



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní



Návrh LEAN pracoviště montáže

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství
Autor práce: **Jan Vodháněl**
Vedoucí práce: Ing. Jan Vavruška





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechanical Engineering ■

Bachelor thesis

Study programme: B2301 – Mechanical Engineering
Study branch: 2301R000 – Mechanical Engineering
Author: **Jan Vodháněl**
Supervisor: Ing. Jan Vavruška



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Vodháněl**
Osobní číslo: **S16000533**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojní inženýrství**
Název tématu: **Návrh LEAN pracoviště montáže**
Zadávající katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je návrh nového pracoviště montáže a jeho ergonomické posouzení. Tvorba pracovních standardů a definování pracovní normy pro hlavního představitele. Při zpracování bakalářské práce je vhodné využít standardní nástroje PI pro analýzy a zlepšování procesů.

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky štihlé výroby, analýzy a měření práce, ergonomie, standardizace a vizualizace.
2. Analýza stávajícího výrobního procesu, identifikace potenciálu na zlepšení.
3. Návrhy opatření ke zlepšení, porovnání návrhů.
4. Závěr a zhodnocení práce.

Rozsah grafických prací: Dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

- [1] LIKER, J. Tak to dělá Toyota. Praha: Management press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [2] SIXTA, J. a V. MAČÁT. Logistika. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.
- [3] IPA slovník [online slovník], 2015. Dostupné z <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník>.
- [4] GROS, I. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Praha: Grada, 2003. ISBN 978-80-247-0421-8.
- [5] SLAMKOVÁ, E., DULINA, L., TABAKOVÁ, M. Ergonómia v priemysle. Žilina: GEORG, 2010. 261 s., ISBN 978-80-89401-09-3
- [6] STANTON, N., HEDGE, A., BROOKHUIS, K., SALAS, E., HENDRICK, H. Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. USA: CRC Press, 2005. ISBN 0-415-28700-6.
- [7] CHUNDELA, L. Ergonomie. Praha: ČVUT, 2007. 173 s. ISBN 978-80-01-03802-4
- [8] VEBER, V. Pracovní prostředí. Praha: Práce, 1982. 324 s.
- [9] BUREŠ, M. Tvorba a optimalizace pracoviště, e book. Plzeň: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3
- [10] BĚLOHLÁVKOVÁ, L. a kol. ERGONOMIE na pracovištích (sešiti I. - V.), Praha 2004, Akademie práce a zdraví ČR, o.p.s. a MPSV ČR
- [11] ČSN normy

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Vavruška
Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání bakalářské práce: 1. listopadu 2016
Termín odevzdání bakalářské práce: 1. února 2018

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

L.S.

Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2016

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Anotace

Tématem mé bakalářské práce je úprava pracoviště montáže a jeho posouzení z hlediska ergonomie a nastavení pracovního standardu pro hlavního představitele. Práce je dělená na část teoretickou a praktickou dělenou. Část teoretická je dále dělena na teorii ergonomie a logistiky. Část praktická je dále dělena na návrh, výběr a zhodnocení

Klíčová slova: ergonomie, lean produkce, pracoviště montáže, manipulátor

Anotation

My bachelor work is about modification a workplace. Workplace was assessed under ergonomic and logistic criterias. There was setted working standards for main representative. My work is divided to two main parts thoretical and practical.Theoretical part is divided onto ergonomic and logistic. Practical part is divided onto design, selection and evaluation.

Key words: ergonomics, lean production, assembly site, manipulator

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu docentu Manligovi za to, že ve mně vzbudil zájem o logistiku a průmyslové inženýrství. Panu doktoru Vavruškovi za věcné rady a připomínky při tvoření této práce. A vedení podniku Tm Elitex za umožnění zpracovat toto téma.

Obsah

1. Úvod	1
2. Seznam zkratek	2
3. Použitá teorie	3
3.1. Ergonomie	3
3.2. Analýza pracovní pozice	3
3.2.1. Práce v sedu	4
3.2.2. Práce vstojе	4
3.2.3. Výška pracovní roviny	4
3.2.4. Osvětlení	5
3.2.5. Pracovní rozsahy	5
3.3. Metody analýzy layoutu	7
3.3.1. Spaghetti diagram	7
3.3.2. Nitkový diagram	7
3.3.3. Diagram pohybu pracovníka	8
3.3.4. Diagram materiálových toků	8
3.4. Normování.....	8
3.4.1. Metoda chronometrická	9
3.4.2. Rozborově výpočtová metoda	10
3.4.3. Porovnávací metoda	10
4. Montážní proces ve firmě Elitex TM	11
5. Původní řešení.....	12
5.1. Popis práce na pracovišti.....	12
5.2. Popis pracoviště	13
5.3. Analýza stávajícího stavu.....	14
5.4. Zaznamenání časů jednotlivých činností.....	17
5.5. Potenciál pro zlepšení	19
6. Návrhy řešení problému.....	20
6.1. Sledované a porovnávané veličiny	20
6.2. Řešení A.....	20
6.2.1. Hlavní kladné vlastnosti návrhu	22
6.2.2. Hlavní negativní vlastnosti návrhu	23

6.3. Řešení B	23
6.3.1. Hlavní kladné vlastnosti návrhu	26
6.3.2. Hlavní negativní vlastnosti návrhu	26
7. Porovnání jednotlivých variant návrhů	28
7.1. Ergonomické zhodnocení návrhu.....	29
7.1.1. Pracovní rozsahy	30
7.1.2. Pracovní pozice.....	30
7.1.3. Omezení nevhodných pohybů	31
7.1.4. Vizuální ergonomie.....	31
7.1.5. Zabránění hledání.....	32
7.1.6 Manipulační a pedikulační prostory	32
7.2. Měkká řešení	34
8. Změny layoutu.....	34
9. Zlepšovací návrhy	35
9.1. Hřebenová schránka na kabely	35
9.2. Omotávací etalon	36
9.3. Trubkový zásobník hadic	37
9.4. Manipulátor.....	38
10. Závěr	39
Citovaná literatura	40
Seznam obrázků	41
Seznam tabulek.....	43

1. Úvod

V dnešní době je inovativní přístup nezbytnou podmínkou konkurenceschopnosti neb žijeme ve světě, kde je permanentní přebytek výrobních kapacit a technologické bariéry mezi západem a dalším východem jsou již dávno zbořeny. Ba naopak i čínský průmysl silně automatizuje a inovuje výrobu i přes nižší výdaje na pracovníka než ve střední Evropě.

Jedinou cestou je dodávat tovar kvalitnější s vysokou přidanou hodnotou a přijatelnou cenou, v neposlední řadě pak musíme zaujmout zákazníka pružnou logistikou a krátkými termíny dodání.

Prostředky k naplnění těchto cílů jsou jasně pojmenovány a včetně metodiky zapsány v mnoha publikacích např. Tak to dělá Toyota od Jeffreyho K. Likera nebo The Goal od Eliyaha M. Goldratta. Naším cílem je tyto zásady přizpůsobit a implementovat v českém průmyslu tak, aby je pracovníci vzali za své. Jen tak budeme moci zvýšit konkurenceschopnost díky vyšší výtěžnosti práce, tím můžeme zajistit dostatek kapitálem podepřených pracovních míst.

Obsahem mé bakalářské práce je sestavení pracoviště tak, aby odpovídalo myšlenkám a moderním trendům v oblasti průmyslového inženýrství. Zvláště pak bude kladen důraz, aby návrh vyhovoval i po stránce ergonomické (V rámci návrhu pracoviště bude přihlédnuto také k základním ergonomickým požadavkům).

Cílem práce je:

- Posouzení stavu na současném pracovišti s ohledem na výkonost a ergonomii
- Inovace pracoviště/ návrh jiného řešení s cílem zlepšit pracovní podmínky a snížit pracovní normu
- Posouzení inovovaného stavu z hlediska dosahů, výšky pracovní roviny
- Tvorba pracovních standardů a definování pracovní normy pro hlavního představitele.

2. Seznam zkratek

V textu jsou použité následující zkratky:

- TCU- Tool Change Unit (Jednotka výměny nástrojů)
- SNOP Stroj, Nástroj, Obrobek, Přípravek
- CNC Computer Numerical Control (počítačem řízený automat)

3. Použitá teorie

V rámci své práce jsem použil teoretické znalosti z oboru ergonomie, analýzy lay outu a normování práce. Níže uvádím stručný popis použitých metod a pojmů.

3.1. Ergonomie

„Ergonomie se jako základní vědecká disciplína zabývá vztahy mezi člověkem, jeho činností a ostatními prvky systému“[1]. Pro moji práci je nejdůležitější posoudit pracovní rozsahy a prvky bezprostředního kontaktu člověka a stroje.

3.2. Analýza pracovní pozice

Analýza pracovní pozice je monitoring pozice kosterně muskulární soustavy lidského těla během výkonu pracovní činnosti. Pohyby se dají rozdělit na ty které zdraví neškodí a nebo škodí. Sledujeme tak pohyby zdraví neprospěšné a jejich podíl na celkovém množství pohybů. [2]

Mezi neprospěšné pohyby patří:

- ohýbání
- zvedání
- otáčení se
- práce v předklonu
- práce při které jsou ruce nad úrovní ramen
- sed při němž není možno sedět ve zdravé poloze
- práce v pokleku dřepu

Všem těmto pozicím se snažím ve svém návrhu vyvarovat.

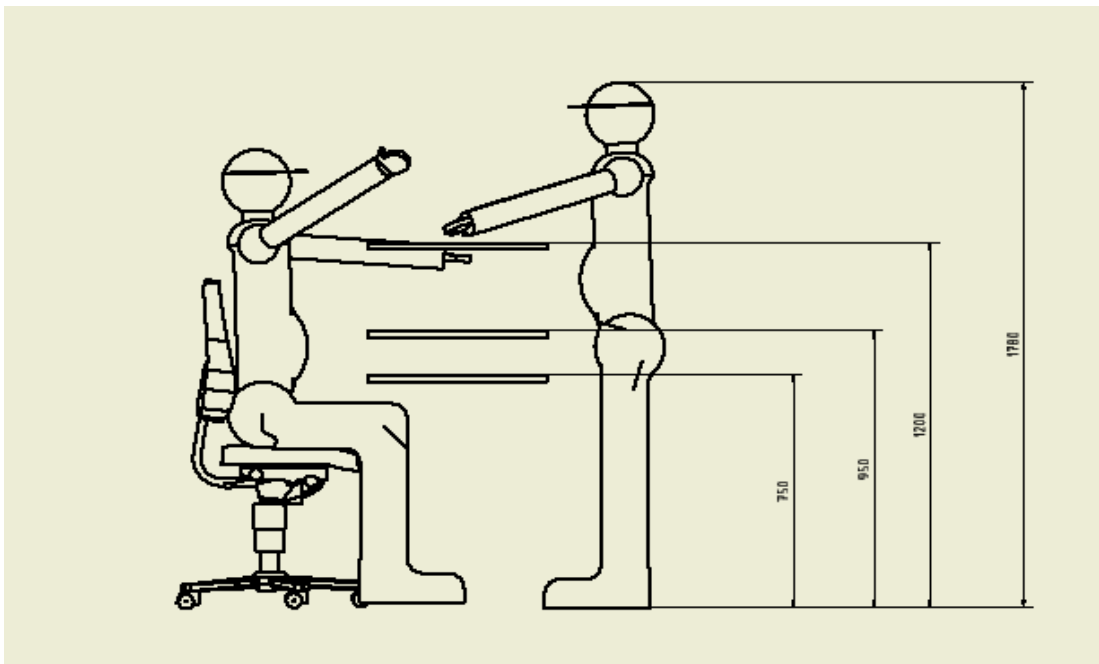
Nezanedbatelnou součástí analýzy pracovní pozice při projektování pracoviště je také určení, zdali se jedná o práci v sedu nebo vstoje. Pro různé úkony je výhodnější práce v sedu, pro jiné naopak práce vstoje.

3.2.1. Práce v sedu

Práce v sedu je vhodná pro manuálně nenamáhavou činnost, kde je potřeba mít obzvlášť dobrou vizuální kontrolu nad prací. Pro práci v sedu se nedoporučuje manipulovat s objektem/břemenem těžším než 10 kg.

3.2.2. Práce vstoje

Práce vstoje je vhodná pro práci na větších a těžších výrobcích. Práce může být vykonávána na pracovním stole, případně přímo na zemi, jedná-li se o velké strojní celky. Výhodou práce ve stoje je možnost bezpečně zvedat těžší břemena, větší pracovní rozsah a zdravější klidové postavení těla. [3])



Obr. 1. Znázornění výšky roviny stolu

3.2.3. Výška pracovní roviny

Je doporučeno navrhovat pracoviště se stavitelnou výškou stolu v rozsahu od 670 do 950 mm což je výška vhodná pro práci v sedu, a od 950 do 1200 (viz obr 1.) pro práci ve stoje[4]

Pracoviště se dá koncipovat také jako přechodné, tj. pro práci v sedu i vstoje, a to tak, že půjdeme na horní hranici pro výšku v sedu, a použijeme tedy kompromisní výšku. Můžeme také využít výšku pro práci ve stoje a pracovní stůl dovybavíme podstavou pro opření nohou. Je nežádoucí, aby byly nohy volně ve vzduchu, což by u osob nižšího vzrůstu mohlo snadno nastat. Spíše teoreticky je možné použít motoricky výškově stavitelný stůl, a to zejména kvůli ceně (105 652 Kč) [5]

Výšku stolu určíme podle vzdálenosti očí od pracovní desky. Doporučené vzdálenosti pracovní roviny od očí je uvedena v tabulce, kde řídicím parametrem je velikost nejmenšího detailu na sledovaném objektu viz tab. 1.

Tab 1. vzdálenost oka od předmětu [1]

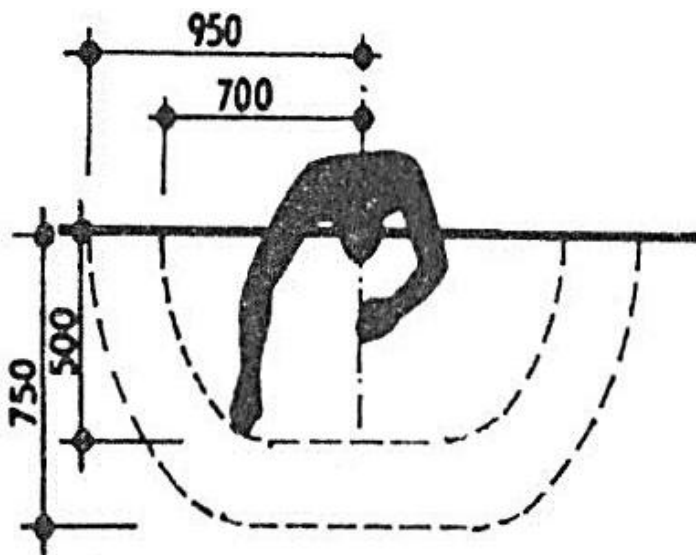
požadavky na vizuální kontrolu	vzdálenost předmětu od oka [mm]	velikost pozorovaného detailu [mm]
velmi vysoké	0<250	0>>0,2
vysoké	250<350	0,2>>0,4
střední	350<500	0,4>>1
nízké	500<	1>>

3.2.4. Osvětlení

Osvětlení je nedílnou součástí pracovního místa. Osvětlení má velký vliv na únavu pracovníka a na kvalitu práce. Při nedostatku světla může docházet nejen k hledání nástrojů a součástek po pracovišti, ale především hrozí poškození zraku nebo úraz. Zvýšená námaha očí (časté přeostrhování čoček), moc světla, pak může mít za následek brzkou únavu světlocitlivých čípků na zornici. Prostředí s přebytkem světla je rizikovější vzhledem k častějším nechtěným lomům světla a oslnění pracovníka (obzvláště pracuje-li s lesklými součástmi).[1]

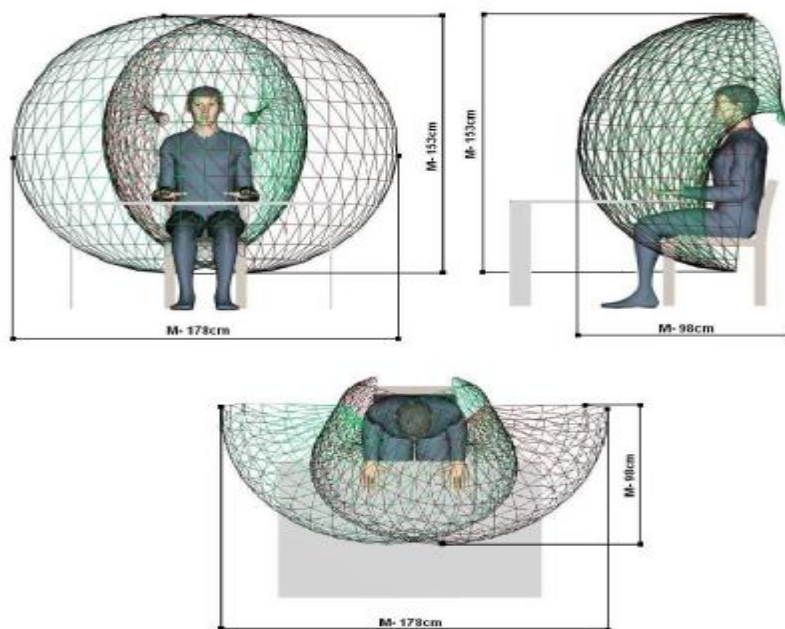
3.2.5. Pracovní rozsahy

Jsou vzdálenosti, na které může dělník dosáhnout z jedné pozice. Můžeme je rozdělit na pohodlně dosažitelné a dosažitelné. Snažíme se, aby nejfrekventovanější místa pracoviště byly co nejlépe dosažitelné, tzn. v snadno dosažitelné zóně. Do zóny dosažitelné pak situujeme nástroje, které mají nižší četnost užití. Nejlépe lze vysvětlit na obr. níže.



Obr. 2. Dosahy člověka při práci v sedu [7]

Plocha popsaná útvarem o rozměrech 500 a 700 je plocha snadno dosažitelná. Na této ploše dělník nemusí pohybovat jinými svaly než svaly paží. Plocha vymezené rozměry 750 a 950 pak je pouze dosažitelná. Když chce dělník v této ploše manipulovat, musí do pohybu zapojit i zádové svalstvo[8].



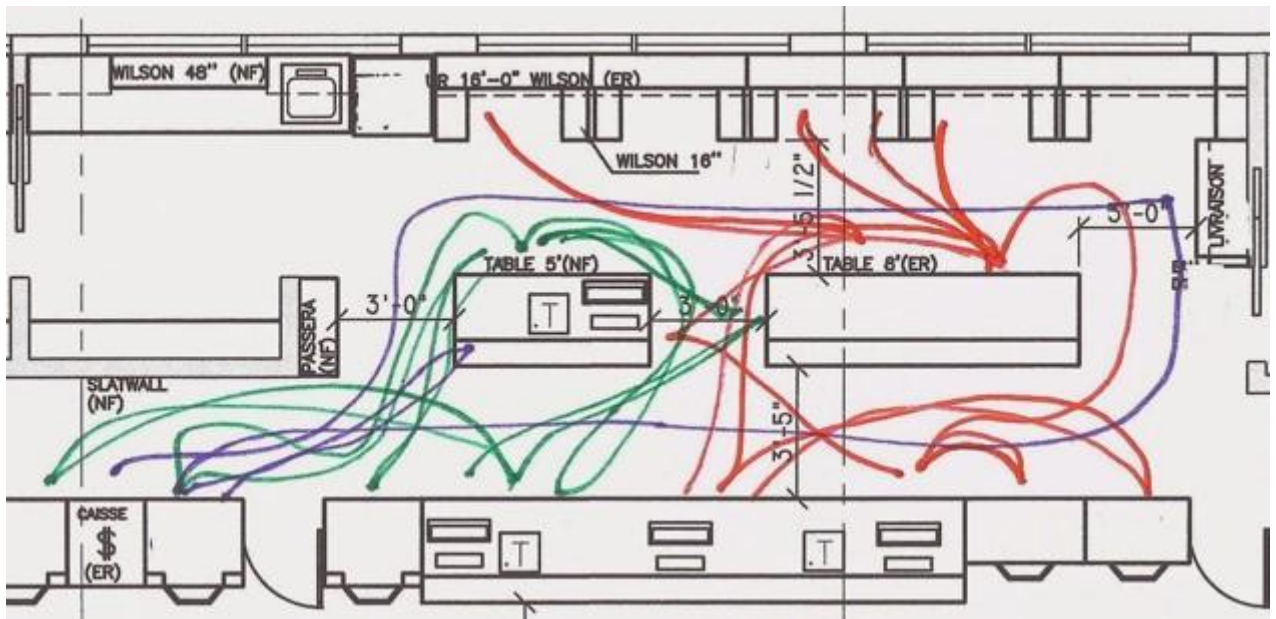
Obr. 3. Pracovní rozsah dělníka [6]

Obrázek číslo 3. pak detailněji rozebírá dosahy pravé a levé ruky v prostoru.

Práce by se měla ideálně odehrávat v průnikovém objemu těchto obalových ploch

3.3. Metody analýzy layoutu

Průběh výroby je třeba popsat. Pro exaktní popis bylo vyvinuto několik nástrojů, některé z nich uvádím níže. Tyto nástroje se zaměřují na pohyb pracovníka a materiálu po pracovišti. Metody předepisují formu záznamu dat a jejich vizualizace. Po aplikaci níže zmíněných metod by se měla projevit křížení a další úzká místa pracovišť[9].



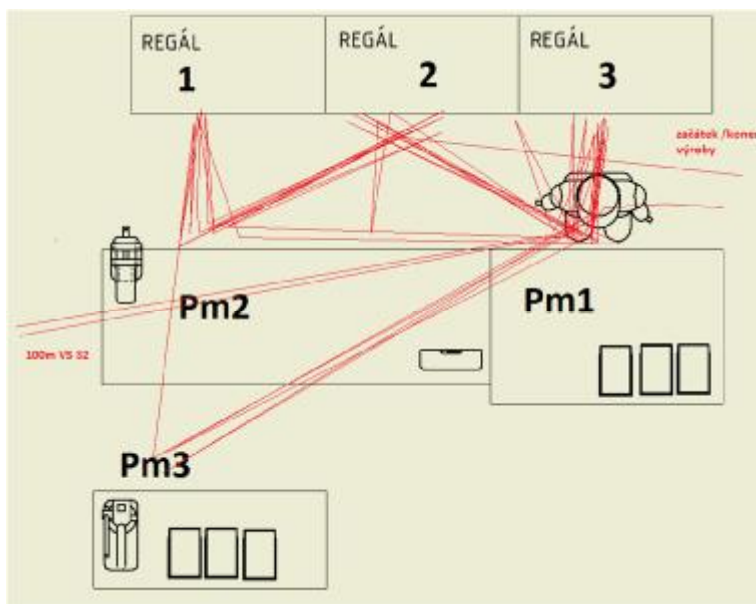
Obr. 4. Spaghetti diagram [15]

3.3.1. Spaghetti diagram

Spaghetti diagram je grafický záznam (viz obr. 4.) pohybu pracovníka po pracovišti v jasně vymezeném časovém úseku. Pohyb zahrnuje jak práce a pohyby v souladu s pracovním postupem, tak i mimovolné pohyby pracovníka po pracovišti, např. chůze při hledání. V diagramu se tak mohou projevit záznamy v souvislosti s osobními potřebami pracovníka. [10]

3.3.2. Nitkový diagram

Nitkový diagram je grafické znázornění postupu výroby hlavních komponent po jednotlivých pracovištích. Jednoduchými spojnicemi jsou na sebe navázány pracovní místa přesně dle výrobního postupu. Na diagramu se může projevit složitost výrobku, respektive nevhodná dispozice umístění jednotlivých součástí pracoviště (např. skladů, vstupů, výstupů a samotných pracovišť), případně křížení materiálového toku. Jak je na obr.5. vidět, jde vždy o přímé spojnice (vzdušnou čarou) dvou pracovních míst. Nejedná se tedy o skutečný pohyb pracovníka nebo materiálu mezi vybavením provozu. V nitkovém diagramu nejsou patrné případné překážky a neprojeví se v něm ani skutečné dopravní vzdálenosti.[10]



Obr. 5. Nitkový diagram

3.3.3. Diagram pohybu pracovníka

Diagram pohybu pracovníka je diagram budoucího navrhovaného stavu. Tento diagram spojuje poznatky z dříve jmenovaných diagramů. Nahrazuje spojnice nitkového diagramu trajektoriemi předpokládaných pohybů pracovníka mezi vybavením provozu. Je to v podstatě spaghetti diagram oproštěný od nelogických “provozních” trajektorií. Můžeme říct, že takto by vypadal spaghetti diagram ideálního produkčního cyklu. Za předpokladu, že vše je na svém místě dělník nic nehledá, s nikým neztrácí čas a nic kromě montáže neřeší, dělník nesvačí, nepije a ani jinak z pracoviště neodchází. Už z tohoto výčtu je zřejmé, že to je předpoklad, s ohledem na lidské vlastnosti, nereálný. Z diagramu můžeme vyčíst informace o míře složitosti výrobního postupu přepravní a manipulační vzdálenosti. [11]

3.3.4. Diagram materiálových toků

Diagram materiálových toků je nitkový diagram, jenž v sobě přenáší informaci o vzdálenosti a trajektorii, kterou musí podsestava/sestava urazit během výroby.

3.4. Normování

Normováním je pro potřeby této práce rozuměno stanovení spotřeby času na daný úkon. Z pracovní normy můžeme zjistit časovou náročnost výroby, případně plánovat vytížení pracoviště. Údaje o časové náročnosti jsou doplňkem většiny technologických postupů. [10]

Normování můžeme rozdělit dle přístupu k získání potřebného na čtyři skupiny

- experimentální – (chronometráž)
- výpočtové (rozborově výpočtová metoda)
- odborným odhadem (porovnávací metoda)
- souhrnné (sumární) metody (metoda empirických vzorců)

3.4.1. Metoda chronometrická

Metoda chronometrická je nejstarší, ale zároveň nejpřesnější způsob zjištění potřebného času. Spočívá v přesném odečtení časové náročnosti jednotlivých úkonů přímo při jejich provádění. V praxi to znamená pozorovat pracovníka při činnosti a stopovat mu čas. [12]

Chronometrické metody zjištění spotřeby času

- snímek pracovního dne
- momentové pozorování
- snímky operace
- výběrová chronometráž
- obkročná chronometráž
- snímek přetypování

3.4.1.1. Snímek pracovního dne

Pracovník je sledován po celou směnu a je zapisován druh činnosti a časová spotřeba.

Výsledkem je koláčový graf, kde máme poměry časů potřebných na jednotlivé pracovní operace.

Výsledky pozorování lze využít k

- kvantifikaci jednotlivých činností
- rozboru struktury spotřeby pracovní doby
- rozboru ztrátových časů podle příčin
- vypracování výkonnostních křivek v průběhu celé směny

	Datum: 20. 8. 2010		POZOROVACÍ LIST PRO SNÍMEK PRACOVNÍHO DNE A SNÍMEK PRŮBĚHU PRÁCE	List č: 1
	Směna: ranní			Pozoroval: Dlabač
	Od do: 6:00 - 14:00			Pozorovaný: Fiala
Pracoviště: Montáž (linka 2)			Název stroje (ev. číslo):	
Výrobek 1 (název, číslo): AH 330			Dosažený výr. výkon:	
Výrobek 2 (název, číslo): AH 530			Dosažený výr. výkon:	
Výrobek 3 (název, číslo):			Dosažený výr. výkon:	

Postupný čas	Výpočet času		Symbol	Popis
	od	do		
0:00:00	0:00:00	0:00:01	0:00:01	MP
0:00:01	0:00:01	0:00:02	0:00:01	PVP
0:00:02	0:00:02	0:00:03	0:00:01	DOK
0:00:03	0:00:03	0:00:04	0:00:01	Č

postupný čas odečítaný ze stopky vždy při změně činnosti operátora

čas zahájení a ukončení činnosti (dva pod sebou uvedené postupné časy)

vypočítaná doba trvání činnosti (od - do)

symbol pro popis dané činnosti

vysvětlení daného symbolu či poznámka k vykonávané činnosti

Obr. 6. Formulář pro měření snímku pracovního dne [13]

3.4.1.2. Momentové pozorování

Momentové pozorování je obdobou časového snímku. Nezaznamenává však čas zahájení nové činnosti, ale v pravidelných krátkých intervalech typ probíhající činnosti. Přesnost oproti snímku pracovního dne jenižší. Výhodou metody pak je, že můžeme sledovat více subjektů (operátorů, strojů) zároveň a můžeme si zapisovat jejich vzájemné interakce. Záznamy pozorování se zapisují do formuláře viz příloha A.[12]

3.4.1.3. Snímek operace

Snímek operace je metoda vhodná pro krátké pracovní činnosti v sériové a hromadné výrobě. Záznam spočívá ve změření více pracovních cyklů dané operace a následném statistickém vyhodnocení naměřených časů. Metoda je nejpřesnější z metod založených na měření času. Metoda je vhodná pro zjištění projevu inovací v dané operaci. Výstupem je střední hodnota spotřeby času dané operace. [14]

3.4.2. Rozborově výpočtová metoda

Rozborově výpočtová metoda je metoda, při níž se výrobní postup rozdělí na jednotlivé operace, úkony až pohyby, a ty se následně ohodnotí potřebným časem. Čas se zjišťuje z funkčních závislostí a vnitřních předpisů. Příkladem a použití této metody je třískové obrábění, kde z charakteristických rozměrů soustavy SNOP a mezních podmínek (řezná rychlost, posuvy...) zjistíme spotřebu času. Metodu je možné využít i tehdy, když ještě není proces zaveden, například pro návrh metody práce při projektování pracoviště nebo cenovou nabídku.[12]

3.4.3. Porovnávací metoda

Porovnávací metoda je metoda, kde vycházíme ze zkušenosti normovače a z již

realizovaných projektů a zakázek. Na základě znalosti časové náročnosti u podobných dílů a jejich následným porovnáním, případně interpolací, zjistíme přibližně časovou náročnost pro nové dílce. Je to metoda velmi závislá na zkušenosti pracovníka. Její výhodou je malá časová náročnost stanovení spotřeby času. Nevýhodou pak je zvýšené riziko chyby. Využití této metody je ve stejných případech jako předchozí zejména pak, jedná-li se o malosériovou, až kusovou produkci.[10]

4. Montážní proces ve firmě Elitex TM

Předmětem mé bakalářské práce je zefektivnit průběh montáže podsestavy Tool change unit (dále jen TCU) Ve firmě Elitex TM. Montáž TCU zahrnuje montáž velkých nosných dílců, na něž jsou osazeny funkční mechanismy táhel, pneuválců a jejich obslužných energovodů. Celou montáž obstarává pouze jeden kvalifikovaný pracovník, včetně přípravy podsestav a úpravy dílců před montáží.

Pracovní úsek montáže v Tm Elitex je jednosměnný.

Montážníky ve firmě Tm Elitex dělíme na hlavní a pomocné. Hlavní montážníci mají za úkol kompletaci sestav a naladění funkce mechanismů. Hlavní montážníci pak také přejímají zodpovědnost za správné sestavení produktu.

Pomocní montážníci připravují podsestavy a rozbalují nakupované dílce.

Výkonnost jednotlivých montážních linek se pak řídí přidáváním či ubíráním pomocných sil.

TCU

Konkrétně nás bude zajímat montáž jednotky TCU

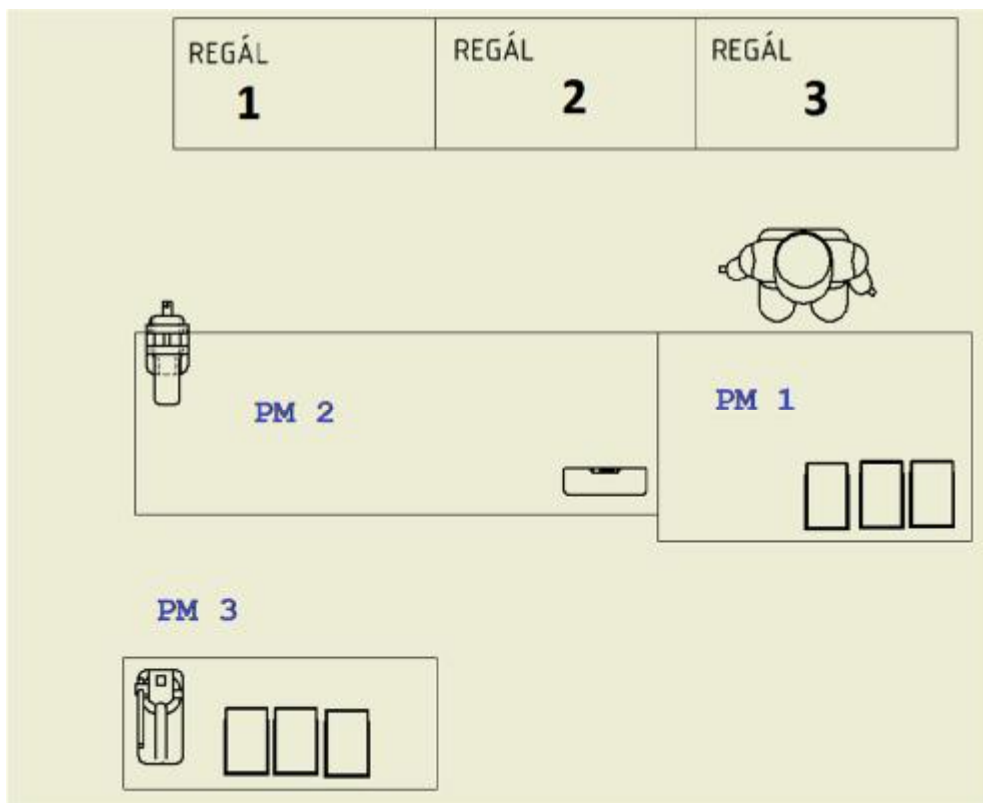
Jednotka složí k automatické výměně nástrojů v CNC obráběcím stroji. Mezi hlavní pracovní členy patří kluzné vedení a pneu válce. Zařízení je schopné pojmout až čtyři nástroje do váhy 30 kg.

Další údaje o TCU

- Montážní čas na celou sestavu činí 5,5 hodiny.
- Sestava se skládá z 40 - 45 dílců s různou četností.
- Váha celé sestavy činí 24 až 26 kg.
- Zákazník odebírá celkem čtyři provedení TCU.

5. Původní řešení

Tato kapitola pojednává o původním pracovišti, na kterém byla sestava TCU montována. A také o způsobu a normě práce dle původního pracovního standardu.



Obr. 7. Náčrt stávajícího provedení pracoviště

5.1. Popis práce na pracovišti

Práce zde jde rozdělit do tří pracovních míst (PM1 až PM3) kde postupně probíhá montáž sestavy. Jde hlavně o jemnou ruční práci. Zvýšených sil je zapotřebí pouze při sesazování korpusu sestavy a při manipulaci. Většinu času stráví dělník manuálně nenamáhavou prací s drobnými díly. Drobné díly následně navěšuje na korpus.

Největší součástky mají rozměry až 500mm a nejmenší pak v řádu jednotek milimetrů.

Na pracovním místě Pm1 probíhá práce jak vestoje, tak v sedu. Práce v sedu jsou především přípravného charakteru. Na místě PM1 má také dělník své soukromé věci. Zde také vyplňuje tiskopisy a kontroluje sestavu.

Na PM 2 dochází k finální montáži sestavy. Dělník využívá nižšího pracovního stolu 700mm oproti 1100mm u PM1.

PM3 je pracoviště s lisem. Na PM3 se zalisovávají podsestavy táhel. Pracoviště PM3 je sdíleno i k dalším sestavám ostatními dělníky.

5.2. Popis pracoviště

Pracoviště se skládá z 4 metry dlouhých, 2,2 metru vysokých a 0,5 metru hlubokých regálů, kde jsou od sebe jednotlivé úložné úrovně vzdáleny cca 0,4 m. Regál je vyskládněn v plné výšce, to znamená od podlahy až po vrch regálu. V regálech jsou vyskládněny nejen veškeré součástky potřebné k montáži sestavy, ale i osobní věci a nářadí pracovníka. Charakter pracoviště neumožňuje přidání plnohodnotné pracovní síly při zvýšených požadavcích na dodávky ze strany zákazníka. Problém je řešen dvěma způsoby buď prací přesčas, nebo výpomocí na podsestavách. Výpomoc pak probíhá na jiném místě montážního úseku a provede ji pomocný pracovník. Často se děje i kombinace obého.

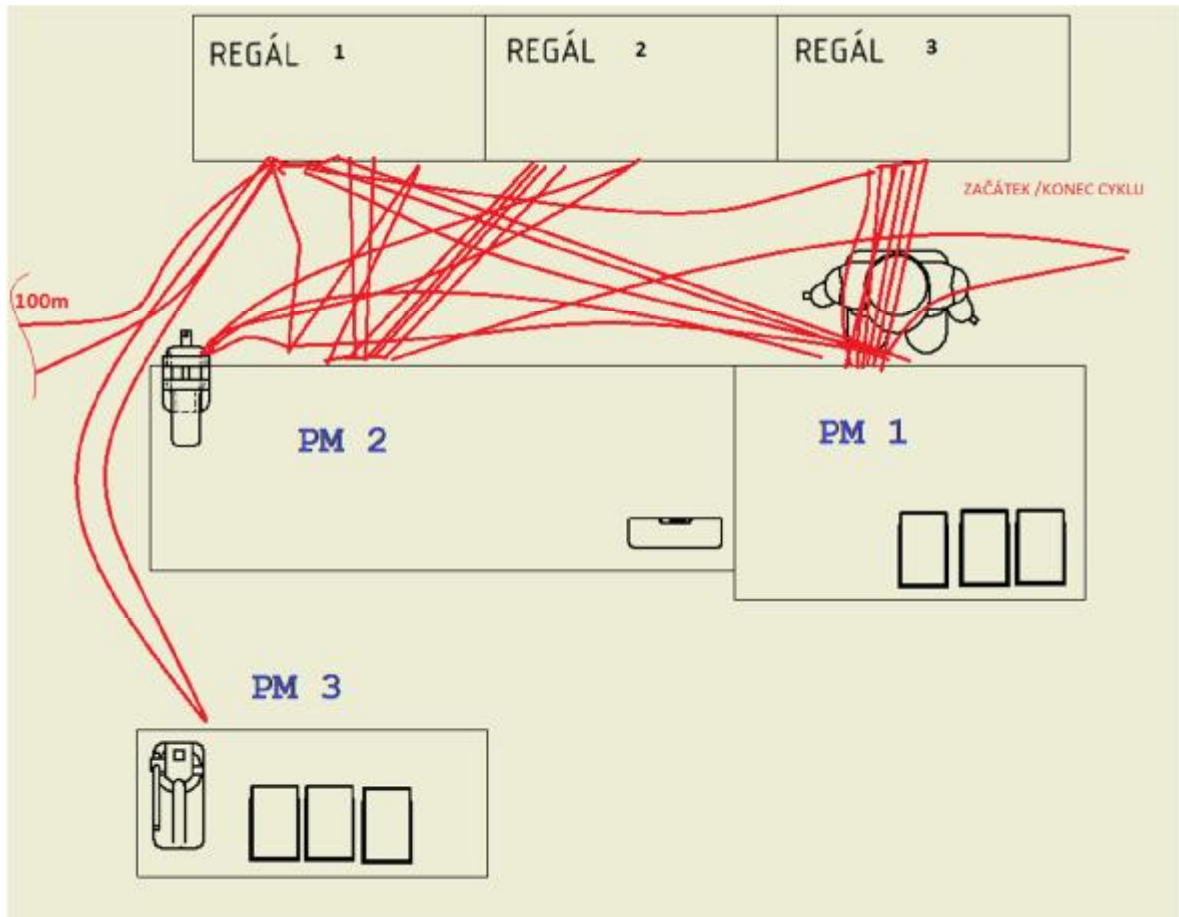


Obr. 8. Pohled na část současného pracoviště

Ergonomie pracoviště vychází z doby vzniku většiny zařízení. Stoly nejsou výškově ani sklonově nastavitelné, regály se zásobami se nacházejí za zády pracovníka (obr. 8.). Nářadí je volně pohozeno po pracovních stolech, protože často dochází k hledání pracovní pomůcky. Pracoviště není vybaveno žádnými montážními přípravky, vše je řešeno pomocnými „udělátky“ které si montážník zhotovil sám. Absence přípravků mnohdy vede k nebezpečným situacím. Například úprava pružného kolíku probíhá na „kovadlince“ zámečnického svěráku půlkilovým kladivem. Nutno zmínit, že samotný kolík má 25 mm. Další činností, která byla vyložene nebezpečná, byla příprava kabeláže. Jmenovitě bylo nebezpečné obnažování vodičů, ke kterému docházelo zalamovacím nožem.

5.3. Analýza stávajícího stavu

Pro návrh správného řešení je třeba objektivně "změřit" stávající výrobní proces. Zvolil jsem dvě metody datového popisu průběhu procesu. Obě metody jsou grafické. Jedná se o diagram pohybu pracovníka po pracovišti a diagram toku materiálu pracovištěm.



Obr. 9. Diagram pohybu pracovníka po původním pracovišti

Popis obrázku 9: na tištěném pozadí můžeme vidět půdorys pracoviště. Na pracovišti rozeznáváme tři pracovní místa PM.1 až PM.3 a tři reály. Červené linky pak jsou popisem trajektorií pohybu dělníka po jeho pracovišti. Odkaz 100m je pro znázornění nutnosti jít na obrobnu kvůli dovrtání děr, viz tab. 5 operace 40.

Z tohoto diagramu je vidět množství a neuspořádanost pohybu dělníka po jeho pracovišti. Na tomto diagramu můžeme vidět změť linek, které způsobují nadměrný pohyb, tedy vícenáklady, jež nepřidávají žádnou hodnotu výrobku. Vícenáklady snižují firmě zisk a její konkurenceschopnost.

Ilustrační výpočet ceny chůze

- Průměrná rychlost nepřetržité chůze je 5km/hod (M.Whittle 2007)
- V našem případě se o přerušovanou chůzi, dovoluji si tedy snížit střední rychlost na polovinu tj. 2,5km/hod
- cena dělníkovy práce je cca 300 Kč/hod

vzorec výpočtu ceny ujitého metru.

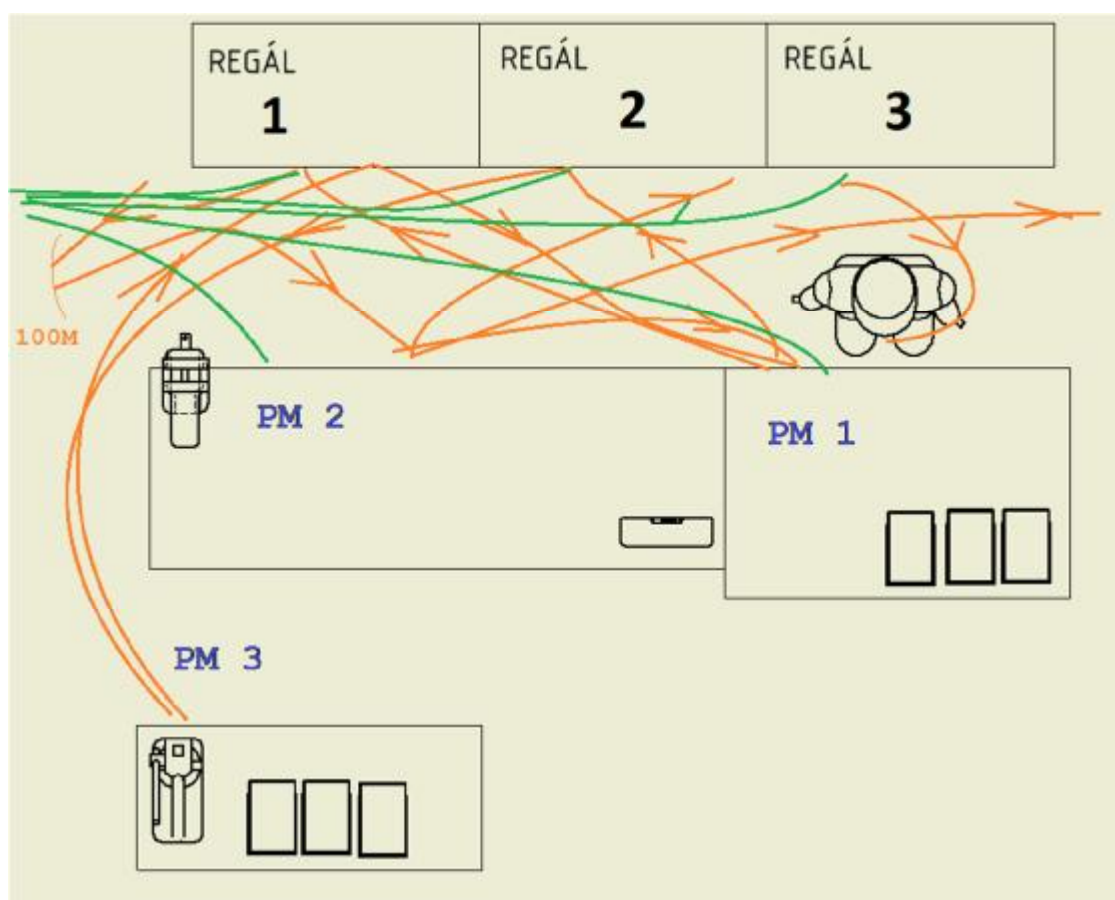
$$\frac{\text{cena práce}}{\text{rychlost}} = \frac{[Kč/hod]}{[km/hod]} = \frac{300}{2,5} = 120[Kč/km] = 0,12[Kč/m] \quad (1)$$

Stojí nás tedy každý metr chůze 12 haléřů, což se nezdá mnoho, ujde-li však za výrobní cyklus jedné sestavy cca 900 m tak se cena výrobu musí zvýšit nebo případně snížit zisk o

vzorec finančních nákladů na chůzi během výroby TCU stávajícím způsobem.

$$900 * 0,12 = 108Kč \quad (2)$$

S takto vysokým plýtváním můžeme počítat pouze, neuvažujeme-li o tom, že by během této ztrátové doby dělník nedělal něco užitečného neb: „ Korunu mít a nemít jsou dvě koruny rozdíl.“ [16]

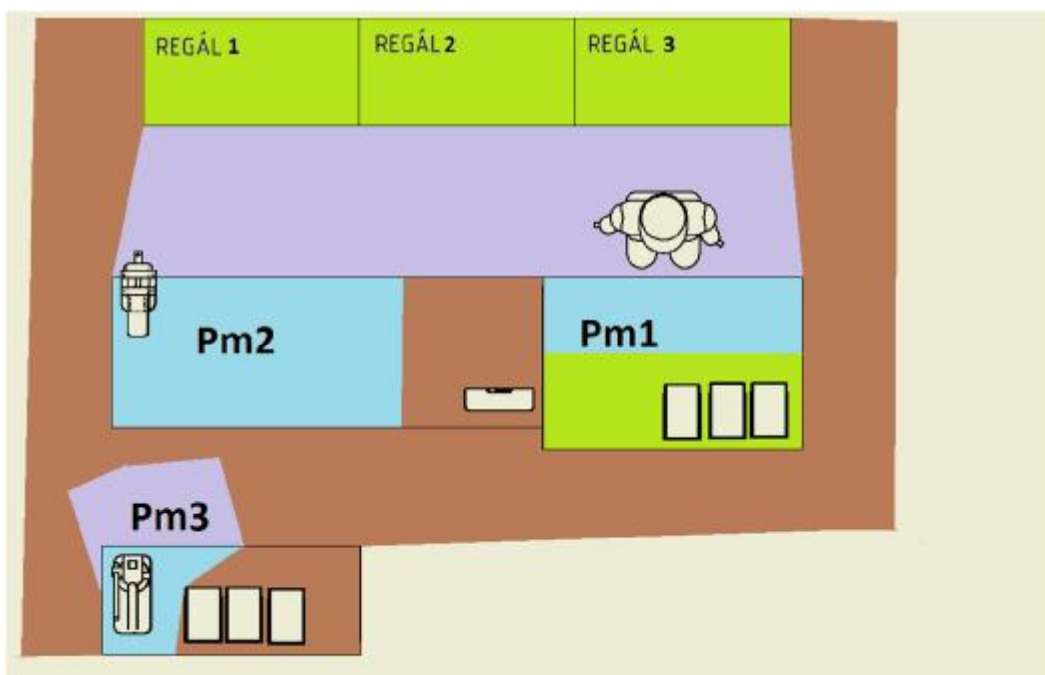


Obr. 10. Tok materiálu pracovištěm

Popis obrázku 10 : oranžové linky v obr.10 jsou směry materiálového toku a zelené linky jsou trajektorie přístupu zásobovače.

Z obrázku je patrné nežádoucí křížení materiálových toků na pracovišti v praxi se to projeví tak, že dělník musí zastavit činnost nechat zásobovače doskladnit regál. Až po odchodu zásobovače může pokračovat v činnosti. Tento jev jsem se snažil eliminovat viz. následující návrhy.

Přerušení práce má dva nežádoucí vlivy jednak časovou stratu ale hlavně riziko nesprávného navázání v pracovním postupu.



Obr. 11. Využití prostoru pracoviště

Tab.2. Číselné vyjádření množství ploch původního řešení

parametr	řešení původní		% z celku
celková plocha	13	m ²	
plocha činná	1,5	m ²	12%
plocha skladovací	2,5	m ²	19%
plocha pomocná	2,2	m ²	15%
plocha ostatní	6,8	m ²	54%

Popis obrázku 11 a tabulky 2: Modrá plocha je plocha bezprostředně přidávající hodnotu. Zelená plocha je plocha skladovací. Plocha fialová je plocha intenzivního pohybu a hnědé jsou plochy ostatní tj, s nízkou frekvencí práce nebo pohybu. Optimální je mít co možná největší podíl plochy přidávající hodnotu na celkově co nejmenší zástavbové ploše.

Obzvláště nevýhodné je mít velký podíl ploch s nízkou frekvencí pohybu a ploch skladovacích.

Z hlediska zavedené teorie rozdělení do tří zón:

- přidávající hodnotu (modrá)
- nutné technologické plochy (fialová částečně hnědá)
- plochy nepřidávající hodnotu. (zelená a většina hnědé)

Pro odlišnou interpretaci jsem se rozhodl z důvodu nepříliš vysoké pružnosti zásobování. Nemohu plochy skladů označit za nežádoucí. Bez skladových ploch by v současných podmínkách nebyla plynulá výroba provideitelná. Naopak hnědou plochu považuji za nežádoucí, byť po ní probíhá pohyb. Neb na hnědé ploše není pohyb tak intenzivní. Nemá tedy ekonomický smysl.

Za povšimnutí stojí proložení druhého a čtvrtého obrázku z tohoto je patrná korespondence obou diagramů.

5.4. Zaznamenání časů jednotlivých činností

Tab.3. sumy časů podle pracovní činnosti

ROZDĚLENÍ		NAMĚŘENÝ ČAS		NÁROČNOST*	VÝDEJ
		MIN	HOD	kJ/min	KJ
SEZENÍ		32	0,53	1,26	40,32
STÁNÍ	SVYSLÉ	66	1,1	2,51	165,66
	V PŘED-KLONU	178	2,96	3,35	596,30
CHŮZE	CHŮZE SE ZÁTĚŽÍ	16	0,26	7,12	113,92
	CHŮZE PROSTÁ	40	0,66	15,07	602,80
				Suma za směnu	2209,615

Tab.4. Náročnost pohybu na původním pracovišti

vzdálenost chůze	900 m/ks
počet otočení pracovníka	72 obrátů/ks

Tab.5. časy dle činnosti

operace	popis operace	čas	místo výkonu
10	rozbalení nakupovaných dílců	15	Pm1
20	kontrola nakupovaných dílců	2	Pm1
30	zakrácení montážního profilu pro svorkovnici	3	Pm2
40	dovrtání desek	7	Vřtačka Vs 32
50	doodjehlení	3	Pm2
60	slisování dílců	19	Pm3
70	montáž držáků	5	Pm1
80	zakrácení nakupované metráže kabelů	6	Pm1
90	naměření a zakrácení přívodního kabelu	4	Pm1
100	obnažení vodičů	6	Pm1
110	odutinkování obnažených vodičů	12	Pm1
120	montáž konektorů	9	Pm1
130	montáž svorkovnice	13	Pm1
140	naměření a nakrácení pneumatických hadic	5	Pm1
150	montáž rozvaděče vzduchu	10	Pm1
160	montáž indukčních senzorů a držáků	8	Pm1
180	vyskládání potřebných dílců na stůl	12	Pm2
190	sesazení válců s deskou Al	5	Pm2
200	montáž základové desky k desce Al	4	Pm2
210	ustavení podstavy táhel	8	Pm2
220	montáž přídržné desky	9	Pm2
230	smontování táhel s pístními tyčemi	3	Pm2
240	seřízení odporu chodu táhla v uložení	6	Pm2
250	instalace indukčních senzorů napojení kabelů	10	Pm2
260	příchycení kabelů	5	Pm2
270	natvarování kabelového svazku	10	Pm2
280	nasazení škrtících ventilů	4	Pm2
290	nasazení indukčních snímačů	2	Pm2
300	nasazení konektorů na patici	2	Pm2
310	zapojení hadic do válců	4	Pm2
320	zapojení snímačů s navazujícími kabely	6	Pm2
330	naformování hadic a kabelů	15	Pm2
340	předběžná fixace kabelového svazku	10	Pm2
350	připojení kabelů od snímačů z druhé strany	2	Pm2
360	rozdělení svazku pro průchodky	8	Pm2
370	nasazení průchodek na svazky	3	Pm2
380	montáž krabice rozvaděče	2	Pm2
390	montáž patic průchodek	2	Pm2
400	zasazení průchodek do patic	1	Pm2
410	zakrácení přebytků kabeláže	2	Pm2
420	obnažení konců vodičů	5	Pm2
430	nasazení dutinek	10	Pm2
440	montáž svorkovnice	2	Pm2
450	zasazení zdrojových vodičů do svorkovnice	10	Pm2
460	rozpojení konektorů v kabel. svazku	3	Pm2
470	prověření galvanického spojení	12	Pm2
480	pospojení rozpojených konektorů	3	Pm2
490	dotažení a úprava kabelového svazku	10	Pm2
500	zapojení přívodní hadice	5	Pm2
510	očištění	3	Pm1
520	fixace přívodního kabelu	1	Pm1
530	fixace přívodní hadice	1	Pm1
540	zabalení příbalového materiálu	3	Pm1
550	vyhotovení protokolu	2	Pm1
560	zapsání výrobního čísla do evidenční knihy	1	Pm1
570	fixace desek s protokolem a příbalovým materiálem	1	Pm1
580	umístění do přepravní palety	2	--
	celkem minut	336	

5.5. Potenciál pro zlepšení

Na pracovišti je mnoho problémů, jež je třeba řešit. Problémy z hlediska plýtvání časem jsou patrné z tabulky 5. Tabulka číslo 5 je snímkem operace viz kapitola 2.4.1.3. V tabulce 5 tak můžeme vyčíst problematiku, rozumějme dlouho trvající, činnosti. Tyto činnosti je třeba systematicky řešit:

- 10/ rozbalení nakupovaných dílců
- 60/ slisování dílců
- 80/ zakrácení nakupované metráže kabelů
- 180/ vyskládání potřebných dílců na stůl
- 270/ natvarování kabelového svazku

Pracoviště má i mnohé nedostatky v úrovni ergonomie, které snižují výkonnost práce dělníka.

Mezi tyto problémy patří:

- Nevhodně umístěný regálový systém
- Dlouhé manipulační trasy
- Nevhodný tvar skladovacích regálů
- Nevhodně zvolená výška stolů
- Časté hledání náradí a komponent.

A problémy v rovině logistiky:

- Dlouhé materiálové toky
- Křížení materiálových toků

Tyto všechny jmenované body jsou místa a vlastnosti procesu, jež bylo zapotřebí novým návrhem zlepšit.

6. Návrhy řešení problému

Při pozorování současného pracoviště mě napadly dvě cesty řešení nového pracoviště. Tyto dva návrhy vám popíši níže.

6.1. Sledované a porovnávané veličiny

Pro klasifikaci jednotlivých návrhů jsem stanovil následující sledované veličiny

- Celkový prostor
 - Ušlá vzdálenost
 - Počet otočení
- A u vybraného návrhu časovou úsporu oproti původnímu řešení.

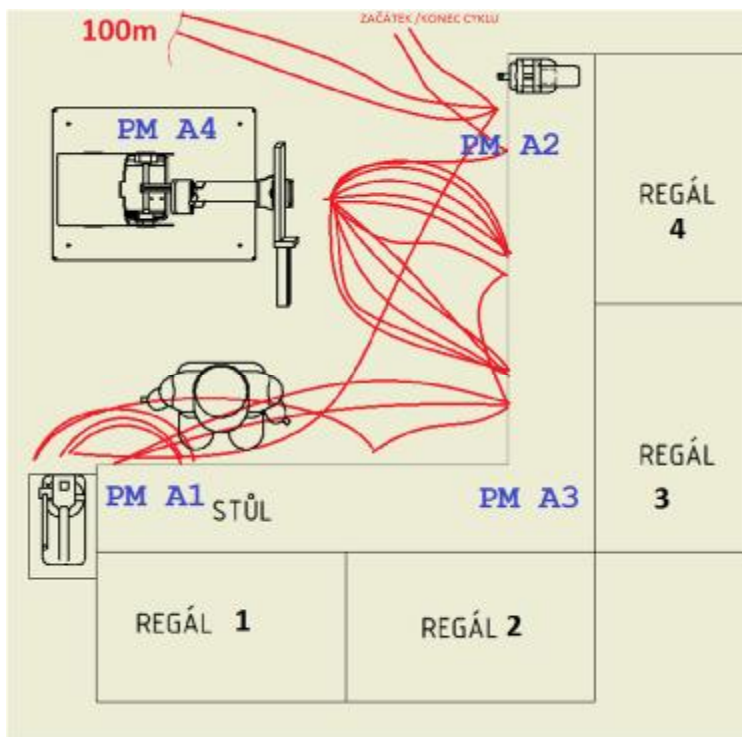
6.2.Řešení A



Obr. 12. Návrh pracoviště A

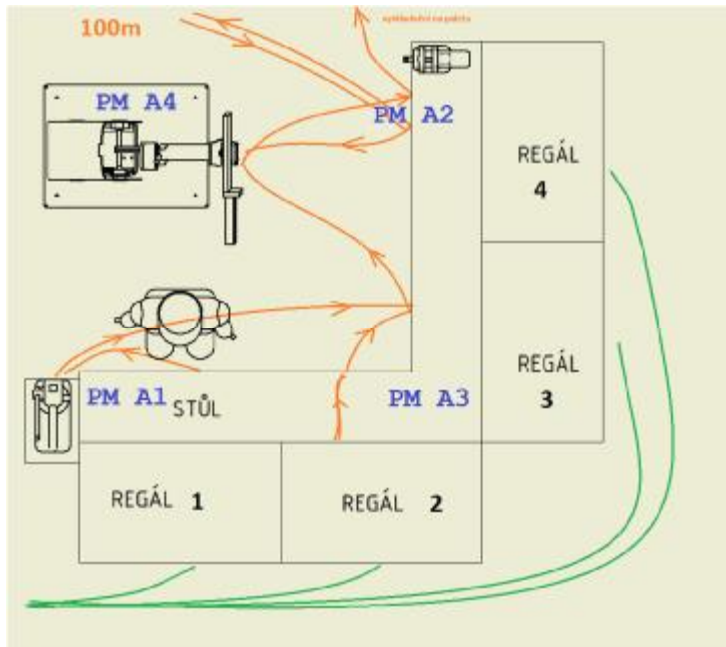
Na počátku práce jsem se přiklonil k řešení, které by se dalo popsat jako pracovní hnízdo. Pracoviště bylo uspořádáno do tvaru L' viz obr. 12 .

Na pracovních stolech mělo docházet k předmontáži a hlavní kompletace by byla prováděná na manipulátoru příloha B.



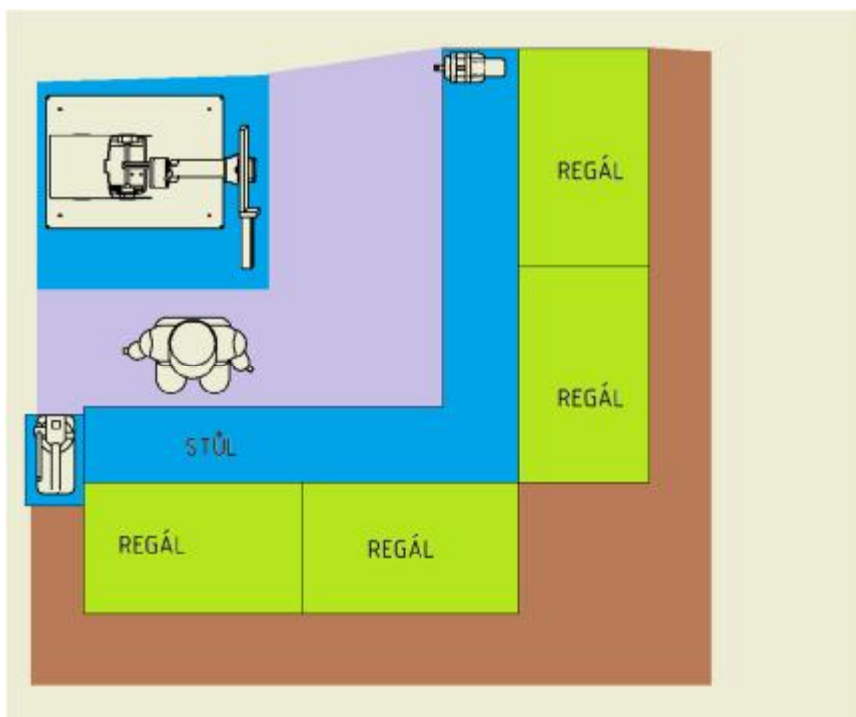
Obr. 13. Předpokládaný diagram pohybu pracovníka po pracovišti A

Oproti obrázku 9 ubyla řada červených čar označujících nutnost přecházení pracovníka, tj. proces se zjednodušil proti současnému stavu viz obr. 13.



Obr. 14. Předpokládaný diagram toku materiálu A

Obdobné barevné schéma jako u obrázku 10. Je zde jasně patrné, že v tomto návrhu se materiálové toky nekříží, jako tomu bylo v původním řešení obr. 11. Dále je v obrázku jasně vidět jednoduchost oranžové linky oproti stávajícímu stavu.



Obr. 15. Využití místa na pracovišti A.

Tab. 6. Číselné vyjádření množství ploch řešení A

parametr	řešení A		% z celku
celková plocha	8	m ²	
plocha činná	2	m ²	25%
plocha skladovací	2	m ²	25%
plocha pomocná	2	m ²	25%
plocha ostatní	2	m ²	25%

Oproti původnímu návrhu obr. 11. je na obr. 15. podíl pracovní plochy vůči zbytkové ploše o 116 % větší (menší celková plocha se současným zvětšením činné plochy).

6.2.1. Hlavní kladné vlastnosti návrhu

Kladné vlastnosti návrhu jsou:

- zásobování probíhá zezadu (first in first out)
- krátké trasy přesunu
- nízká cena provedení
- rychlá realizace
- zásoba materiálu se nachází před dělníkem

6.2.2. Hlavní negativní vlastnosti návrhu

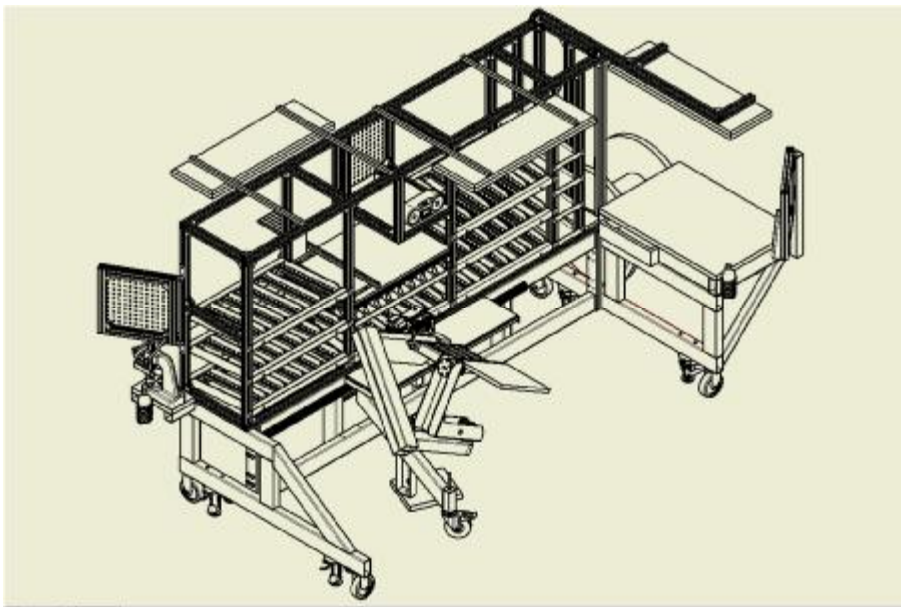
Záporné vlastnosti návrhu jsou:

- velká prostorová náročnost
- nemožnost přidat dělníka
- nekompaktní zástavba pracoviště
- množství nežádoucího pohybu (otáčení se)

Tab.7. objem pohybu na pracovišti návrhu A

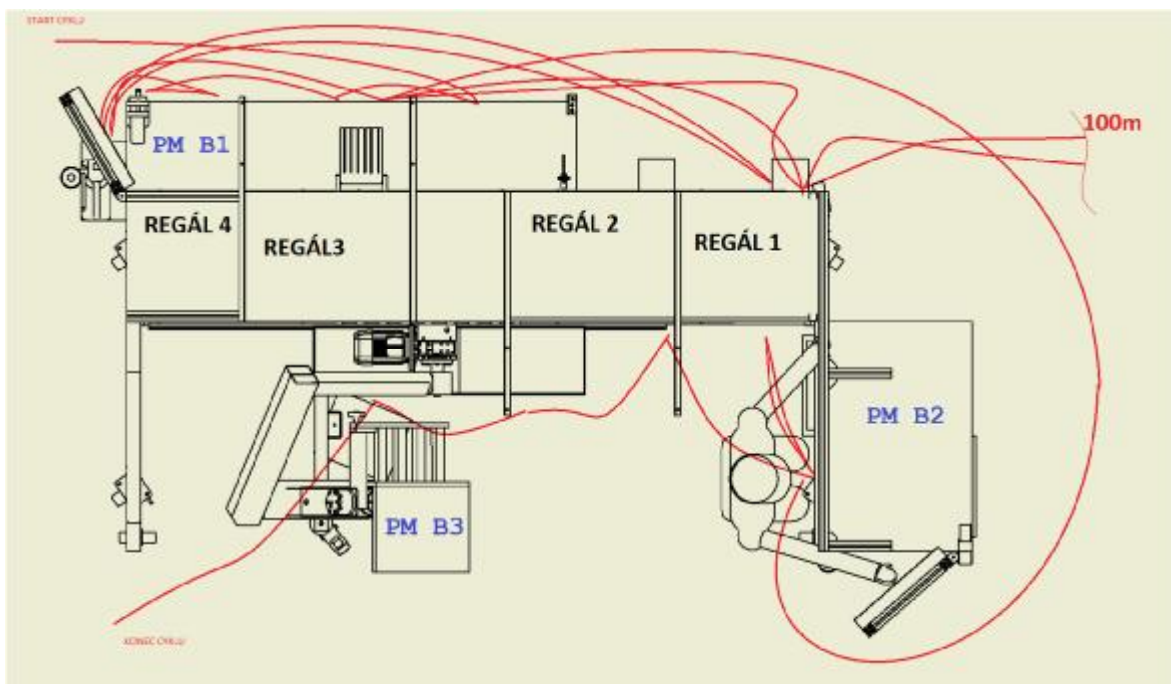
vzdálenost chůze	210 m
počet otočení	60

6.3. Řešení B



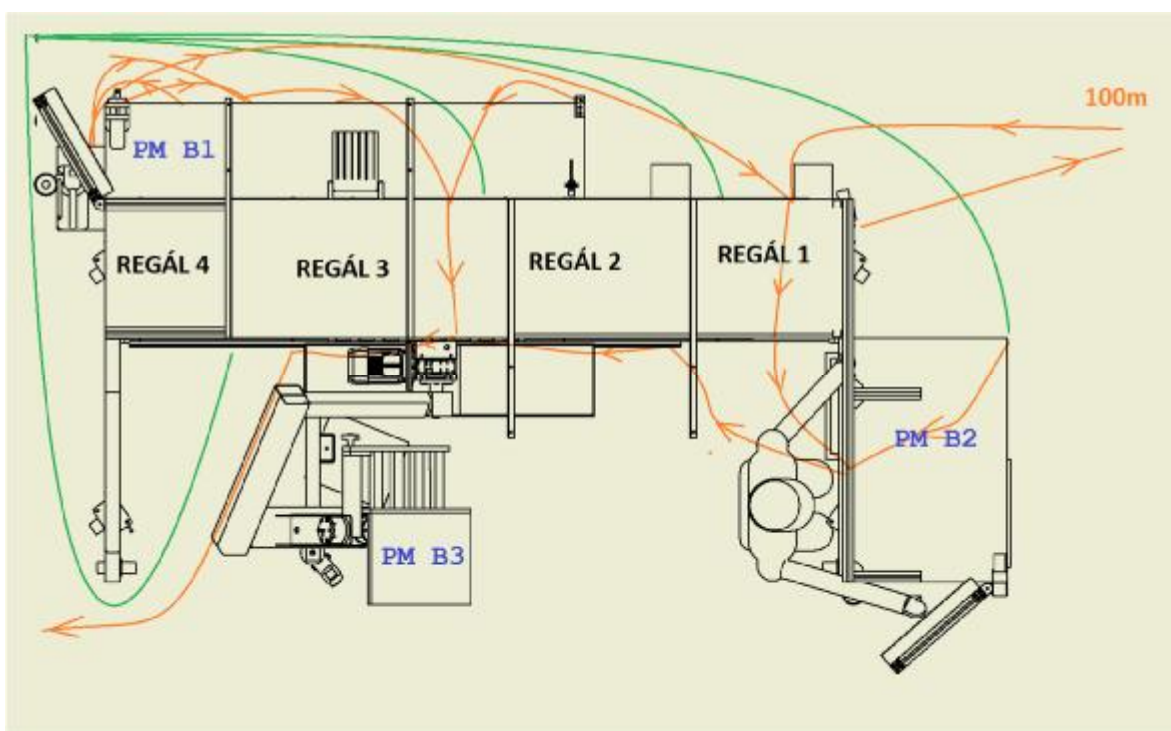
Obr. 16. Návrh pracoviště B

Řešení B (obr. 16.) má hlavní myšlenku v tom, že místo abychom drobné součástky a podsestavy přinášeli k montážnímu místu TCU, budeme pohybovat montážním místem podél uskladněných podsestav a dílců. Po rozvedení této myšlenky se naskytla možnost upravit druhou stranu zásobních regálů jako pracovní plochu a umožnit tak předmontáž dílů těsně vedle místa jejich uskladnění.



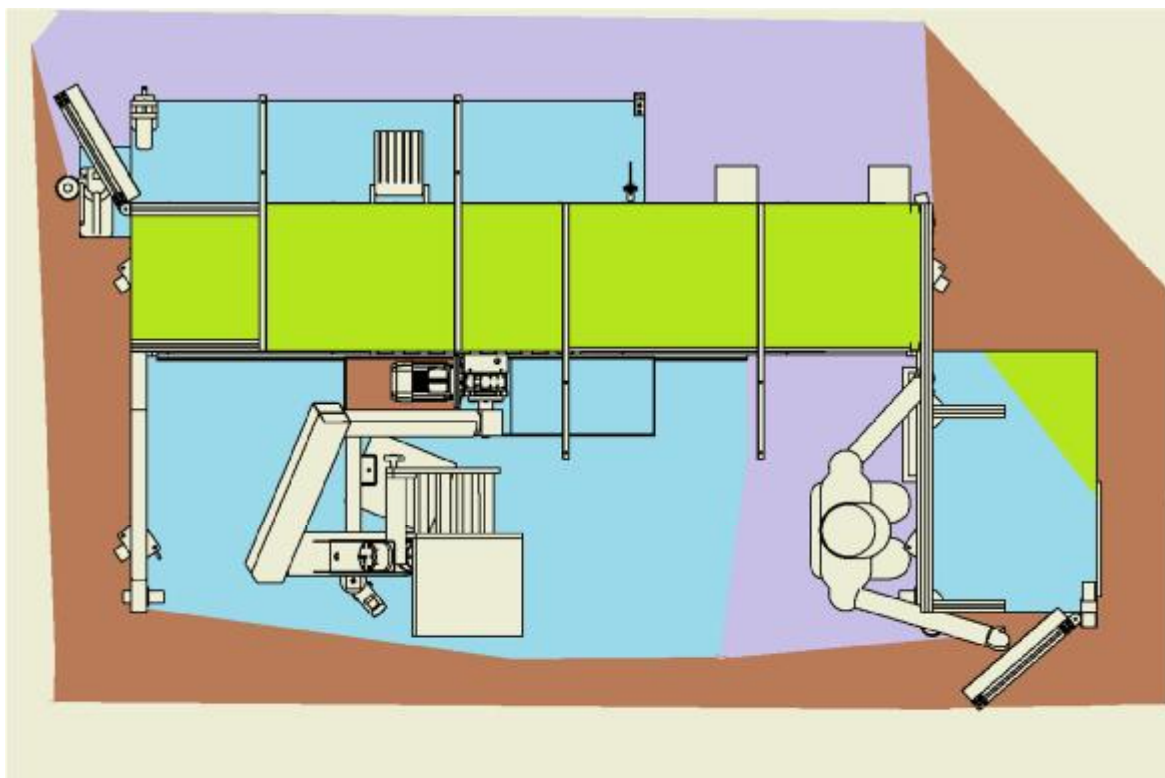
Obr. 17. Předpokládaný diagram pohybu pracovníka po pracovišti B

I na tomto návrhu (obr. 17.) je vidět redukce množství nežádoucích pohybů oproti současnému stavu obr 8. zejména pak je ušetřen pohyb při kompletaci díky manipulátoru viz kapitola 8.4.Manipulátor.



Obr. 18. Předpokládaný diagram toku materiálu B

Tento návrh má nejkompaktněji řešené materiálové toky.



Obr. 19. Využití místa na pracovišti B

Tab.8. Číselné vyjádření množství ploch řešení A

parametr	řešení B		% z celku
celková plocha	9	m ²	
plocha činná	2	m ²	22%
plocha skladovací	1,8	m ²	20%
plocha pomocná	3	m ²	33%
plocha ostatní	2,2	m ²	24%

Oproti původnímu návrhu (obr. 11) je podíl činné plochy vůči zbytkové ploše o 92% větší, avšak proti návrhu A (viz obrázek 15) je zde o 10% více hnědé málo exponované plochy.

6.3.1. Hlavní kladné vlastnosti návrhu

Kladné vlastnosti návrhu jsou:

- zásobování probíhá zezadu (first in first out)
- takřka nulové trasy přesunu
- kompaktní (dá se přesunout celé pracoviště)
- lze nasadit až 3. dělníky na jedno pracoviště
- zásoba materiálu se nachází před dělníkem

6.3.2. Hlavní negativní vlastnosti návrhu

Hlavními nevýhodou tohoto návrhu je samotné dražší a komplikovanější technické řešení.

vzdálenost chůze	140 m
počet otočení	20

Tab . 9. Objem pohybu na pracovišti návrhu B

Tab. 10. časy dle činnosti na novém pracovišti

operace	popis operace	čas	časová úspora
10	rozbalení nakupovaných dílců	0	15
20	kontrola nakupovaných dílců	2	0
30	zkrácení montážního profilu pro svorkovnici	3	0
40	dovrtání desek	7	0
50	doodjehlení	3	0
60	slisování dílců	8	11
70	montáž držáků	5	0
80	zkrácení nakupované metráže kabelů	4	2
90	naměření a zkrácení přívodního kabelu	4	0
100	obnažení vodičů	6	0
110	odutinkování obnažených vodičů	12	0
120	montáž konektorů	9	0
130	montáž svorkovnice	13	0
140	naměření a nakrácení pneumatických hadic	2	3
150	montáž rozvaděče vzduchu	8	2
160	montáž indukčních senzorů a držáků	6	2
180	vyskládání potřebných dílců na stůl	0	12
190	sesazení válců s deskou Al	3	2
200	montáž základové desky k desce Al	4	0
210	ustavení podsestavy táhel	8	0
220	montáž přídržné desky	6	3
230	smontování táhel s pístními tyčemi	3	0
240	seřízení odporu chodu táhla v uložení	2	4
250	instalace indukčních senzorů napojení kabelů	4	6
260	přichycení kabelů	4	1
270	natvarování kabelového svazku	8	2
280	nasazení škrtkových ventilů	4	0
290	nasazení indukčních snímačů	1	1
300	nasazení konektorů na patici	2	0
310	zapojení hadic do válců	4	0
320	zapojení snímačů s navazujícími kabely	6	0
330	naformování hadic a kabelů	12	3
340	předběžná fixaceka belového svazku	10	0
350	připojení kabelů od snímačů z druhé strany	1	1
360	rozdělení svazku pro průchodky	8	0
370	nasazení průchodek na svazky	3	0
380	montáž krabice rozvaděče	2	0
390	montáž patic průchodek	2	0
400	zasazení průchodek do patic	1	0
410	zkrácení přebitků kabeláže	2	0
420	obnažení konců vodičů	5	0
430	nasazení dutinek	10	0
440	montáž svorkovnice	2	0
450	zasazen zdrojový chvodiču do svorkovnice	10	0
460	rozpojení konektorů v kabel. svazku	3	0
470	prověření galvanického spojení	12	0
480	pospojení rozpojených konektorů	3	0
490	dotažení a úprava kabelového svazku	10	0
500	zapojení přívodní hadice	5	0
510	očištění	3	0
520	fixace přívodního kabelu	1	0
530	fixace přívodní hadice	1	0
540	zabalení příbalového materiálu	3	0
550	vyhotovení protokolu	2	0
560	zapsání výrobního čísla do evidenční knihy	1	0
570	fixace desek s protokolem a příbalovým materiálem	1	0
580	umístění do přepravní palety	3	-1
	celkem minut	267	USPORA 69 MINUT

7. Porovnání jednotlivých variant návrhů

Tab. 11. zhodnocení využití plochy

parametr	původní	A	B	jednotky
celková plocha	13	8	9	m ²
plocha činná	1,5	2	2	m ²
plocha skladovací	2,5	2	1,8	m ²
plocha pomocná	2	2	3	m ²
plocha ostatní	7	2	2,2	m ²

Tabulka 11 porovnává jednotlivé plochy dle funkce pro jednotlivá pracoviště. Je na ní vidět, že nejméně prostoru zabere návrh pracoviště A nejvíce pak pracoviště původní.

Tab. 12. Porovnání množství pohybu

řešení:	původní;	A;	B;
vzdálenost chůze [m]	900	210	140
počet otočení	72	60	20

Tabulka 12 porovnává množství pohybu při výkonu těžké práce na daných pracovištích jako neoptimálnější se jeví návrh pracoviště B. Návrh pracoviště B snižuje vzdálenost chůze oproti původnímu návrhu skoro šestapůlkrát.

Zhodnocení jednotlivých pracovišť

jsem provedl prostým seřazením kvalit od nejlepšího po nejhorší v každém sledovaném aspektu.

Tab.13. Zhodnocení kvalit jednotlivých řešení

parametr	původní	A	B
příprava pro kanban	3	1	2
jasně určený tok materiálu	3	2	1
cena provedení	1	2	3
minimalizace nadpohybů	3	2	1
celkový prostor	3	1	2
využití prostoru	3	2	1
omezení úzkého místa	2	3	1
průměr	2,57	1,85	1,57

V tabulce 13 jsou jednotlivé pracoviště seřazeny od nejlepšího (1) po nejhorší (3) v jednotlivých parametrech. Následně bylo pořadí z jednotlivých parametrů zprůměrováno. Je tak patrné, že z tab. 13. dle daných parametrů nejlepší návrh B.

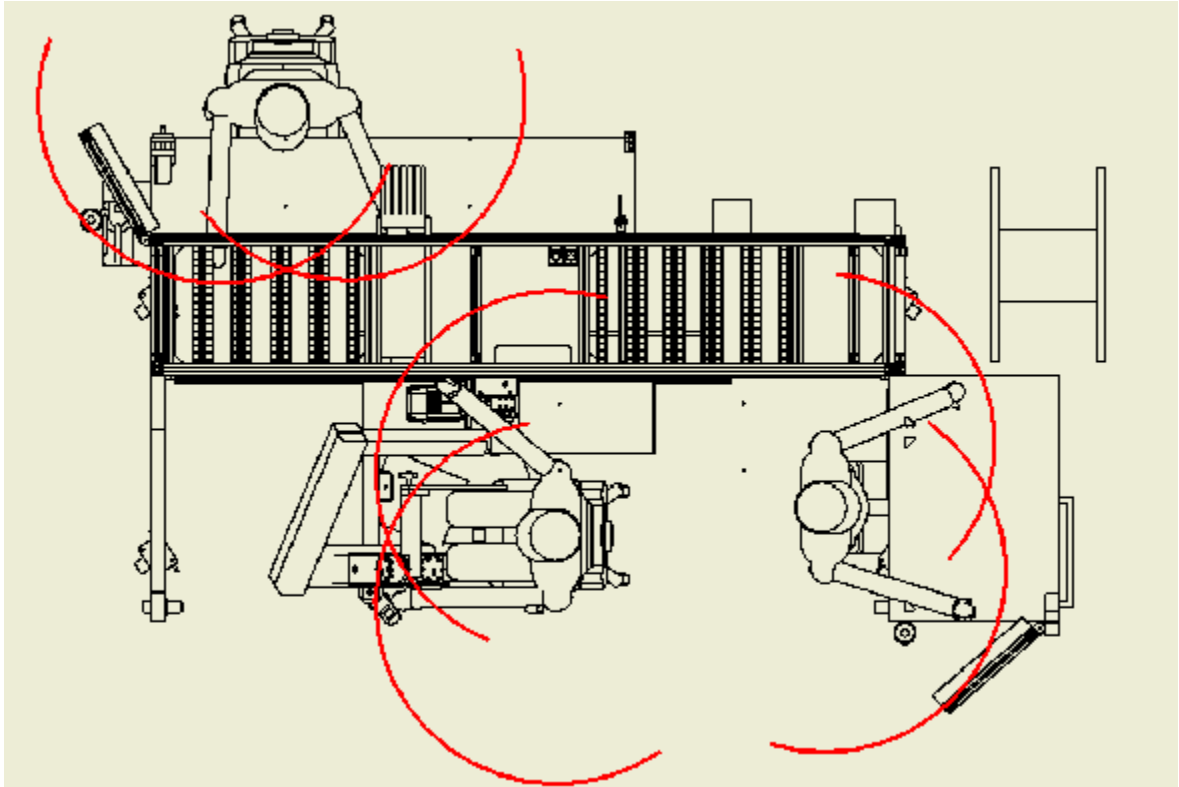
7.1. Ergonomické zhodnocení návrhu

Do návrhu jsem zapracoval mnohá řešení, jež umožňují lepší kontakt člověka se strojem.

V níže popsanych podkapitolách jsou řešení uvedena a odůvodněna.

7.1.1. Pracovní rozsahy

Pro rekapitulaci můžeme říct, že se jedná o schopnost dělníka dosáhnout na komponenty, ovládací prvek nebo nářadí.



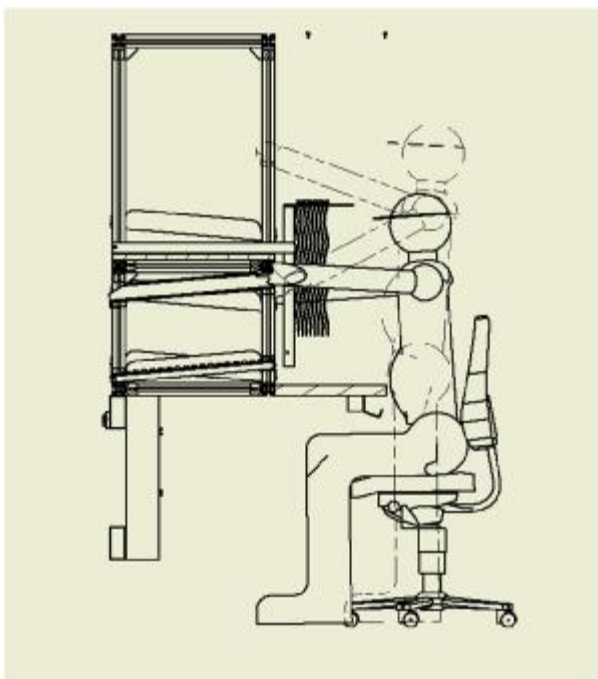
Obr. 20. Dosahy pracovníka na pracovišti B

Pracoviště je navrženo, aby vše bylo na dosah ruky. Dělník tak může manipulovat s komponentami, nářadím a ovládacími prvky bez většího zapojení zádového svalstva.

Pracoviště je koncipováno tak, aby minimalizovalo přenášení součástek. Jediné místo, kde je při manipulaci třeba chůze, je mezi pracovním stolem a manipulátorem

7.1.2. Pracovní pozice

Pracoviště je postaveno tak, že u výkonu může dělník sedět i stát viz obr. 21 . Jedinou výjimkou je stůl, na kterém probíhá montáž desky Al s deskami. U stolu je možnost sedět omezená nosnou částí konstrukce v úrovni nohou a znesnadněná úložnými schránkami. Ostatní stoly jsou postavené tak aby pod ně bylo možné podsunout nohy. Manipulátor je také uzpůsoben tomuto faktu. Desky stolů jsou ve výšce 0,94m a 1,14 m.



Obr. 21 Možnost pracovat vestoje i v sedu

7.1.3. Omezení nevhodných pohybů

Pracoviště má omezený výškový rozsah regálů. Součástky jsou uskladněné od plochy pracovního stolu tj. 0,9 m do 1,65m, což minimalizuje nutnost se ohýbat. Pracoviště je navrženo tak aby měl dělník vše před sebou, tudíž se nemusí otáčet. Obě tyto opatření razantně snižují namáhání svalové kosterního aparátu. Součástí pracoviště je i manipulátor, který ulehčuje přesun sestavy podél výrobní linky. Manipulátor je plynule naklápěcí a výškově stavitelný tak, aby si dělník mohl upravit pozici sestavy. Těmito opatřeními by se mělo zamezit nežádoucím pohybům.

7.1.4. Vizualní ergonomie

Vizuální ergonomie je soubor opatření a řešení, které upravují podmínky správného využití vizuálního vjemu. Mezi opatření patří světelná a barevný komfort, snadná čitelnost informace a zorná vzdálenost mezi pracovní plochou a okem dělníka.

Pro navrhované pracoviště to obnáší následující opatření. Prostor je náležitě osvětlen led svítidly, které přinášejí dostatek světla pro pracovní výkon. Světla jsou rozmístěna přímo nad montážními místy, takže nemůže dojít k tvorbě nežádoucích stínů.

Celé pracoviště je vyrobeno z matných materiálů, tudíž je eliminována možnost nežádoucích odrazů. Pracoviště je provedeno v předem dané kombinaci tří barev resp. druhů povrchů tak aby pozadí zbytečně nekomplikovalo orientaci v uskladněných položkách.

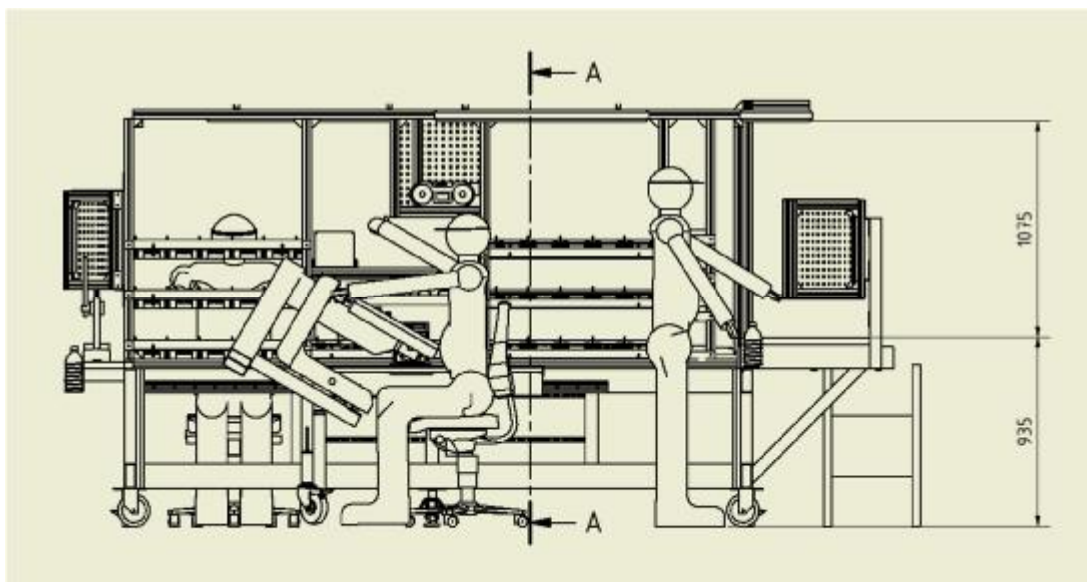
7.1.5. Zabránění hledání

Každá součástka má své jasné dané místo, které je ošitkované a popsané a do něho se vkládá kanbanová krabička. Každé nářadí má své místo s piktogramem tak, aby ho dělník vracel na totéž místo a s rutinou využíval pouze prostorové paměti.

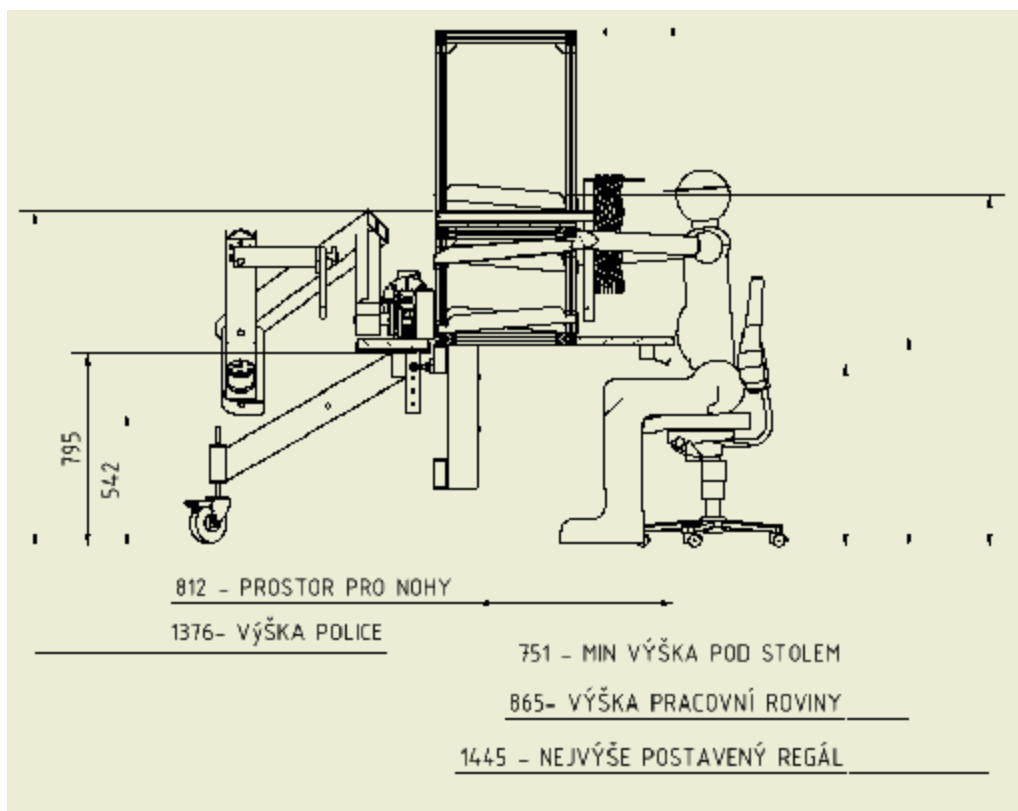
Výška pracovních stolů je zvolena na horní hranici pro kombinované pracoviště tak aby měl dělník pracovní rovinu co nejbližší oku, což je vhodné z hlediska množství drobné montáže na sestavě.

7.1.6 Manipulační a pedikulační prostory

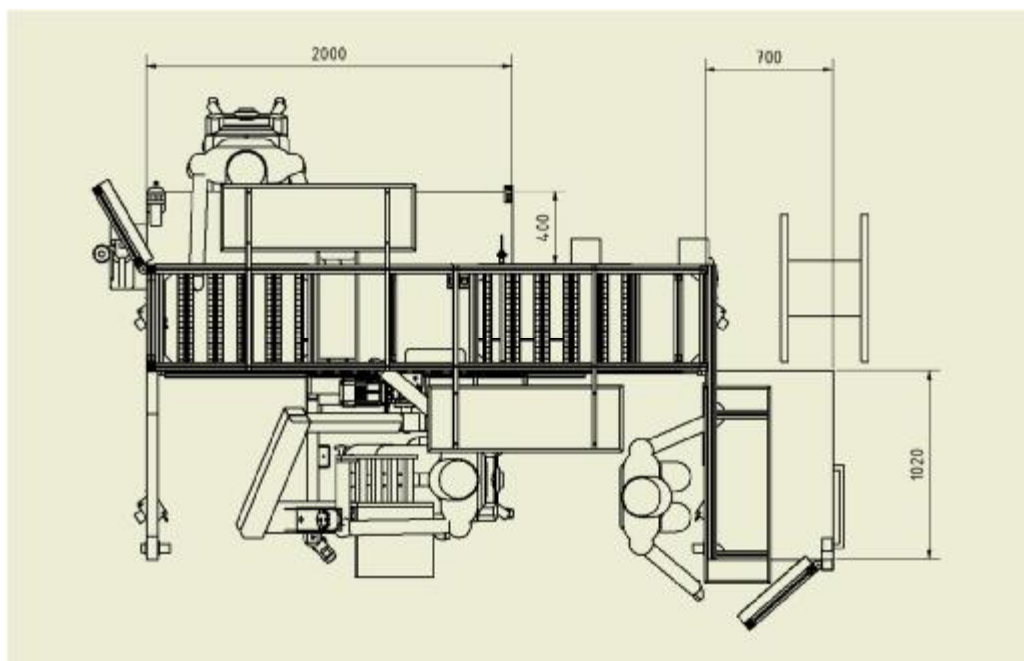
Tyto prostory slouží pro pohyb rukou a nohou při práci a nejlépe je lze zhodnotit obrázkem.



Obr. 22. Nárys pracoviště s výškovými rozměry



Obr. 23. Průřez pracovištěm s ukázkou pedikulačního prostoru



Obr. 24. Půdorys pracoviště s rozměry ploch stolů

Z těchto obrázků vyplývá, že prostoru pro končetiny je na pracovišti dost a lze ho i konfrontovat s předpisem dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb (viz teorie výše 2.2.3.)

7.2. Měkká řešení

Tento odstavec pojednává o uzpůsobení pracoviště pro dělníka tak, aby v něm neviděl pouze výrobní prostředek, ale místo, kde se cítí dobře, které si vezme za své. Tyto řešení považuji za důležité, neb na tomto pracovišti mají dělat lidé, nikoli stroje. Podobnou myšlenku měl i Tomáš Baťa v roce 1930 doslovně: „*Pevně věřím tomu, že jen spokojený zaměstnanec může odvádět špičkovou práci.*“.

Pracoviště obsahuje čtyři zamykatelné šuplíky, kam si dělník může odložit své soukromé věci a dražší nářadí. Na pracovišti je dále umístěna přihrádka pro radiopřijímač a osobní věci. Tato přihrádka je vybavená zásuvkami pro napájení přijímače a dalších elektronických zařízení.

Dělník na pracovišti také svačí (na pracovišti se nevyskytují jedovaté, radioaktivní nebo biohazardní prvky), a tak bylo potřeba vyřešit kde má tento úkon provést. Jako řešení jsem zvolil zvětšení jednoho z pracovních stolů tak aby si tam mohl rozbalit a zkonzumovat svačinu.

Všechna tato řešení by měla zvýšit kvalitu pracovního prostředí a tím i zvýšit pracovní výkony daného dělníka.

8. Změny layoutu

Při návrhu jsem usoudil, že některé práce by mohla vykonávat jiná resp. méně kvalifikovaná pracovní síla. Jedná se především o přípravné práce:

číslo operace/ název operace

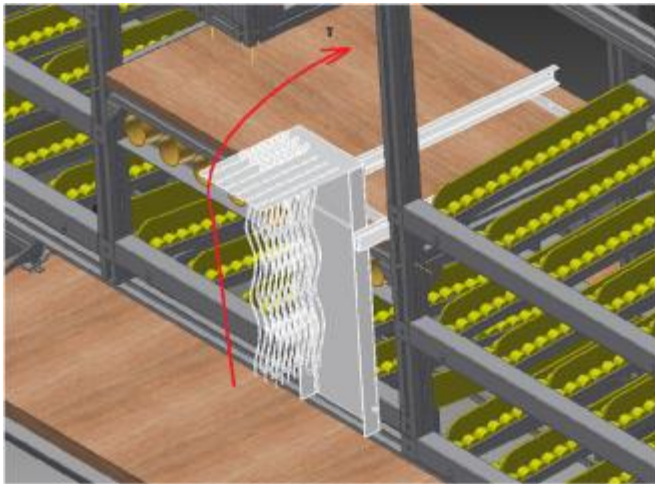
- 10/ rozbalení nakupovaných dílců
- 100-120/ práce s kabeláží
- 80/ zakrácení metráže kabelů a hadic
- 130/ montáž svorkovnice
- 150/ montáž rozvaděče vzduchu
- 180/ vyskládání potřebných dílců

Vyřešil jsem to následovně. Operaci číslo 10 jsem přenechal příjmovému oddělení. Na příjmovém oddělení byla na tuto činnost přidělena pracovní síla. Operace 100 až 150 jsem umístil na pracoviště tak aby je mohla simultánně provádět výpomocná pracovní síla. A operaci 180 vyřešilo přeuspořádání pracoviště, konkrétně přesun zásob před pracovníka.

9. Zlepšovací návrhy

pracoviště je vybaveno různými drobnými mechanismy a zařízeními pro usnadnění práce.

9.1. Hřebenová schránka na kabely



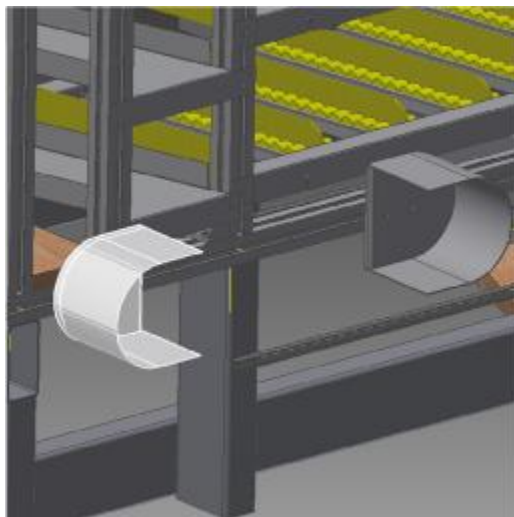
Obr. 25. Schránka na kabely

Schránka na kabely nahrazuje skladování kabelů ve snopcích na původním pracovišti. V hřebenu lze kabely snadno skladovat bez straty informace o počtu kabelů a zavádí pořádek do jejich skladování resp. není třeba snopek rozmotávat.

Držák kabelů zlepšuje orientaci a zabraňuje zamotání svazku

9.2. Omotávací etalon

Omotávací etalon je zařízení které nahrazuje pásmo na měření metráže kabelů a hadic. Řeší tedy časovou úsporu v operacích 270/ natvarování kabelového svazku; 520/ fixace přívodního kabelu a 530/ fixace přívodní hadice a sestávající ze dvou špulek, jejichž souhrnný obvod je celkem 1 metr. Slouží k snadnému odměření délky přívodních energovodů.



Obr. 26. Omotávací etalon

Obvod útvaru je 0,7 m, což znamená, že při spotřebě 8 m kabelu na jednu sestavu se musí etalon desetkrát ovinout. Metr kabelu je pak mezi etalonem a stolem, kde je páková klema držící počátek kabelu.

Fixace pak spočívá ve stažení svazku stahovací páskou na mezeře mezi tvary.

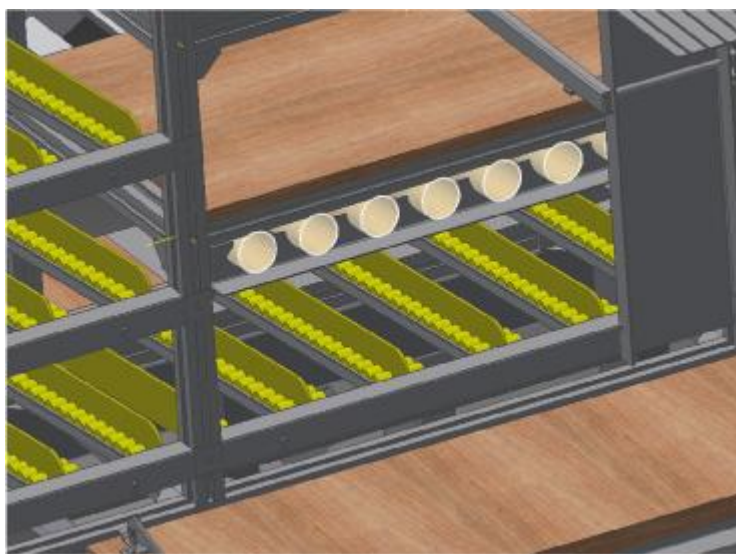
Etalon podobně jako v kapitole 8.1 Hřebenová schránka na kabely, sníží množství chůze při naměření přívodních energovodů. Není totiž potřeba rozvíjet pásmo, natáhnout kabel / hadici a následně zakrátit. Dělník se také u této činnosti nemusí ohýbat.

9.3. Trubkový zásobník hadic

Trubkový zásobník hadic nahrazuje uskladnění ve snopcích a zvyšuje tak přehlednost pracoviště a usnadňuje práci s přípravou vedení vzduchu tj. operace 140/ naměření a nakráčední pneumatických hadic a 310/ zapojení hadic do válců

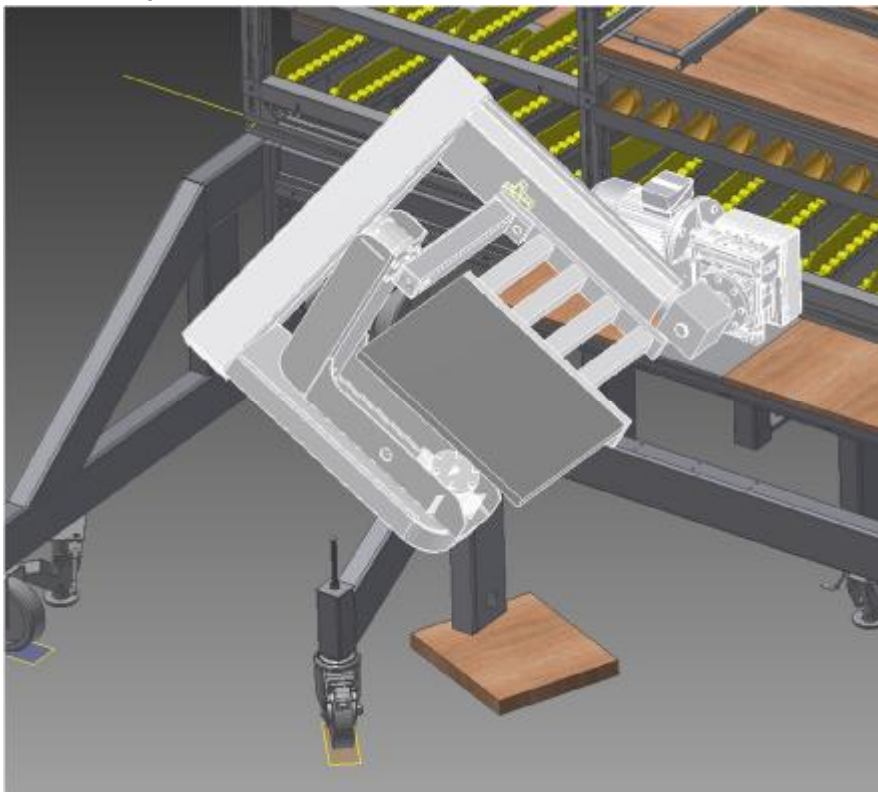
Konstrukčně je řešen jako jednoduchý podvěsný stojan, do kterého jsou vloženy předem nařezané hadice.

Stojan usnadní přípravu rozvodů vzduchu, sníží hledání a umožní mít zásobu předpřipravené metráže hadic.



Obr. 27. Trubkový zásobník hadic

9.4. Manipulátor



Obr. 28. Manipulátor

Už na začátku řešení se vyskytl problém s váhou sestavy zejména pro množství obecné manipulace s výrobkem během montáže. Během smontování jednoho kusu se musí celá sestava pětkrát překlápět a desetkrát otočit. Tyto pohyby jsou usnadněny právě manipulátorem. Manipulátor výrazně usnadňuje operace 190 až 530.

Je konstruován se čtyřmi stupni volnosti, umožňuje posun sestavy podél regálů otáčení sestavou a její naklápění. Osy jsou brzděny a náklon je motorizován pro snížení námahy. Manipulátor je možné výškově nastavit ve čtyřech stupních po 50mm tak, aby měl dělník ideální pracovní výšku.

Díky manipulátoru se sníží namáhání dělníka a to zejména namáhání zádových svalů a páteře z důvodu nastavitelnosti pracovní roviny.

10. Závěr

V předešlých kapitolách jsem popsal svůj postup přes teorii k praktickému využití. Podařilo se navrhnout řešení, které je k operátorovi ergonomicky přívětivé, omezující námahu a krátcí výrobní čas.

Podařilo se zkrátit manipulaci o celých 760 m. Celkový prostor se zmenšil o 4m². Doba montáže pak poklesla na 4,45h, což je cca o hodinu méně než původní čas.

Během práce jsem do pracoviště implementoval ideje jako first in first out, přímý layout a 5S.

Podařilo se zlepšit ergonomii práce při daném pracovním úkonu.

Kontrola cílů práce:

- Posouzení stavu na současném pracovišti

Stav současného pracoviště byl popsán a analyzován. Pro účel analýzy byl vyhotoven diagram pohybu pracovníka diagram toku materiálu pracovištěm a diagram využití prostoru pracoviště. Též byla ověřena pracovní norma. Stav byl vyhodnocen jako nevyhovující.

- Inovace pracoviště/ návrh jiného řešení

Byly vytvořeny dva návrhy, z nich se jeden na základě parametrů vyhodnotil jako lepší. Tento návrh je realizován. S předpokladem zvýšení výkonnosti a zlepšení ergonomie

- Posouzení inovovaného stavu z hlediska dosahů, výšky pracovní roviny

Výsledný návrh byl ergonomicky zhodnocen se závěrem, že ergonomicky vyhovuje.

- Tvorba pracovních standardů a definování pracovní normy pro hlavního představitele.

Byl definován nový pracovní standard. Normování vycházelo z nového uspořádání pracoviště. Bylo vyhodnoceno, že na novém pracovišti se ušetří 69 minut montážního času (tab. 10.)

Citovaná literatura

- [1] BĚLOHLÁVKOVÁ, L. a kol.: *ERGONOMIE na pracovištích (sešiti I. - V.)*, Praha 2004, Akademie práce a zdraví ČR, o.p.s. a MPSV ČR
- [2] SKŘEHOT, Petr. *Ergonomie pracovních míst a pracovní podmínky zaměstnanců se zdravotním postižením*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-91-3.
- [3] DOROTJAKOVÁ, Irena. *Kancelář*. Bratislava: Jaga group, 1999. ISBN 80-88905-20-6.
- [4] *Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.* In: . Praha: Poslanecká sněmovna, 2007, ročník 2007, číslo 361.
- [5] *Manual Production Systems* [online]. Lohr am Main, Deutschland: Bosch, 2017 [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/manual-production-systems/index>
- [6] *Rozměrové požadavky* [online]. Brno: Int.sro, 2015 [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/rozmerove-pozadavky/page/36/>
- [7] DLABAL, S., KITTRICHOVÁ, E., a kol., *Nábytek, člověk, bydlení: základy navrhování nábytku a zařizování bytových interiérů*. 1. vyd. Praha: Ústav bytové a oděvní kultury: Čs. středisko výstavby a architektury, 1977. 177 s
- [8] *Ergonomie: SEZENÍ A JEHO STRUČNÁ ERGONOMIE* [online]. Brno: Int.sro, 2015 [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/ergonomie/page/551/>
- [9] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.
- [10] JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016.
- [11] BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matúš VARJAN. *Logistické řízení podniku v 21. století*. Brno: CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-824-3.
- Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
- [12] LHOTSKÝ, Oldřich. *Organizace a normování práce v podniku*. Vyd. 1. Praha : ASPI, 2005. 104 s. ISBN 80-7357-095-5.
- [13] *Formulář pro měření snímku pracovního dne kód článku: 150449 Vyšlo v MM : 2015 / 4, 08.04.2015 v rubrice - / - , Strana 78*
- [14] *Mzdovapraxe: Metody a techniky organizace a normování práce* [online]. Praha: 2016 Wolters Kluwer ČR, 2005 [cit. 2017-06-13]. Dostupné z: <http://www.mzdovapraxe.cz/archiv/dokument/doc-d1017v993-metody-a-techniky-organizace-a-normovani-prace>
- [15] *REDUCE ACCIDENTS: layout to reduce forklift accidents* [online]. Montreal: flexpipe, 2015 [cit. 2017-06-19]. Dostupné z: <http://flexpipeinc.weebly.com/blog/layout-to-reduce-forklift-accidents>
- [16] GOLDRATT, Eliyahu M. *Cíl: proces trvalého zlepšování*. 2. přeprac. vyd. Praha: InterQuality, 2001. ISBN 9788090277021.

Seznam obrázků

Obr. 1. znázornění výšky roviny stolu

Obr. 2. dosahy člověka při práci v sedu (Dlabal 1977)

Obr. 3. Pracovní rozsah dělníka (aktuální výzkum NIS, 2011)

Obr. 4. Spaghetti diagram

Obr. 5. Nitkový diagram

Obr. 6. Snímek pracovního dne

Obr. 7. náčrt stávajícího provedení pracoviště

Obr. 8. Pohled na část současného pracoviště

Obr. 9. Diagram pohybu pracovníka po původním pracovišti

Obr. 10. Tok materiálu pracovištěm

Obr. 11. Využití prostoru pracoviště

Obr. 12. Návrh pracoviště A

Obr. 13. Předpokládaný diagram pohybu pracovníka po pracovišti A

Obr. 14. Předpokládaný diagram toku materiálu A

Obr. 15. Využití místa na pracovišti A

Obr. 16. Návrh pracoviště B

Obr. 17. Předpokládaný diagram pohybu pracovníka po pracovišti B

Obr. 18. Předpokládaný diagram toku materiálu B

Obr. 19. Využití místa na pracovišti B

Obr. 20. dosahy člověka při na pracovišti A

Obr. 21 možnost pracovat ve stoje i v sedu

Obr. 22. nárys pracoviště s výškovými rozměry

Obr. 23. Průřez pracovištěm s ukázkou pedikulačního prostoru

Obr. 24. Půdorys pracoviště s rozměry ploch stolů

Obr. 25. schránka na kabely

Obr. 26. Omotávací etalon

Obr. 27. Trubkový zásobník hadic

Obr. 28. manipulátor

Seznam tabulek

Tab. 1. vzdálenost oka od předmětu (Otakar Sláma 2004)

Tab. 2. Číselné vyjádření množství ploch původního řešení

Tab. 3. sumy časů podle pracovní činnosti

Tab. 4. Náročnost pohybu na původním pracovišti

Tab. 5. časy dle činnosti*

Tab. 6. Číselné vyjádření množství ploch řešení A

Tab. 7. objem pohybu na pracovišti návrhu A

Tab. 8. Číselné vyjádření množství ploch řešení A

Tab. 10. časy dle činnosti na novém pracovišti

Tab. 11. zhodnocení využití plochy

Tab. 12. Porovnání množství pohybu

Tab. 13. Zhodnocení kvalit jednotlivých řešení

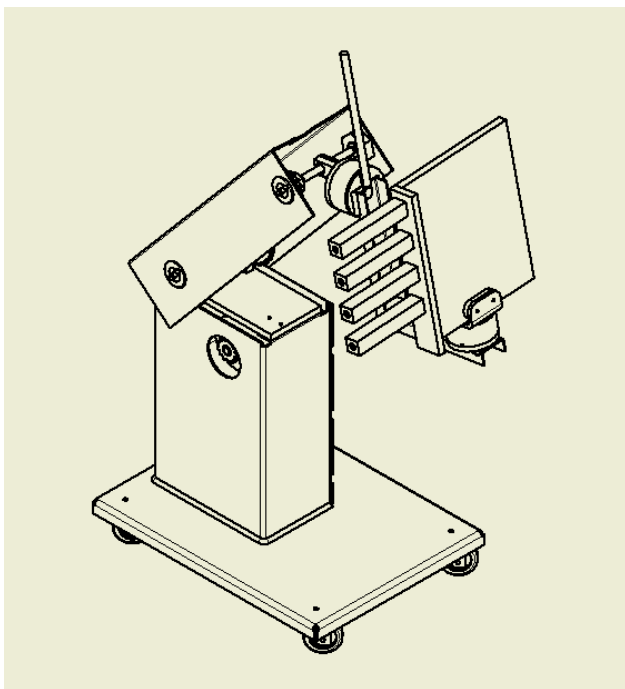
Příloha A Formulář pro momentové pozorování

Pozorovací list					Pozorovatel: Novák		
Druhy spotřeby času		Číslo stroje					Celkem
		1	2	3	4	5	
1.	Operační čas	III III II	III III I	III III III	III III III	III III	60
2.	Čas přípravy a zakončení	I	I	I		II	5
3.	Prostoj stroje	III	III	III	II	III	15
4.	Prostoj pracovníka	II	I	I	I	III	10
5.	Obsluha pracoviště	II	III	I	III		10
Celkem		20	20	20	20	20	100

Zdroj: Formulář momentového pozorování. *Slideplayer.cz* [online]. Praha: ČVUT, 2015 [cit. 2017-06-23]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2505083/>

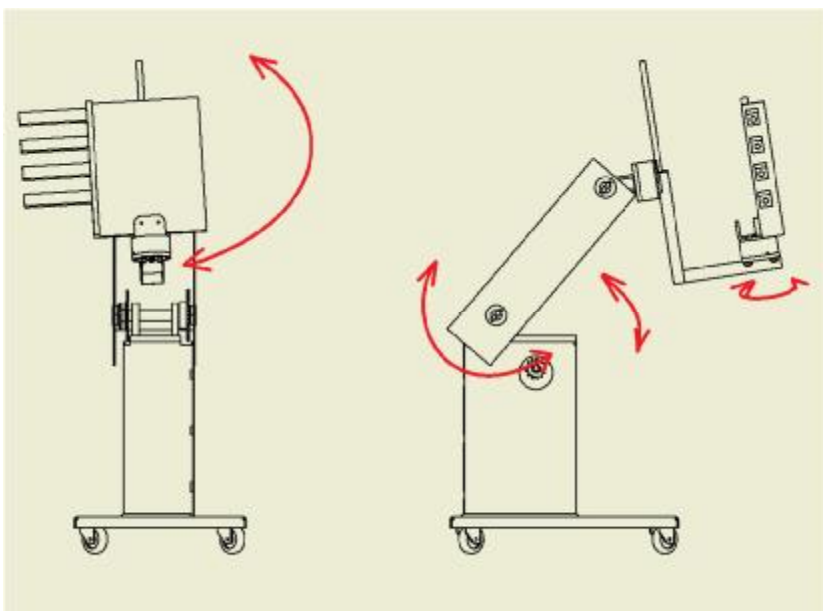
Příloha B

Manipulátor řešení A



Obr manipulátoru pro řešení A

Manipulátor je řešen se čtyřmi osami volnosti dvě z toho jsou elektromotické a dvě brzděné



Obr Možnosti pohybu manipulátoru