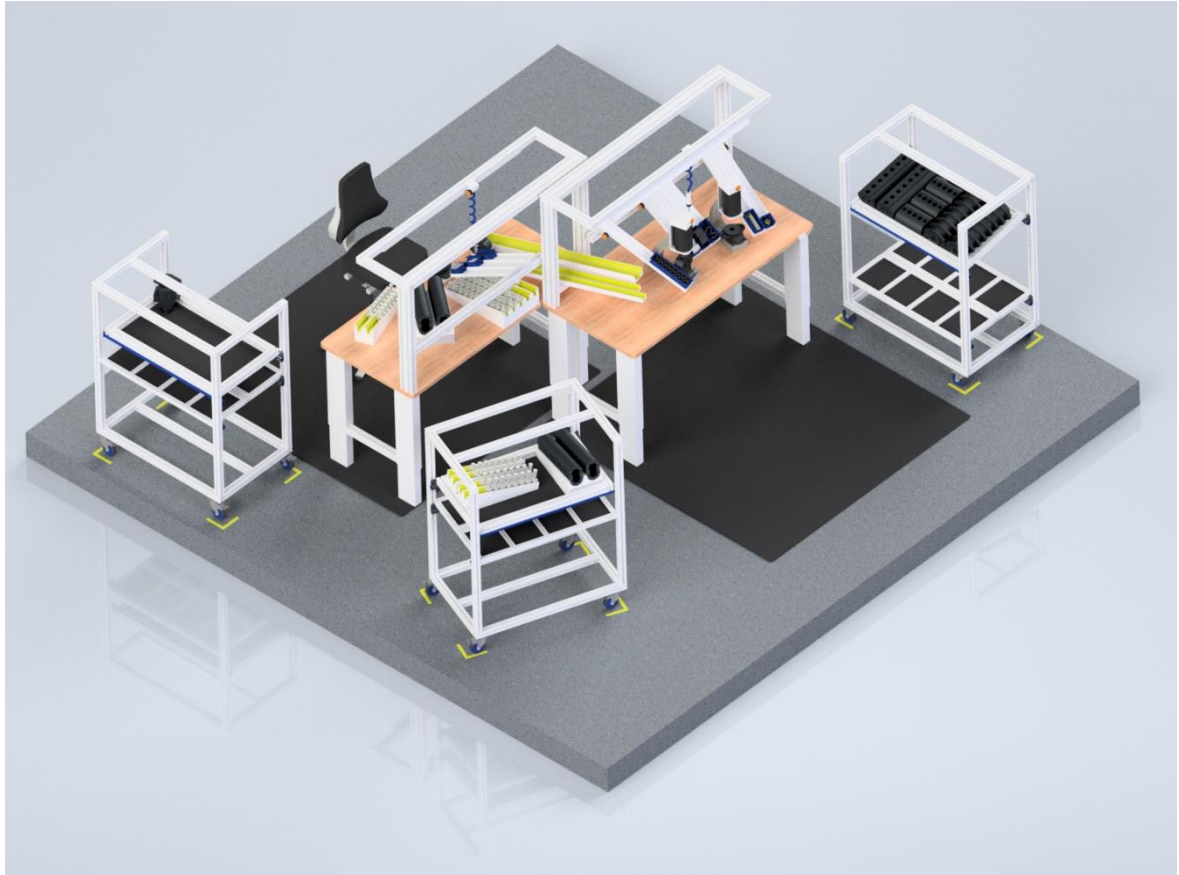
Celé pracoviště je v maximální míře přizpůsobitelné a modifikovatelné, umožňuje tedy například výrobu inovovaného produktu, bez většího zásahu. Přizpůsobení je velmi snadné a je tak možné časté střídání pracovníků, kterým pracoviště vždy zajistí optimální podmínky, pro provádění montáže. Díky využití spádových drah, přípravků a posuvného montážního přípravku je montážní činnost prováděna v optimální pozici a snižuje fyzickou zátěž.

Plocha zabraná pracovištěm je řádově menší oproti současnosti, tempo výroby je téměř 2x vyšší (48 vs 26 vyrobených čerpadel za směnu), Díky využití kalibrovaného pneumatického šroubováku je značně zkrácena a zjednodušena činnost zajištění víka čerpadla, navržený systém skladování dílů na pracovišti umožňuje skladování dílů i mimo pracoviště.

Nevýhodou je poloha ve stoje, která je stejná jako u současného řešení, s ohledem na montované díly a časté přecházení je ale nevyhnutelná. Lze užít židli umožňující „polosed“.

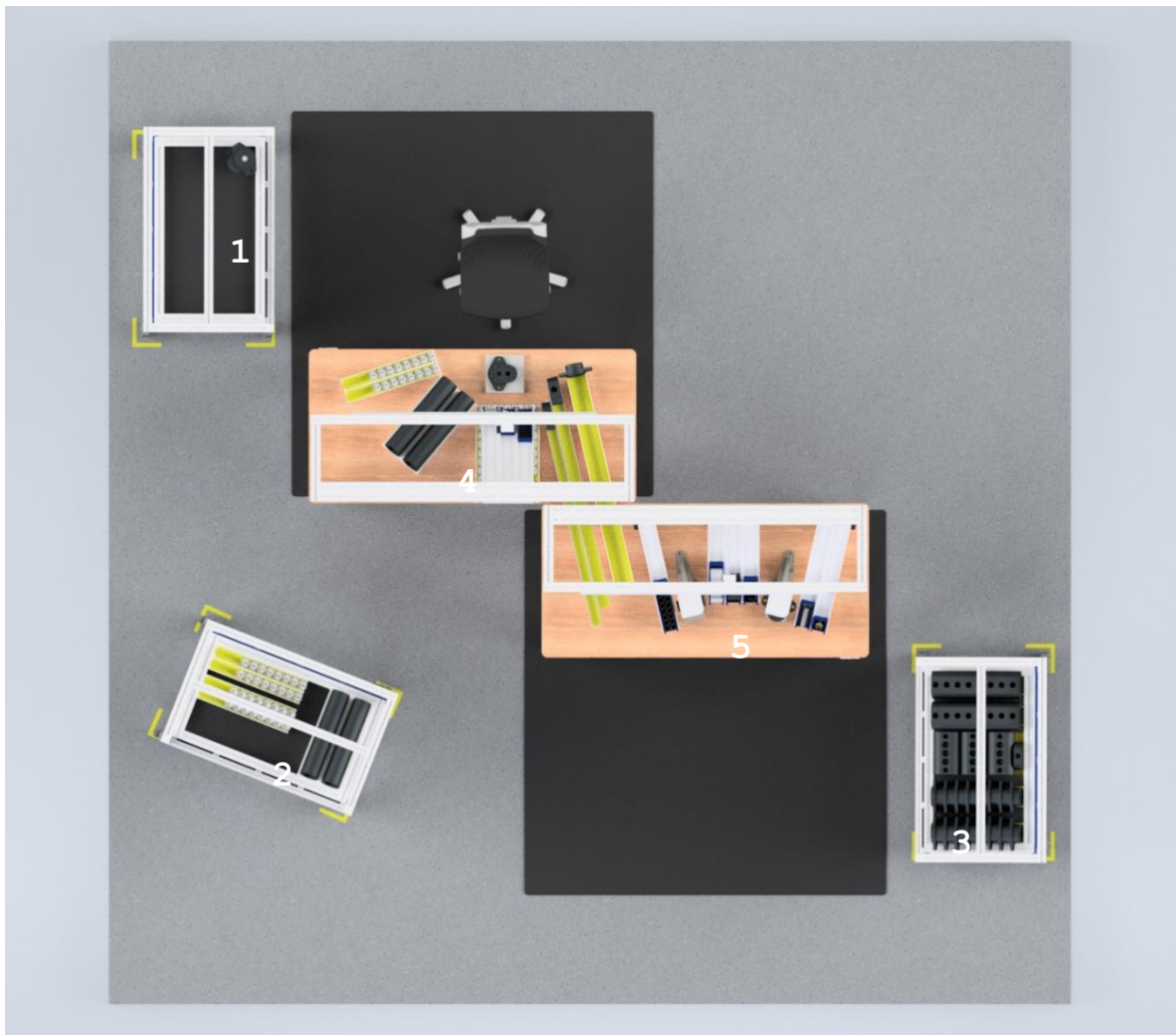
7.3 Návrh 2

Navržené pracoviště je obsluhováno dvěma pracovníky. Na vizualizaci Obr. 39 je návrh zobrazen ve 3D, na Obr. 40 poté při pohledu shora.



Obr. 39 – 3D zobrazení návrhu pracoviště 2

Na Obr. 40 jsou očíslovány jednotlivé celky návrhu. Číslem 1 je označen regálový vozík sloužící k ukládání a odvážení hotových čerpadel. Vozík označený číslem 2 je používán k přivážení a skladování mobilních spádových drah, ze kterých je doplňováno montážní pracoviště (4). Přípravné pracoviště (5) je využíváno k přípravě dílů před montáží na pracovišti montáže (4). Poslední vozík (3) je používán k přepravě a skladování větších litinových dílů.



Obr. 40 – Pohled shora na návrh 2

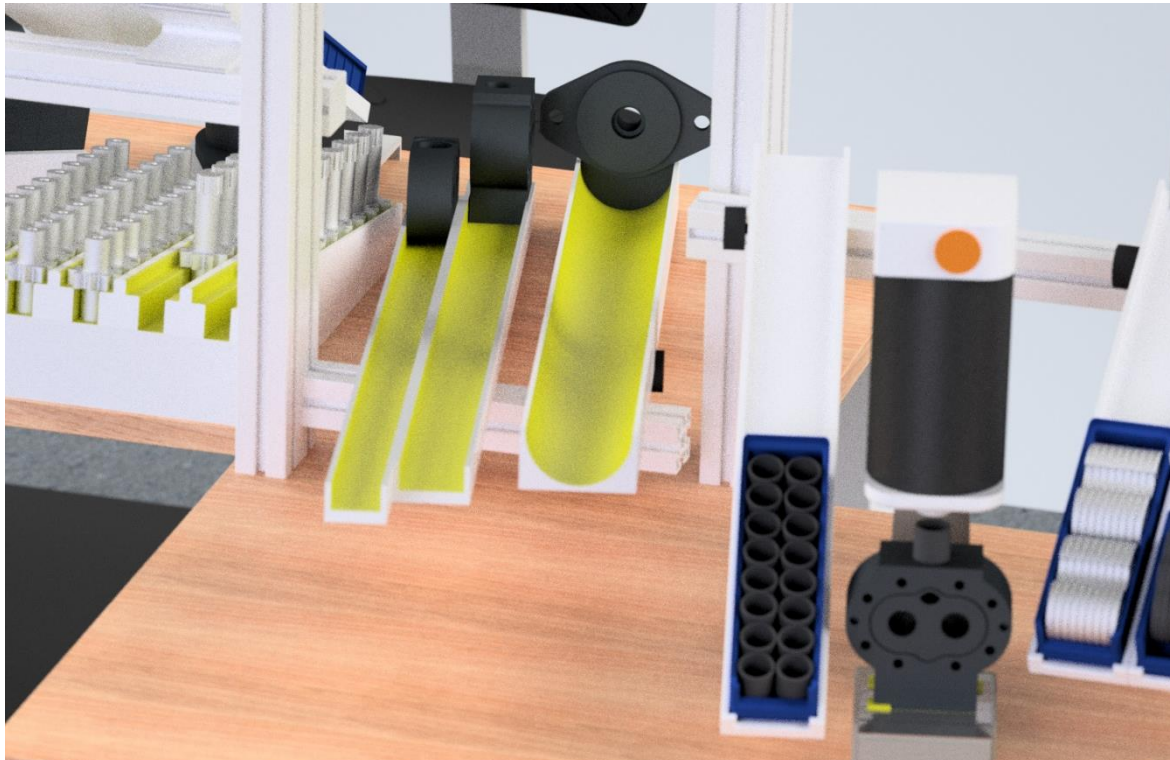
7.3.1 Přípravné pracoviště

Přípravné pracoviště je vzhledem k hmotnosti a častému přecházení s díly obsluhováno vestoje. Jak je vidět na vizualizaci Obr. 41 pracoviště je vybaveno dvěma poloautomatickými lisy, na těch se provádí přípravné činnosti pro hlavní montážní proces, dochází na nich k nasazení gufera na přírubu a nalisování nátrubku do otvoru v mezitělese. Na pracovišti dochází také k osazení těsnění do všech dílů, které ho vyžadují.

Po dokončení přípravných prací na dílech jsou díly vloženy do mezistolních spádových drah (Obr. 42), které jsou vlevo na přípravném pracovišti. Díly sklouznou po těchto spádových drahách k pracovníkovi pracoviště montáže přímo do optimální pozice.



Obr. 41 – Vizualizace přípravného pracoviště

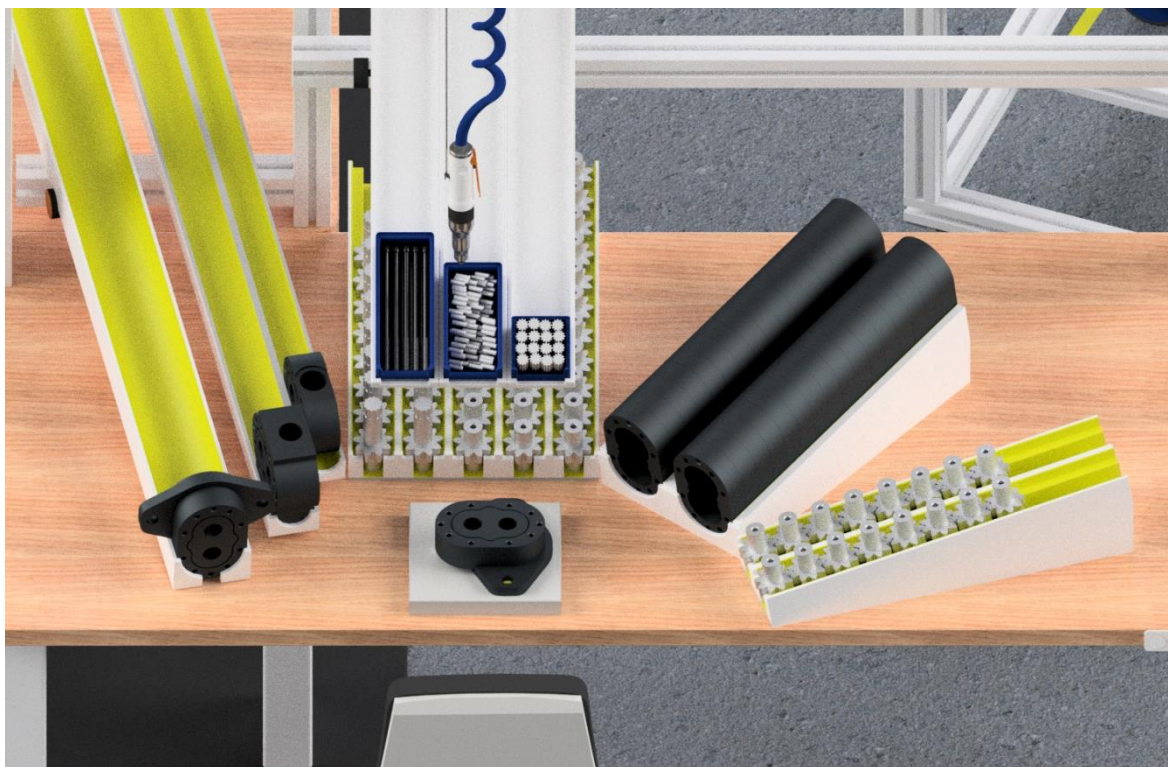


Obr. 42 – Spádové dráhy mezistolní pro připravené díly

7.3.2 Pracoviště montáže

Práce na pracovišti montáže (Obr. 43) je uzpůsobena pro polohu vsedě, po dokončení čerpadla je ale z důvodu jeho hmotnosti pracovník nucen vstát a přenést ho na regálový vozík. Židle na pracovišti je polohovatelná v několika směrech, umožňuje práci v sedě i polosedě, je bez pojezdu, což zvyšuje jistotu pracovníka. Z důvodu častých přesunů pracovníka mezi stranami je otočná.

Veškeré díly jsou na pracoviště dodávány ve stavu, který umožňuje přímé nasazení na montovaný celek, a není tak potřeba provádět montážní činnost mimo něj, přípravek pro montáž je z tohoto důvodu fixně upevněn na stůl a neumožňuje posun do stran.



Obr. 43 – Vizualizace pracoviště montáže

7.3.3 Rozměry pracoviště

Celé optimalizované pracoviště má rozměry 6 x 6 metry, zabírá tedy plochu 36 m². Oproti současné variantě je optimalizované pracoviště z návrhu 2 více než 2x menší.

7.3.4 Optimalizovaný montážní postup

Montážní postup na přípravném pracovišti je popsán v Tab. 10, postup na pracovišti montáže pak v Tab. 11.



Tab. 10 – Montážní postup přípravy

Číslo operace	Popis operace	Čas [s]
10	Nalisování gufera na čelo příruby a zajištění pojistným kroužkem	20
20	Vložení těsnění do drážky v přírubě	15
30	Nalisování nátrubku na mezitěleso	30
40	Vložení těsnění do obou stran mezitělesa	36
50	Vložení těsnění do víka	15
60	Vložení těsnění do přitlačných desek (4x)	100

Tab. 11 – Montážní postup montáže

Číslo operace	Popis operace	Čas [s]
10	Umístění příruby do přípravku	8
20	Nasazení přitlačné desky na přírubu	15
30	Vložení 2ks kolíků do příruby	12
40	Nasunutí spojky na velké hnací kolo	8
50	Instalace hnaného a velkého hnacího kola do příruby	40
60	Nasazení tělesa 1 na montovaný celek	8
70	Nasunutí přitlačné desky na hřídele kol	15
80	Vložení kolíků (2ks)	12
90	Nasazení mezitělesa na montovaný celek	8
100	Vložení kolíků do mezitělesa (2ks)	12
110	Nasazení přitlačné desky (stranou s těsněním na mezitěleso)	15
120	Nasunutí druhého hnacího a hnaného kola	34
130	Nasazení tělesa 2 na montovaný celek	8
140	Vložení kolíků (2ks) do tělesa 2	12
150	Nasunutí přitlačné desky na hřídele kol (těsněním směrem od kol)	15
160	Nasazení víka	15
170	Vložení šroubů (8ks) a jejich dotažení na požadovaný moment	30
180	Přenesení čerpadla na vozík	15

Celý přípravný proces pro jedno čerpadlo trvá 216 vteřin, tedy 3,6 minuty. Samotná montáž jednoho čerpadla pak zabere 282 vteřin (4,7 minut). Kritickou je montáž prvního čerpadla, montážní operace musí čekat na dokončení předcházející přípravné operace, zabere tedy 336 vteřin (5,6 minut), pro ostatní čerpadla jsou vzhledem ke kratší době přípravného procesu díly připraveny ještě před jejich montážním procesem. Výroba jedné dávky (16 ks) je tedy otázkou 76,1 minut.

Po připravení dávky dílů na pracovišti přípravy je potřeba doplnění zásob na obou pracovištích, to vykoná pracovník pracoviště přípravy, který na to má po každé připravené dávce čas (jeho proces trvá kratší dobu). Doplnění pracovišť trvá 5 minut. Pracovník přípravy také po každé vyrobené dávce a doplnění dílů kontroluje vyrobená čerpadla (8 minut). Pracovník pracoviště montáže tedy může pracovat nepřetržitě. Za jednu směnu (uvažováno 7 hodin čistého času montáže) je možné stihnout vyrobit 5,5 výrobních dávek. Vzhledem k cíli maximalizace výroby je poslední dávka poloviční (8 ks), je tak využit celý čas. Za jednu směnu je tedy dle návrhu 2 možné vyrobit 88 čerpadel.

7.3.5 Pořizovací cena návrhu 2

Pro stanovení pořizovacích nákladů pro návrh 2 (Tab. 12) platí stejné podmínky, jako pro návrh 1, jedná se o ceny orientační výrobků s vlastnostmi co nejbližšími navržené variantě.

Tab. 12 – Nacení jednotlivých položek návrhu 2

Položka	Počet ks	Orientační cena za ks [Kč]	Celková cena za položku [Kč]
Výškově stavitelný stůl	2	100 000	200 000
Poloautomatický stolní lis	2	70 000	140 000
Pracovní židle	1	17 000	17 000
Vozík regálový	3	18 000	54 000
Spádová dráha + držák	9	3 000	27 000
Stolní spádová dráha	5	1 500	7 500
Spádová dráha mezistolní	3	5 000	15 000
Přídavné osvětlení	2	2 500	5 000
Montážní přípravek	1	3 500	3 500
Pneumatická ofukovací pistole	1	400	400
Pneumatický šroubovák	1	20 000	20 000
Podlahová rohož	2	3 000	6 000
Krabička malá	2	80	160
Krabička střední	4	100	400
Krabička velká	3	120	360
přípravek do krabičky	7	200	1 400
Pryžový přípravek do vozíku	2	1 500	3 000
Podlahové značení	12	10	120
Ostatní přípravky	1	8 000	8 000
Pneu. a el. vedení	2	4 000	8 000
Ostatní	1	12 000	12 000
Celková cena			526 340

7.3.6 Zhodnocení návrhu 2

Druhý návrh optimalizovaného pracoviště montáže je oproti současnému řešení i prvním návrhu optimalizace podstatně produktivnější. Montáž je u tohoto návrhu prováděna nepřetržitě a kvůli dvoučlenné obsluze není potřeba její přerušení v době doplňování dílů do skladových prvků.

Stejně jako u návrhu 1 jsou veškeré prvky umístěny jednoznačně a organizovaně a fyzická i psychická zátěž pracovníka jsou nižší než u současné varianty. Pracoviště je také v maximální míře přizpůsobitelné a modifikovatelné.

Plocha zabraná pracovištěm je menší oproti současnosti. Díky využití kalibrovaného pneumatického šroubováku je značně zkrácena a zjednodušena činnost zajištění víka čerpadla, navržený systém skladování dílů na pracovišti umožňuje skladování dílů i mimo pracoviště.

Na jednom z pracovišť je pracovní činnost prováděna vsedě a na druhém vestoje, to umožňuje střídání obsluhy v průběhu dne a snížení fyzické zátěže v porovnání se současnou variantou, kdy je pracovník nucen celou směnu pracovat vestoje.

Nevýhodou tohoto návrhu je nutnost dvoučlenné obsluhy.

7.4 Zhodnocení navržených variant

Obě navržené varianty jsou v porovnání se současným řešením pracoviště znatelně přívětivější pro jejich obsluhu, a to jak z pohledu fyzické námahy, tak psychické námahy. Pracoviště zabírají citelně menší prostor, jsou ergonomicky vhodnější a splňují estetické předpoklady pracoviště montáže. Díky optimalizaci montážního postupu a změně nástrojů je montážní práce snadnější a rychlejší.

Obě navržené varianty vyžadují výměnu některých skladových prvků a změnu manipulačních prostředků. Oproti současnosti je také u obou návrhů montáž a výroba propojena pomocí přímého umístování vyrobených dílů do montážních přípravků.

K výběru vhodnější ze dvou navržených variant by bylo potřeba posouzení současného a předpokládaného budoucího odbytu, množství využitelných zaměstnanců pro toto



pracoviště a náklady a výnosy spojené s montáží těchto čerpadel, žádný z těchto dokumentů však nebyl součástí dodaných podkladů, a proto je zhodnocení založeno na uvádění situací, za kterých by byl daný návrh vhodnější v porovnání s druhým.

Návrh 1 je vhodný zejména za situace, kdy je poptávka přibližně stejná (nebo max. 2x větší), než je současné pracoviště schopno smontovat. Výhodné je z hlediska naprosto minimální zabrané plochy a nižších nákladů spojených s implementací tohoto návrhu, v porovnání s návrhem 2. Tato navržená varianta je vhodná také pokud má podnik problém s personálním obsazením, vyžaduje jednu obsluhu (stejně jako současná varianta). Ergonomicky je návrh 1 méně vhodný naproti návrhu 2, zejména díky pracovní pozici a nemožnosti měnit pracoviště (rotovat).

Návrh 2 je vhodný zejména, pokud má podnik dostatečný odbyt montovaných čerpadel a je schopný zajistit personální obsazení obou míst. Počáteční investice je oproti návrhu 1 mírně vyšší, stejně tak zabraná plocha. Značnou výhodou je možná nepřetržitá montáž a možnost rotace pracovníků mezi dvěma místy pracoviště.

Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce byla optimalizace současného stavu pracoviště montáže čerpadel. Jsem se zabýval problematikou montáže v průmyslové výrobě. V teoretické části práce jsem popsal základní pojmy a principy týkající se výroby a montáže, jako jsou typy výroby, dělení montáže, metody montáže a montážní linky. Dále jsem se zaměřil na navrhování a optimalizaci organizace montáže, přičemž jsem blíže představil metodu 5S a One Piece Flow. V poslední nejobjemnější části teorie jsem provedl rešerši ergonomie se zaměřením na pracovní místo a prostředí, představil jsem také možnosti zhodnocení ergonomie.

Cílem praktické části práce bylo navrhnout optimalizaci montáže tak, aby se zvýšila produktivita a zlepšily pracovní podmínky. Na úvod této části byl představen předmět montáže a samotné montážní pracoviště. K montovanému čerpadlu byl vytvořen seznam jeho jednotlivých dílů a shrnut současný montážní postup, včetně časů jednotlivých montážních úkonů. Následovalo zhodnocení současného stavu montáže, ze kterého vyplynulo, že současný stav montáže je neefektivní, neuspořádaný a neergonomický. Proto jsem navrhl dva koncepty, které tyto nedostatky odstraňují.

Oba návrhy se zaměřily na vylepšení ergonomie pracovních míst a montážního postupu. Výběr vhodných pracovních stolů, osvětlení a optimalizace montážních postupů měla za cíl snížit fyzickou námahu zaměstnanců a minimalizovat možnost chyb při montáži. Dále jsme se zaměřili na estetiku pracovišť a modulární uspořádání, což přispěje k lepšímu přizpůsobení pracovních míst konkrétním potřebám montáže zubových čerpadel a přizpůsobení pro různé obsluhy.

První koncept spočívá v návrhu pracoviště pro jednu obsluhu a pozici vestoje. Vyznačuje se použitím posuvného montážního přípravku, který umožňuje montáž všech dílů v optimální pozici.

Druhý koncept zahrnuje rozdělení montáže na dvě pracoviště, přičemž na prvním se připravují díly a na druhém se provádí konečná montáž. První pracoviště je obsluhováno

v pozici vestoje, na druhém pracovišti se pracuje vsedě. Optimalizace montážního postupu a rozdělení na dvě pracoviště umožnila u tohoto návrhu nepřetržitou montáž.

Z porovnání obou návrhů vyplývá, že první varianta je levnější na implementaci, jednodušší a rychlejší na realizaci a vyžaduje jen jednu obsluhu. Druhá varianta je dražší, složitější a vyžaduje větší prostor (stále však řádově menší, než současná varianta), ale nabízí lepší ergonomii a kvantitu montáže. Výběr mezi nimi závisí na specifických požadavcích a možnostech modelové firmy, které však nebylo možno z dodaných podkladů zhodnotit. Jedná se zejména o údaje o současném využití pracoviště, personální situaci podniku, ani finanční hledisko montáže, proto byla u každé varianty představena situace a potřeby podniku, pro které je daný návrh vhodnější. První navržená varianta je vhodná zejména, pokud je odbyt čerpadel stejný nebo mírně vyšší, než je současné pracoviště schopno vyrobit. Vhodná je také, pokud má podnik problém s množstvím pracovníků, jelikož vyžaduje stejný počet pracovníků, jako současná varianta. Druhá varianta je vhodná zejména, pokud je odbyt řádově vyšší, jelikož tato varianta umožňuje smontovat 88 čerpadel za směnu oproti současným 26.

Implementace navržených změn by vedla k pozitivním výsledkům, jako je zvýšení kvality výrobků, zvýšení efektivity pracovníků a snížení fyzické a psychické zátěže. Zlepšená ergonomie pracoviště a montážního postupu by měla také přispět ke zvýšení spokojenosti zaměstnanců a snížení počtu chyb při montáži.

Bibliografie

- [1] FIALA, Petr. *Modelování a analýza produkčních systémů*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-19-3.
- [2] ZELENKA, Antonín. *Projektování výrobních procesů a systémů*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03912-0.
- [3] NOVÁK, Josef. *Organizace a řízení*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1223-1.
- [4] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
- [5] SIEMENS GERMANY. Kernstück des Arabelle-Turbinenkomplexes. In: *Wissen.de* [online]. 2019 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.wissen.de/die-dampfmaschine-veraendert-die-welt-bis-heute>
- [6] Zwickau plant... In: *Volkswagen Newsroom* [online]. Wolfsburg, 2018 [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/pioneers-in-climate-friendly-vehicle-manufacturing-6428>
- [7] Korunní-nová linka. In: *Kofola* [online]. 2022 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://www.kofola.cz/aktuality/kofola-investuje-do-mineralni-vody-korunni-uedla-do-provozu-novou-vyrobni-linku-a-jeji-lahve-prosly-promenou>
- [8] SOVA, František. *Technologie obrábění a montáže*. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-7082-823-4.
- [9] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže: učební text*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [10] LACKO, Branislav. *Automatizace a automatizační technika*. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2000. Všechny cesty k informacím. ISBN 80-7226-246-7.
- [11] ČEP, Robert a Jana PETRŮ. *Technologie obrábění v příkladech - 3 Montáž*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3014-8.

- [12] ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. *Projektování výrobních systémů*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-010-1302-2.
- [13] ALIZON, Fabrice, Steven SHOOTER a Timothy SIMPSON. Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization. *Design Studies* [online]. 2009, **30**(5), 588-605 [cit. 2023-03-24]. ISSN 0142694X. Dostupné z: doi:10.1016/j.destud.2009.03.003
- [14] JINFENG, Cao, Zhao PING a Liu GUANGCHUAN. Optimizing the production process of modular construction using an assembly line-integrated supermarket. *Automation in Construction* [online]. 2022, (142) [cit. 2023-03-27]. ISSN 0926-5805. Dostupné z: doi:doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104495
- [15] BERTHOLEY, F., P. BOURNIQUEL, E. RIVERY, N. COUDURIER a G. FOLLEA. Méthodes d'amélioration organisationnelle appliquées aux activités des établissements de transfusion sanguine (ETS) : Lean manufacturing, VSM, 5S. *Transfusion Clinique et Biologique* [online]. 2009, **16**(2), 93-100 [cit. 2023-04-08]. ISSN 12467820. Dostupné z: doi:10.1016/j.tracli.2009.04.007
- [16] VERES (HAREA), Cristina, Liviu MARIAN, Sorina MOICA a Karam AL-AKEL. Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing* [online]. 2018, **22**, 900-905 [cit. 2023-04-08]. ISSN 23519789. Dostupné z: doi:10.1016/j.promfg.2018.03.127
- [17] Metody štihlé výroby. In: *Enprag.cz* [online]. [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.enprag.cz/metody-stihle-vyroby>
- [18] SENTHIL KUMAR, K.M., K. AKILA, K.K. ARUN, S. PRABHU a C. SELVAKUMAR. Implementation of 5S practices in a small scale manufacturing industries. *Materials Today: Proceedings* [online]. 2022, **62**, 1913-1916 [cit. 2023-04-08]. ISSN 22147853. Dostupné z: doi:10.1016/j.matpr.2022.01.402
- [19] SHAHRIAR, M.M., M.S. PARVEZ, M.A. ISLAM a S. TALAPATRA. Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study. *Cleaner Engineering and Technology* [online]. 2022, **8** [cit. 2023-04-08]. ISSN 26667908. Dostupné z: doi:10.1016/j.clet.2022.100488
- [20] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.

- [21] VOLKO, Vladimír. Co je to: "One Piece Flow"?. In: *Vladimír Volko* [online]. [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: https://www.volko.cz/slovník_vykonnosti.php?ID_term=12
- [22] ONE PIECE FLOW: Balancování procesu. In: *ProLean* [online]. [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://prolean.cz/one-piece-flow/>
- [23] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
- [24] Chapter 7 - Human factors and ergonomics in the operating room. In: L.W. WEBSTER, Kristen a Elliott R. HAUT. *Handbook of Perioperative and Procedural Patient Safety*. Elsevier, 2024, s. 75-86. ISBN 978-0-323-66179-9.
- [25] GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. *Ergonomie: optimalizace lidské činnosti*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0226-6.
- [26] ČESKO. Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262>
- [27] ČESKO. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>
- [28] ČESKO. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [29] MAREK, Jakub a Petr SKŘEHOT. *Základy aplikované ergonomie*. Vyd. 1. Praha: VÚBP, 2009. Bezpečný podnik. ISBN isbn978-80-86973-58-6.
- [30] ALKOZEI, Anna, Ryan SMITH, Derek PISNER et al. Exposure to Blue Light Increases Subsequent Functional Activation of the Prefrontal Cortex During Performance of a Working Memory Task. *Sleep* [online]. 2016, **39**(9), 1671-1680 [cit. 2023-04-04]. ISSN 0161-8105. Dostupné z: doi:10.5665/sleep.6090
- [31] LUO, Wei, Rick KRAMER, Maaïke KOMPIER, Karin SMOLDERS, Yvonne DE KORT a Wouter VAN MARKEN LICHTENBELT. Effects of correlated color temperature of light on thermal comfort, thermophysiology and cognitive performance. *Building and Environment* [online]. 2023, **231** [cit. 2023-04-04]. ISSN 03601323. Dostupné z: doi:10.1016/j.buildenv.2022.109944

- [32] ČESKO. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272/zneni-20181109>
- [33] MALÝ, Stanislav, Miroslav KRÁL a Eva HANÁKOVÁ. *ABC ergonomie*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2010. ISBN 978-80-7431-027-0.
- [34] HLÁVKOVÁ, Jana a Alena VALEČKOVÁ. *Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik: metodický materiál Národního referenčního pracoviště pro fyziologii a psychofyziologii práce*. Praha: Státní zdravotní ústav, 2007. ISBN 978-80-7071-289-4.



Seznam tabulek

Tab. 1 – Jednotlivé kroky metody 5S [20]	19
Tab. 2 – Třídy prací a pro ně potřebné osvětlení [23].....	24
Tab. 3 – Doporučené kombinace barev v interiéru [29]	25
Tab. 4 – Výhody sedu a stoje [23]	28
Tab. 5 – Přehled jednotlivých dílů montovaného čerpadla	36
Tab. 6 – Montážní postup	38
Tab. 7 – Neefektivní činnosti současného procesu.....	40
Tab. 8 – Montážní postup návrhu 1	55
Tab. 9 – Nacnění jednotlivých položek návrhu 1	56
Tab. 10 – Montážní postup přípravy	62
Tab. 11 – Montážní postup montáže	62
Tab. 12 – Nacnění jednotlivých položek návrhu 2	63

Seznam obrázků

Obr. 1 – Dělení výroby – typy výroby [3]	2
Obr. 2 – Příklad výrobku kusové výroby (parní turbína) [5].....	3
Obr. 3 – Výroba automobilů automobilky VW ve Cvikově [6]	4
Obr. 4 – Výrobní linka společnosti Kofola a.s. [7]	5
Obr. 5 – Schéma soustředné montáže [11]	8
Obr. 6 – Schéma rozčleněné montáže [11].....	9
Obr. 7 – Schéma předmětné montáže [11].....	9
Obr. 8 – Schéma linkové montáže [11]	10
Obr. 9 – Schéma proudové montáže [11]	10
Obr. 10 – Konstrukční kompenzátor (dělená objímka) [9].....	12
Obr. 11 - Rozvětvené uspořádání montážní linky [9].....	14
Obr. 12 – Jednostranné uspořádání pracovišť [9].....	15
Obr. 13 – Oboustranné uspořádání pracovišť [9]	15
Obr. 14 – Oboustranné uspořádání pracovišť s dvěma proudy [9]	16
Obr. 15 – Montážní linka s čelním uspořádáním pracovišť [9]	16
Obr. 16 – Montážní linka s bočním uspořádáním pracovišť [9]	16
Obr. 17 – Porovnání výroby v dávkách a metody OPC [21]	20
Obr. 18 – Dosahy rukou při práci v sedě [28].....	29
Obr. 19 - Dosahy rukou při práci ve stoje [28]	30
Obr. 20 – Dosahy rukou ve svislé rovině [28].....	30
Obr. 21 – model sestaveného čerpadla	35
Obr. 22 – Schéma současného rozložení pracoviště.....	37
Obr. 23 – Koncept barev	43
Obr. 24 – Užití doplňkové barvy.....	43
Obr. 25 – Oranžová barva na prvcích návrhu.....	44
Obr. 26 – Využití žluté barvy v návrhu	44
Obr. 27 – Ukázka modulárnosti a nastavitelnosti návrhů.....	45
Obr. 28 – Vizualizace podlahy a prvků s ní spojených.....	46
Obr. 29 – Ovladač výškově stavitelného stolu	46
Obr. 30 – Přídavné osvětlení pracoviště	47
Obr. 31 – Pneumatické nástroje	48
Obr. 32 – Umístění dílů v návrhu	49



Obr. 33 – Spádové dráhy umístěné na stole	49
Obr. 34 – Přípravky v krabičkách s díly.....	50
Obr. 35 – 3D zobrazení návrhu pracoviště 1.....	51
Obr. 36 – Pohled shora na návrh pracoviště 1.....	52
Obr. 37 – Zobrazení funkce montážního přípravku	53
Obr. 38 – Rozložení na pracovním stole.....	54
Obr. 39 – 3D zobrazení návrhu pracoviště 2.....	58
Obr. 40 – Pohled shora na návrh 2	59
Obr. 41 – Vizualizace přípravného pracoviště.....	60
Obr. 42 – Spádové dráhy mezistolní pro připravené díly.....	60
Obr. 43 – Vizualizace pracoviště montáže	61