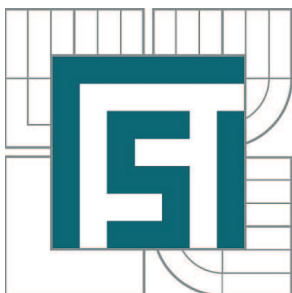


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A  
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND  
ROBOTICS

# OPTIMALIZACE PRACOVNÍ MONTÁŽE CYLINDRICKÝCH VLOŽEK S DŮRAZEM NA ERGONOMII ŘEŠENÍ A MINIMALIZACI ZTRÁT

ASSEMBLY WORKPLACE OPTIMIZATION WITH EMPHASIS ON ERGONOMY AND LOSS  
MINIMIZATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. LUBOMÍR SOBOTKA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. SIMEON SIMEONOV, CSc.

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Lubomír Sobotka

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Optimalizace pracoviště montáže cylindrických vložek s důrazem na ergonomii řešení a minimalizaci ztrát**

v anglickém jazyce:

### **Assembly workplace optimization with emphasis on ergonomics and loss minimization**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Uspořádání pracovišť jednotlivých operací, předmontáže, vlastní montáže s využitím robotizovaného pracoviště - zařízení "pick and place" a balení výrobku.
2. Kapacitní propočet jednotlivých pracovišť, optimalizace technologických časů v závislosti na použité technologii montáže.
3. Eliminace chybovosti zařízení "pick and

Cíle diplomové práce:

Uspořádání pracovišť jednotlivých operací, předmontáže, vlastní montáže s využitím robotizovaného pracoviště - zařízení "pick and place" a balení výrobku. Kapacitní propočet jednotlivých pracovišť, optimalizace technologických časů v závislosti na použité technologii montáže. Eliminace chybovosti zařízení "pick and

Seznam odborné literatury:

Brandimarte P., Villa A. „Modeling Manufacturing Systems“ ISBN 3-540-65500-X, Springer

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Simeon Simeonov, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 26.11.2010

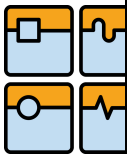
L.S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty



Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

### ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá optimalizací montážního pracoviště cylindrických vložek značky FAB firmy ASSA ABLOY Rychnov, s.r.o. Teoretická část se zabývá obecným postupem při projektování výrobních systémů a popisem vybraných rozborových a návrhových metod a ergonomií. V praktické části je provedeno zhodnocení současného stavu a vytvoření nových časových norem, podle kterých jsou navrženy 3 varianty řešení uspořádání pracovišť. Pro každou variantu je vytvořen simulační model, ve kterém je zkoumáno především vytížení pracovníků a automatického plnicího stroje. Jednotlivé varianty jsou porovnány váhovým hodnocením a pro nejvýhodnější z nich je určena maximální rozpracovanost a optimální skladová zásoba vstupních komponent.

### Klíčová slova

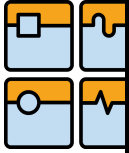
Technologické projektování, výrobní systém, optimalizace, ergonomie, montáž, simulace, cylindrická vložka

### ABSTRACT

This diploma thesis describes optimization of assembly working place of cylinder locks brand FAB company ASSA ABLOY Rychnov, s.r.o. Theoretical part deals with universal process for designing manufacturing systems and for description of selected analytical and engineered methods and ergonomics. The practical part shows evaluation of current situation and create new time standards. In accordance with are designed 3 variants of the solution for lay out working place. For each variant is created simulation model, which is explore especially working load and automatic filling machine. The various options are compared by weight valuation and the most optimal is determined by maximal work in process and optimal warehouse supply of input components.

### Key words

Technological design, manufacturing system, optimization, ergonomics, assembly, simulation, cylinder lock



Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

### BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SOBOTKA, L. *Optimalizace pracoviště montáže cylindrických vložek s důrazem na ergonomii řešení a minimalizaci ztrát*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 90 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Simeon Simeonov, CSc.

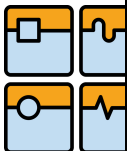
### ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Já, Bc. Lubomír Sobotka., prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Optimalizace pracoviště montáže cylindrických vložek s důrazem na ergonomii řešení a minimalizaci ztrát* vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Simeona Simeonova, CSc., a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu.

V Brně dne 25. května 2011

.....  
Bc. Lubomír Sobotka

autor práce



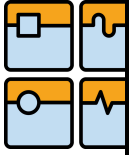
Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

*Věnováno mé přítelkyni Barboře*

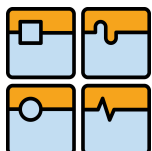
### **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych velmi rád poděkoval Ing. Jiřímu Štanglerovi, projektovému inženýrovi společnosti ASSA ABLOY Rychnov, s.r.o. za ochotu, informace a cenné rady při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Simeonu Simeonovi, CSc., vedoucímu diplomové práce za kontrolu a připomínky. V neposlední řadě děkuji své rodině a blízkým za trpělivost, pomoc a podporu po celou dobu studia.

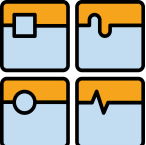


Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

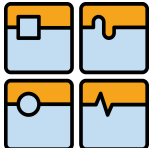
**Obsah**

ÚVOD.....	13
1 PROJEKTOVÁNÍ VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ .....	15
1.1 Obecný postup při projektování.....	16
1.1.1 Diagnostika .....	16
1.1.2 Sběr informací.....	17
1.1.3 Rozbor .....	17
1.1.4 Návrh .....	17
1.2 Rozborové metody .....	17
1.3 Analýza Basic MOST .....	18
1.3.1 Výběr systému MOST .....	19
1.3.2 Sekvenční modely Basic MOST.....	20
1.3.3 Indexování parametrů a vyhodnocení času pozorované operace.....	21
1.4 Simulace výrobních systémů.....	22
1.4.1 Nástroje pro modelování a simulace .....	22
1.5 Metody sestavování návrhů .....	24
1.5.1 Trojúhelníková metoda.....	25
1.5.2 Metoda CRAFT .....	26
1.6 Základní způsoby rozmístění strojů a pracovišť .....	26
1.6.1 Volné uspořádání.....	26
1.6.2 Technologické uspořádání.....	27
1.6.3 Předmětné uspořádání.....	27
1.6.4 Modulární uspořádání .....	28
1.6.5 Buňkové uspořádání .....	28
1.6.6 Kombinované uspořádání .....	29
1.7 Navrhování montáže .....	29
1.7.1 Uspořádání montážních pracovišť pro hromadnou výrobu drobných výrobků . .....	29
1.8 Ergonomie pracoviště ruční montáže .....	30
1.8.1 Výška pracovní plochy .....	31
1.8.2 Uspořádání pracovního stolu .....	31
2 SPOLEČNOST ASSA ABLOY Rychnov, s.r.o.....	33
3 VÝROBKY .....	33
3.1 FAB 200 „standardní délky“ .....	34
3.2 FAB 200 „abnormální délky s 1+1 nástavcem“ .....	35
3.3 FAB 200 „abnormální délky s 2+2 nástavci“ .....	35
3.4 FAB 201 „krátké – půlové“ .....	36
3.5 FAB 202 „krátké – knoflík“ .....	37
3.6 Procentuální složení výroby .....	38
4 POSTUP MONTÁŽE .....	38
5 USPOŘÁDÁNÍ A STROJE .....	39
5.1 Pracoviště čtení klíče .....	40
5.2 Pracoviště předmontáže.....	41
5.3 Zařízení „pick and place“ GEN2 .....	42
5.4 Zátkovací stroj.....	42
5.5 Pracoviště kontroly .....	43
6 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU .....	43

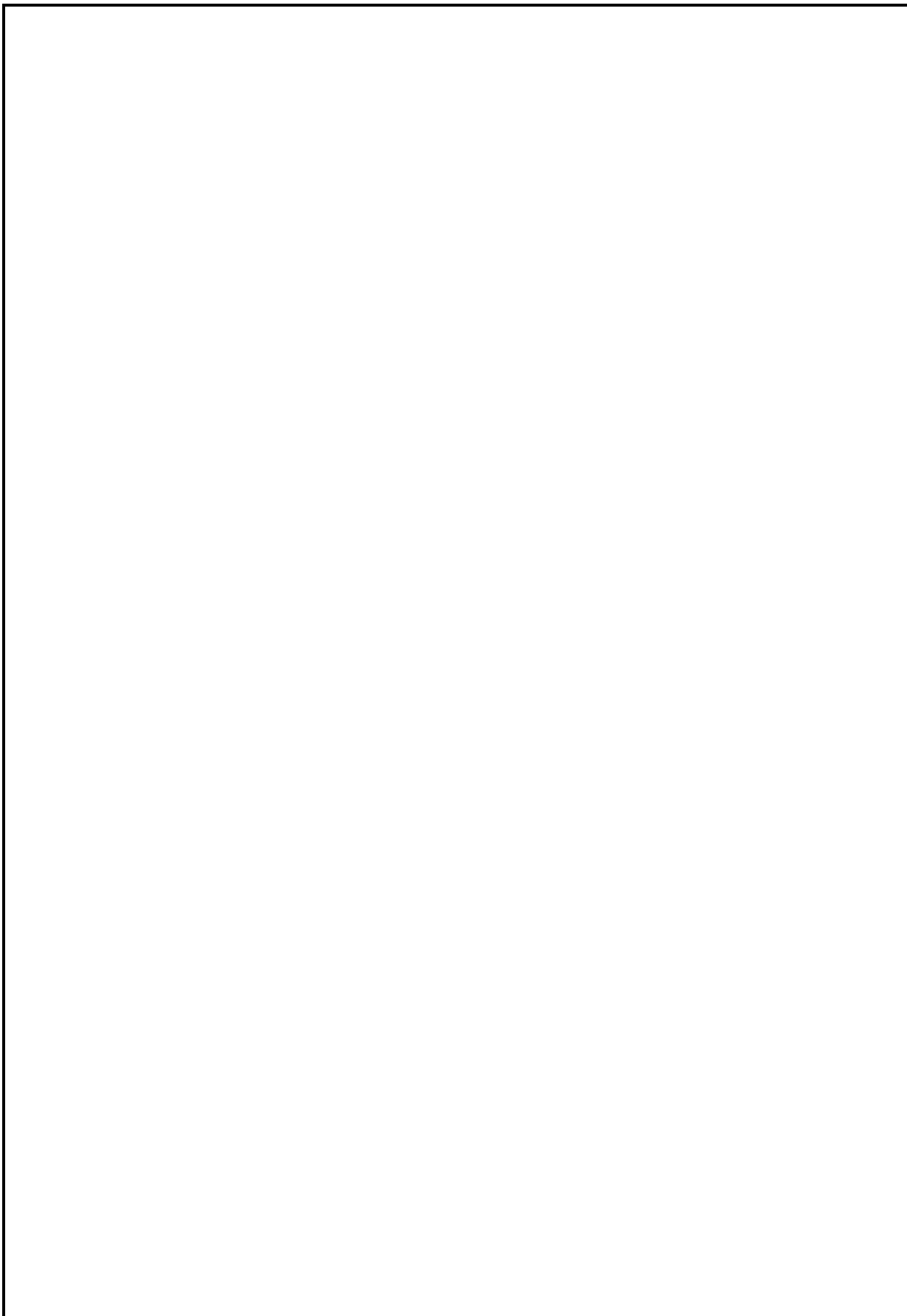
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

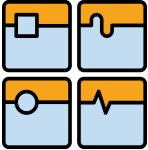
7	PŘEDMĚT A CÍLE PRÁCE .....	44
8	NÁVRH PRACOVISTĚ PŘEDMONTÁŽE .....	45
9	STANDARDIZACE .....	47
9.1	Norma vložky FAB 200 „standardních délek“ .....	47
9.1.1	Norma vložky FAB 200 „standardních délek“ se zabezpečením.....	47
9.2	Norma vložky FAB 200 „abnormální délky s 1+1 nástavcem“ .....	47
9.2.1	Norma vložky FAB 200 „abnormální délky s 1+1 nástavcem“ se zabezpečením.....	48
9.3	Norma vložky FAB 200 „abnormální délky s 2+2 nástavci“ .....	48
9.3.1	Norma vložky FAB 200 „abnormální délky s 2+2 nástavci“ se zabezpečením. ....	48
9.4	Norma vložky FAB 201 „krátké – půlové“ .....	48
9.4.1	Norma vložky FAB 201 „krátké – půlové“ se zabezpečením.....	49
9.5	Norma vložky FAB 202 „knoflík“ .....	49
9.5.1	Pracoviště přípravy knoflíku .....	49
9.5.2	Předmontáž .....	49
9.5.3	Předmontáž knoflíku se zabezpečením .....	50
9.6	Obsluha GEN2 .....	50
9.7	Pracoviště zátkování .....	50
9.8	Kontrola.....	51
9.9	Tabulka normočasů.....	51
10	KAPACITNÍ PROPOČTY .....	52
10.1	Výpočet minimální dávky .....	52
10.2	Takt linky.....	52
10.3	Teoretický počet pracovišť pro jednu operaci .....	53
10.4	Teoreticky nejmenší počet stanic.....	53
10.5	Varianta A .....	54
10.6	Varianta B .....	55
10.7	Varianta C.....	56
10.8	Celkový čas potřebný pro výrobu jedné dávky.....	56
10.9	Celková průběžná doba výroby jedné konkrétní dávky.....	56
10.10	Výrobní kapacita jednotlivých pracovišť .....	57
11	NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ VARIANT .....	58
11.1	Uspořádání varianty A .....	59
11.2	Uspořádání varianty B .....	60
11.3	Uspořádání varianty C .....	61
11.4	Uspořádání varianty D .....	62
12	POČET TECHNOLOGICKÝCH PALET .....	63
13	INVESTIČNÍ NÁKLADY .....	64
13.1	Varianta A .....	64
13.2	Varianta B .....	64
13.3	Varianta C.....	64
13.4	Varianta D.....	65
14	ROZBOR VARIANT POMOCÍ SIMULACE.....	65
14.1	Varianta A .....	66
14.2	Varianta B .....	68
14.3	Varianta C.....	69
14.4	Varianta D.....	70

14.5	Grafické porovnání.....	70
15	SROVNÁNÍ VARIANT .....	72
16	STANOVENÍ OPTIMÁLNÍCH SKLADOVÝCH ZÁSOB.....	74
16.1	Optimální skladová zásoba těles .....	75
16.1.1	Tělesa vložek FAB 200 STND .....	76
16.1.2	Tělesa vložek FAB 200 ABN.....	76
16.1.3	Tělesa vložek FAB 201 PUL + KNO .....	76
16.2	Optimální skladová zásoba bubínek .....	76
16.2.1	Bubínky krátké .....	77
16.2.2	Bubínky dlouhé .....	77
16.2.3	Bubínky půlové .....	77
16.3	Optimální skladová zásoba zubů, spojek, nástavců a válečků.....	77
16.3.1	Zub .....	78
16.3.2	Spojky .....	78
16.3.3	Nástavce a válečky ABN 1+1 a ABN 2+2 .....	78
16.3.4	Váleček STND .....	79
16.4	Optimální skladová zásoba zátek, kolíků a stavítek .....	79
16.5	Skladová zásoba pojistných kroužků .....	79
17	URČENÍ MAXIMÁLNÍ ROZPRACOVANOSTI .....	81
17.1	Určení maximální rozpracovanosti varianty A .....	81
18	ZÁVĚR .....	83
19	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	84
20	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	85
21	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	87
22	SEZNAM TABULEK.....	89
23	SEZNAM PŘÍLOH.....	90



DIPLOMOVÁ PRÁCE



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## ÚVOD

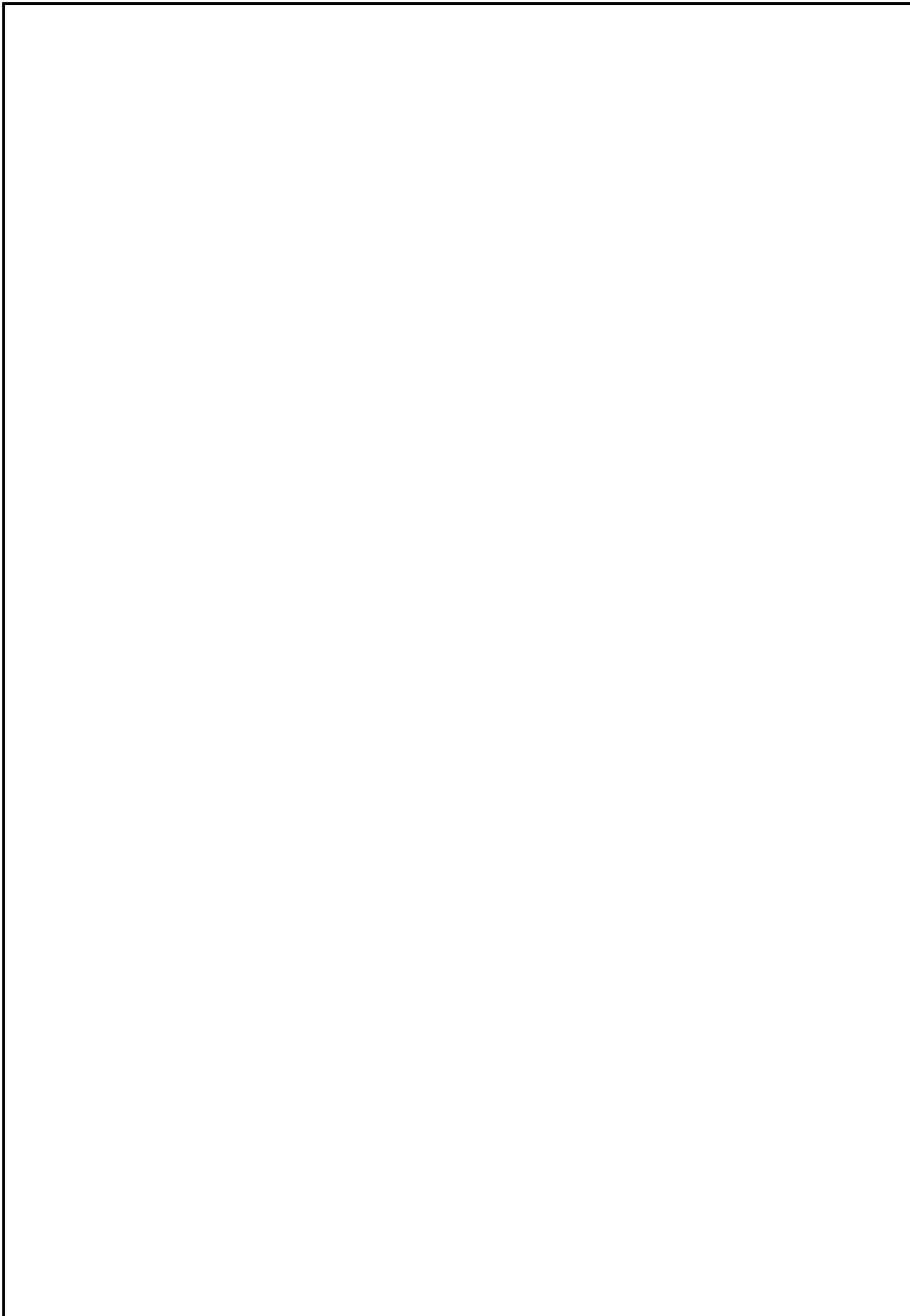
Pro zajištění výroby v podniku slouží nejen samotný výrobní systém, ale také soubor technických činností, jako jsou vývoj, projektování, technická příprava výroby a mnohé další. Úkolem technické přípravy výroby (dále jen TPV) je nejen návrh konstrukce výrobku, ale také stanovení hospodárného způsobu jeho výroby, tj. určit vhodný způsob a sled operací, vhodné pracoviště, nástroje apod., včetně technicko-organizačního řešení. A právě technicko-organizačním řešením výroby se zabývá část TPV, která je označována jako technologická projekce. Výsledkem činnosti technologické projekce je komplexní technologicko-organizační projekt výroby, který obsahuje řešení mnoha faktorů daného výrobního systému (dispoziční řešení rozmístění strojů a zařízení, ergonomie, organizace výroby, počet pracovníků, vyhodnocení ekonomického efektu apod.).

Nejčastějšími úkoly technologické projekce, bývá v praxi racionalizace (optimalizace) stávajícího výrobního systému, méně často potom návrh nové výroby. V obou případech se však při sestavování návrhů dá řídit doporučenou metodikou a postupovat tak logicky uspořádanými a předem danými kroky k požadovanému výsledku.

Právě optimalizace výroby, přesněji montáže cylindrických vložek značky FAB je předmětem praktické části této diplomové práce. Cílem je navrhnout kompletní pracoviště montáže, které by vyhovovalo požadavkům zadání a zároveň odstraňovalo současné nedostatky řešení. Teoretická část se věnuje obecnému postupu projektování výrobních systémů a popisu vybraných metod pro rozbor a návrh, včetně navrhování montáže a ergonomie pracoviště.

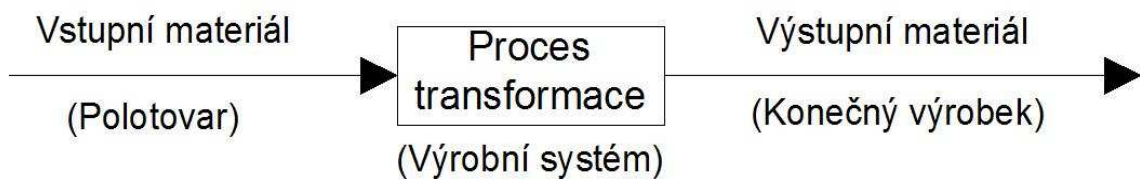


DIPLOMOVÁ PRÁCE



## 1 PROJEKTOVÁNÍ VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ

Realizace výrobního procesu, jakožto základní činnosti podniku přeměňující během transformačního procesu vstupní materiál (polotovary) na materiál výstupní (konečný výrobek), bývá uskutečňována podnikovým výrobním systémem. (viz Obr. 1.1) Ten lze obecně popsat jako *věcné, technologicky, časově, prostorově a organizačně jednotné seskupení hmotných zdrojů (materiálů, energií, výrobních a pracovních prostředků) a pracovních sil určených pro výrobu vybraného sortimentu výrobků.* [1],[2]



Obr. 1.1 Princip transformačního procesu [2]

Každý výrobní systém se skládá z prvků a vztahů, přičemž se vykazuje řadou vlastností, zejména však kapacitou a elasticitou.

**Prvky** systému jsou:

- pracovníci s určitými kvalifikačními a ostatními vlastnostmi
- stroje a zařízení
- suroviny, materiál a subdodávky, ze kterých je tvořen výrobek

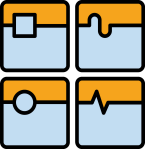
**Vztahy** systému jsou:

- pracovní postupy, technologické principy a vazby, které jsou v procesu využívány
- různé druhy energie využívané v pracovním procesu
- vztahy konstrukčního charakteru, jejichž výsledkem je konstrukce výrobku nebo výsledná služba pracovního procesu
- organizační vztahy zabezpečující správnou funkci systému

**Kapacita** je schopnost výkonu výrobní jednotky nebo výrobního systému pro daný časový úsek. Zpravidla se udává v jednotkách kusů, tun, litrů, metrů atd. za časovou jednotku.

**Elasticitou** výrobního systému rozumíme přizpůsobivost ke změně pracovních úkolů. Nejčastěji bývá určována rychlostí realizace přestavby na požadavky nového pracovního úkolu. [3],[2]

Projektování výrobních systémů je tedy možno chápat jako tvůrčí činnost technicko-ekonomického charakteru zaměřená na tvorbu nových nebo zlepšování již stávajících výrobních systémů s ohledem na optimální využití všech hmotných zdrojů (prvků) a jejich vztahů, které ovlivňují efektivnost a produktivitu výrobního procesu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 16
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Typickými úlohami projektu výrobního systému je zpracování variant technologie výroby a montáže, technicko-organizační uspořádání, kapacitní bilance strojů a zařízení, řešení ekonomiky a nákladů na realizaci apod.

Projekty zpravidla obsahují základní technickou zprávu a grafické návrhy výrobních seskupení.

Technická zpráva se skládá z:

- údajů o výrobcích a jejich technologii
- údajů o plánu výroby
- kapacitní bilance strojů a zařízení, pracovníků, ploch, energií, materiálu
- údajů o organizaci a řízení
- ekonomické hodnocení

Základní pojmy a popis projektování výrobních systémů jsou podrobněji rozepsány v [1],[3].

## 1.1 Obecný postup při projektování

Nejběžnějším úkolem v praxi bývá racionalizace či optimalizace stávající výroby, méně často potom návrh nové výroby, výrobního systému. V obou případech je však postup navrhování velice podobný a pro sestavení dobrého návrhu je dobré dodržet správný metodický postup. Před samotným započítáním projektu je potřeba ujasnit si a ohraničit objekt řešení a definovat úkol- výkon, který se od objektu očekává. Ten potom při závěrečném hodnocení porovnáváme s výsledkem. Měřítkem porovnání jsou náklady, čas, prostor a námaha. Objektem řešení může být jak jednoduché pracoviště jednotlivce, kde je situace poměrně přehledná a nenáročná, tak soubory pracovišť tvořící např. dílnu, provoz, nebo i celý závod. Řešení těchto velkých a složitých souborů spočívá v rozložení celku na části a po poznání dílčích vazeb zkoumáním celkových vztahů.

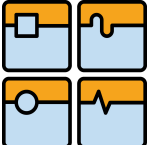
Příprava návrhu probíhá obvykle v následujících krocích:

- diagnostika (orientační průzkum)
- sběr informací (shromažďování podkladů)
- rozbor stávajícího stavu (současného stavu)
- návrh

Následující krokem je realizace a sledování funkce. Tento krok již není přímou součástí návrhu, v návrhu je však potřeba počítat i s tímto krokem (viz Návrh).

### 1.1.1 Diagnostika

Úkolem diagnostiky je provést orientační průzkum, základní seznámení se s objektem řešení a nalézt tak hlavní články problematiky daného úkolu. Výstupem diagnostiky by mělo být poznání nedostatků současného stavu, stanovit hlavní rezervní oblasti, směry řešení i metody používané v další práci.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 17
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### 1.1.2 Sběr informací

Tato činnost má velký význam zejména pro následující krok v postupu projektování, pro rozbor. Z diagnostiky bychom se měli dozvědět jaké informace budou potřebné a kdy. Informace a podklady můžeme získat ze dvou zdrojů. Z podnikové databáze (evidence) nebo z pozorování. Informace z pozorování bývají čerstvé, zaměřené konkrétně na daný objekt řešení a zobrazují skutečný stav. Jejich sběr je však náročnější, zejména časově. Takto získané informace je nutno ještě před rozбором zpracovat (vymezení chyb, matematické zpracování – výpočet průměrů a směrodatných odchylek, zpracování číselných informací do grafů).

### 1.1.3 Rozbor

Z informací získaných v předchozích krocích je možné provést základní rozbor, který je zdrojem informací pro následující návrh. Správně a vhodně vypracovaný rozbor by měl nastínit možné varianty řešení daného úkolu. V rozboru posuzujeme zkoumaný jev z různých hledisek, např. technického, ekonomického, ergonomického atd. Mezi základní rozborů prováděné před sestavením návrhu patří:

- rozbor standardizace
- rozbor toku materiálu a manipulačního prostředku
- rozbor stávajícího dispozičního řešení
- časový rozbor výroby a manipulace atd.

Pro každý rozbor je možno využít určitých metod vhodných právě pro daný úkol.

### 1.1.4 Návrh

Návrh je hlavní část projektu výrobního systému, při kterém může projektant uplatnit svůj vlastní tvůrčí talent. Přesto by však měl postupovat systematicky, vhodně využívat vzorových řešení a navrhovacích metod. Návrh výrobního systému se může skládat např. z těchto dílčích návrhů:

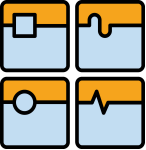
- rozmístění strojů, zařízení a ručních pracovišť
- řešení třískového hospodářství a manipulace s materiálem
- návrh uspořádání jednotlivých pracovišť s přihlédnutím ke všem bezpečnostním předpisům a ergonomickým zásadám
- ekonomické zhodnocení návrhu

Poslední zmiňovaný bod je důležitou součástí každého projektu. V tomto bodě jsou porovnávány náklady a přínosy.

Do etapy návrhu patří i vypracování časového plánu realizace, který kladně ovlivňuje průběh realizace.[3]

## 1.2 Rozborové metody

Mezi cílem projektu, informacemi, metodou rozboru i shromažďováním informací existuje vztah. Pro jednotlivé úkoly využíváme různých metod rozboru, např. pro úkol uspořádání pracoviště můžeme využít metod studia práce, humanizace práce a různých studií, jako např. pohybové studie, ergonomické studie atd.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 18
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Ve fázi projektu před vlastním návrhem jsou často využívány tyto metody [3]:

Metody studia práce:

- časové a pohybové studie
- studie rozmístění výrobního zařízení a toku materiálu
- studie organizace uspořádání pracoviště
- studie pracovních operací pomocí mikroelementů

Metody studia technologického procesu:

- inženýrská přeměňování
- různé laboratorní metody
- látkové a energetické bilance

Metody hodnotové analýzy:

- subjektivní metody
- heuristické metody
- exaktní metody

Metody humanizace práce:

- sociologické a psychologické průzkumy
- hygienické a fyziologické měření
- různé pracovní testy a rozborů
- různé druhy ergonomických testů a rozborů

Matematické metody:

- statistické metody
- metody operační analýzy
- matematická simulace výrobních procesů
- grafické metody

Experimentální a simulační metody:

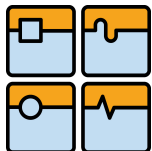
- diskrétní simulace výrobního systému

Samozřejmostí v projektování je využívání více metod a jejich kombinace, tak aby bylo dosaženo zadaného cíle. [3]

### 1.3 Analýza Basic MOST

Jednou z metod studia práce využívající časových a pohybových studií je analýza MOST – Maynard Operation Sequence Technique (Maynardova technika sekvenčních operací), která se používá pro stanovení normy času pro operaci vykonávanou operátorem na daném pracovišti. Analýza Basic MOST je jedním ze čtyř systémů rodiny MOST:

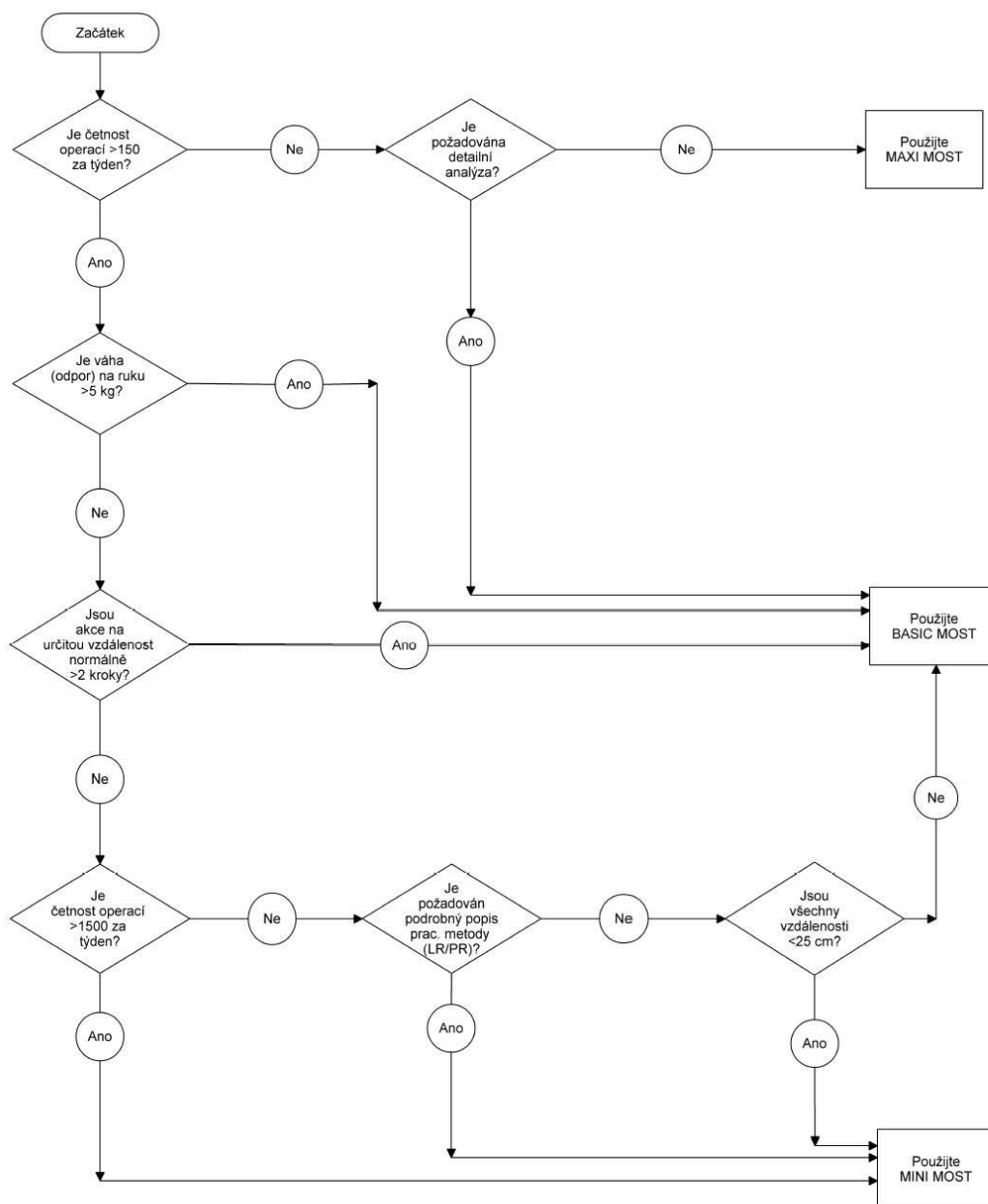
- Basic MOST- použití v širokém rozsahu manuálních, v průmyslu nejběžnějších operací v rozsahu od několika sekund po 10 minut
- Maxi MOST- vhodný pro operace s delšími cykly (2 minuty až hodiny), např. seřizování nebo těžká montáž.



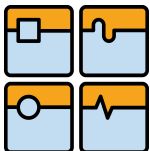
- Mini MOST- umožňuje podrobnou analýzu vysoce opakovatelných operací, jako je přesná montáž nebo balení malých předmětů. Typickým časem cyklu je 10 sekund.
- Clerical MOST- rozšíření systému Basic MOST pro administrativní funkce, používá se k analýze aktivit v kancelářích

### 1.3.1 Výběr systému MOST

Protože každý systém rodiny MOST je vhodný pro operace s rozličnou délkou trvání a různou četností, je třeba správně zvolit systém, podle kterého určíme čas operace. Pro toto rozhodování slouží následující diagram zobrazený na Obr. 1.2.

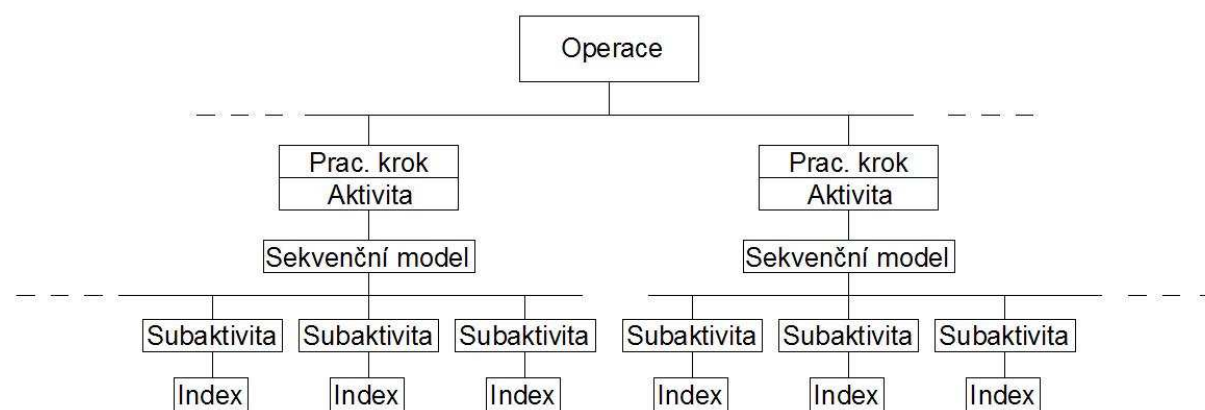


Obr. 1.2 Postup výběru vhodného systému měření práce MOST [4]



### 1.3.2 Sekvenční modely Basic MOST

Cílem systému měření práce MOST je poskytnout zdokumentovanou operaci s odpovídajícím časem. Toho dosáhneme, když zkoumanou operaci rozdělíme na pracovní kroky, představující jednu z aktivit. Každá tato aktivita má pevně definovanou sekvenci pohybů (sekvenční model). Analýza MOST vychází z předpokladu, že většinu práce lze popsat jako přemísťování objektů, tedy pohybů, které jsou v sekvenci vytvořené z předem daných pohybových prvků (subaktivit). Každému prvku se podle tabulky přiřadí určitý index, podle něž se později určí čas potřebný pro daný pracovní krok a následně celou operaci. (viz Obr. 1.3)



Obr. 1.3 Termíny a jejich vztah ve spojitosti s analýzou MOST

Jak již bylo řečeno, většinu práce lze popsat jako přemísťování objektů. Objekty se však mohou přemísťovat dvojím způsobem. Mohou se přemísťovat volně vzduchem, nebo se mohou přemísťovat tak, že během pohybu zůstává objekt v kontaktu s povrchem nebo je připojen k jinému objektu. Z této úvahy vznikají dvě základní sekvence používané v analýze Basic Most. Tedy:

- **sekvence Obecné přemístění** (pro prostorové přemístění objektu volně vzduchem)
- **sekvence Řízené přemístění** (pro přemísťování objektu, který během pohybu zůstává v kontaktu s povrchem nebo je připojen k jinému objektu)

Analýza MOST rozlišuje další dva typy sekvencí, **sekvence použití nástrojů** a **sekvence Ruční jeřáb**. Jelikož tyto sekvence nejsou v této diplomové práci použity, nebudu se zde o nich podrobněji rozepisovat.

**Sekvence Obecné přemístění** je složena ze tří etap tak, jak je uvedeno níže:

Vzít	Položit	Návrat
<b>A B G</b>	<b>A B P</b>	<b>A</b>

První etapa **Vzít** popisuje akce sáhnout k objektu s pohyby těla (jsou-li nutné) a získat kontrolu nad objektem. Parametr A zde vyjadřuje vzdálenost, kterou ruka nebo tělo musí dosáhnout k uchopení objektu, a parametr B vyjadřuje potřebu jakýchkoli



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

pohybů těla během této akce. Stupeň obtížnosti získání objektu je popsán parametrem G. Druhá etapa **Položit** popisuje akci přemístění objektu na jiné místo. Parametry A a B jsou stejné jako v předchozím případě, s tím rozdílem že, se jedná o vzdálenost potřebnou k přemístění objektu na místo umístění. Parametr P popisuje způsob a náročnost umístování objektu. Poslední etapa označena pouze parametrem A popisuje vzdálenost operátora potřebnou k návratu na své pracoviště a výchozí bod dalšího pracovního kroku.

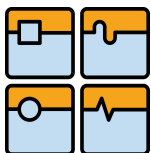
**Sekvence Řízené přemístění** je podobně jako předchozí sekvence složena ze tří etap:

Vzít	Přemístit nebo spustit	Návrat
<b>A B G</b>	<b>M X I</b>	<b>A</b>

První a poslední etapa jsou totožné jako etapy v předešlé sekvenci a vyjadřují totéž. Zásadní rozdíl spočívá v prostřední aktivitě **Přemístit nebo spustit**, která popisuje akce buď za účelem prostého přemístění objektu po řízené dráze, nebo za účelem spuštění řízeného zařízení. Příkladem prostého přemístění objektu po řízené dráze může být např. posunování krabice po stole. Spuštění se týká např. zapnutí elektrického přepínače za účelem spuštění procesu. Parametr M charakterizuje vzdálenost řízeného přesunu. Nejčastějšími druhy pohybu u tohoto typu přesunu jsou tlačit/táhnout/rotovat. Jedná se o pohyby kdy je pohyb objektu omezen vlivem svého okolí. (např. vodícími zařízeními, drážkami, atd.) Parametr X je zamýšlen k pokrytí především fixních procesních časů relativně krátkého trvání. Delší a proměnlivé procesní časy jsou normálně vypočteny a vkládají se odděleně jako strojní čas. Vyrovnání (parametr I) se vztahuje k manuálním akcím, následujícím za Přesunem řízeným nebo při ukončení procesního času, aby se dosáhlo ustavení či konkrétní orientace objektů.

### 1.3.3 Indexování parametrů a vyhodnocení času pozorované operace

Indexování každého parametru sekvenčního modelu se provádí pozorováním nebo představováním si operátorových akcí v průběhu každé etapy aktivity a výběrem příslušných variant parametrů ze správných datových tabulek (viz Příloha č. 1 a č. 2), které popisují tyto akce. Hodnota indexu je převzata z levého nebo pravého sloupce příslušného řádku správné datové tabulky a zapsána na formulář vpravo pod každý parametr všech použitých sekvenčních modelů. Čas aktivity (operace) se vypočte jednoduchým sečtením celkových hodnot všech jednotlivých sekvenčních modelů vynásobených 10 krát. Tento celkový čas udávaný v TMU-Time Measurement Unit (Jednotky měření času) lze podle převodní tabulky (Tab. 1.1) konvertovat do sekund, minut, hodin, atd.



1 TMU	0,00001 hodiny 0,0006 minuty 0,036 sekundy
1 hodina	100.000 TMU
1 minuta	1.667 TMU
1 sekunda	27,8 TMU

Tab. 1.1 Převodní tabulka TMU

Detailnější popisy všech druhů parametrů včetně příkladů použití jsou uvedeny v literatuře [4], ze které jsem čerpal.

## 1.4 Simulace výrobních systémů

Vedle klasických analytických nástrojů se pro zkoumání vlastností výrobního systému již nějakou dobu objevuje další nástroj, simulace. *Principem simulace je experimentování s počítačovým modelem, který je pokud možno přesným obrazem stochasticky (náhodně) se chovajícího výrobního systému. Na simulačním modelu se simulují stavy systému (např. transport součástí, proces obrábění, porucha atd.) v závislosti na čase. Jejich změna přitom nastává diskrétně v časových okamžicích, které jsou reprezentovány diskrétní událostí (např. příchod zakázky, začátek obrábění, začátek seřizování, začátek poruchy apod.).* [5]

Simulace slouží nejen při projektování nového výrobního systému, ale stejně tak mohou být simulovány již existující systémy. Důvodů pro využití této experimentální metody je celá řada. Pomocí simulace můžeme poměrně lehce získat přehled o úzkých místech ve výrobních procesech, vytížení jednotlivých strojů i personálu. Můžeme studovat chování systému v reálném, zrychleném nebo zpomaleném čase, důkladně prověřit různé varianty řešení, zkoumat i velmi složitý systém, který je neřešitelný analytickými metodami.

*Počítačovou simulaci lze využívat pro řešení řady obchodních, logistických, projekčních a personálních úloh. Její hlavní využití je však v předvýrobních etapách pro prověření různých variant řešení s cílem minimalizovat rizika chybných rozhodnutí.* [5]

### 1.4.1 Nástroje pro modelování a simulace

V dnešní době je na trhu celá řada nástrojů pro simulaci, jak pro Windows tak i UNIX. Lze je podle programovacího prostředí rozdělit do tří skupin.[6]

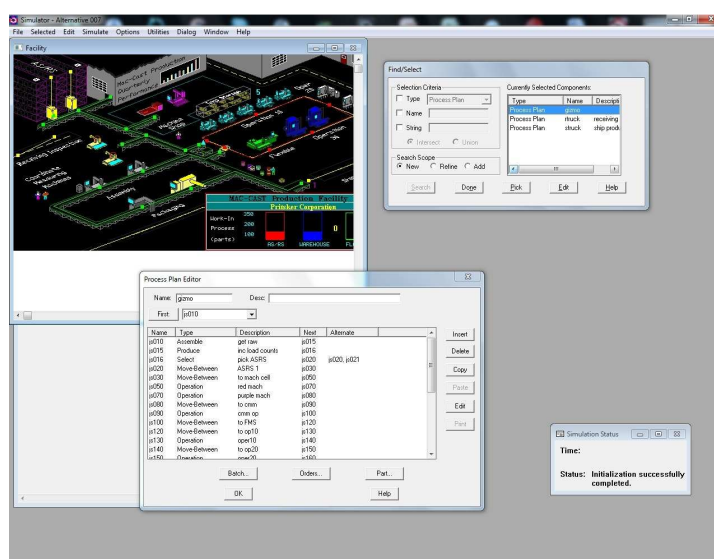
První skupinu tvoří obecné simulační jazyky v textové formě. Příkladem takového nástroje může být simulační jazyk Simgscript. Jeho výhodou je především vysoká flexibilita pro řešení nejrůznějších úkolů. Nevýhodou však je jeho složitost, nutnost důkladné znalosti programování a především časová náročnost při psaní zdrojových kódů.

Další skupinou jsou nástroje, kde se vedle tradičního textového rozhraní využívá i rozhraní grafické. Díky zachování textového rozhraní je zajištěna vysoká flexibilita, a díky grafickému rozhraní je časová náročnost poměrně menší, převážně díky metodě zadávání Drag & Drop. Rovněž výstup lze zobrazit graficky, dnes nejčastěji pomocí

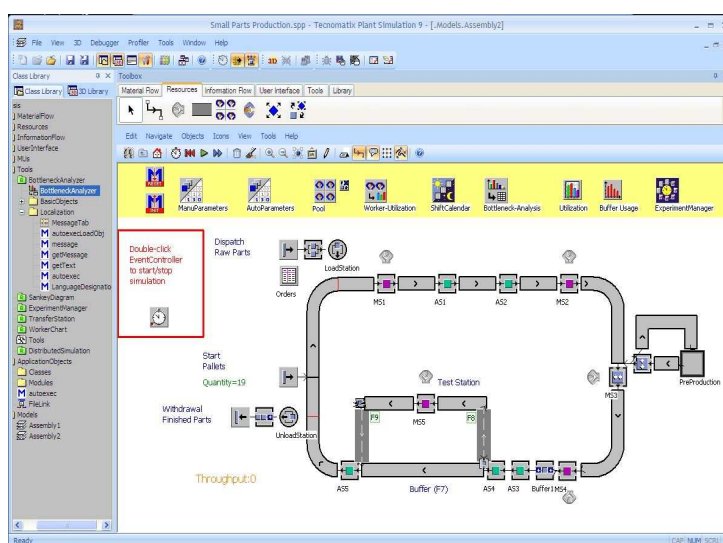


3D vizualizace modelovaného problému. Zástupcem této skupiny je např. software AutoMod.

Třetí a dnes již asi nejrozšířenější skupinou jsou nástroje disponující plně grafickým rozhraním. Tvorba modelu je tak velice zjednodušena a není již potřeba znalostí programování. Výhodou těchto grafických softwarů je možnost vizualizace modelované výroby nejčastěji ve formě 3D animace. Výjimkou není ani možnost propojení s databázemi a tabulkovými kalkulátory. Nevýhodou je omezená flexibilita v porovnání s prvními dvěma skupinami. Představitelem této skupiny je program FACTOR/AIM (jeho pracovní prostředí je zobrazeno na Obr. 1.4), nebo třeba novější a modernější Tecnomatix od firmy Siemens. (viz Obr. 1.5)



Obr. 1.4 Pracovní prostředí programu FACTOR/AIM



Obr. 1.5 Pracovní prostředí programu Tecnomatix [16]



Vedle softwarových nástrojů se v praxi využívají i hardwarové modely. Jedná se o stavebnice technického charakteru, které umožňují postavit zmenšené modely různých strojů a zařízení a z nich pak sestavit model celého výrobního systému. Nejznámějším výrobcem těchto stavebnic je např. německá společnost FischerTechnik nebo firma Staudinger EST GmbH, která z těchto stavebnic skládá modely výrobních systémů. Příklad modelu je zobrazen na Obr. 1.6.



Obr. 1.6 Příklad modelu firmy Staudinger EST GmbH [13]

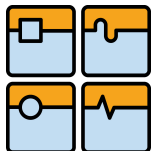
Pro tvorbu simulačních modelů výrobních systémů je však nutné dodržovat a respektovat určitá pravidla a zásady: [7]

- simulační model má být tak detailní, jak je to nutné, a tak zjednodušený, jak je to možné
- simulační nástroj by měl odpovídat řešenému problému a stupni požadované detailizace
- použití modelu, který není verifikován s realitou nebo který používá nepřesné vstupní údaje, nemá smysl
- při simulaci se vyžaduje propojení detailních znalostí o modelovaném systému s analytickými, projekčními, matematickými a programátorskými znalostmi, přičemž na úrovni komunikace mezi výrobním specialistou a specialistou na simulaci do značné míry závisí celkový výsledek

## 1.5 Metody sestavování návrhů

Jednou z rozhodujících částí projektové dokumentace je dispoziční řešení jednotlivých strojů a zařízení, nebo jednotlivých provozních souborů. Rozmístění výrobních zařízení v prostoru bývá závislé např. na podmínkách: [1]

- technologických, tj. na hmotnosti a velikosti strojů, přesnosti výroby, hlukosti strojů apod.
- stavebně energetických, tj. na nosnosti podlah, rozpory sloupů, šíře a výše hal, formě rozvodů energie atd.
- Investičně-ekonomického charakteru, např. při racionalizaci nebo modernizaci během rozmísťování strojů
- Materiálových toků, tj. na dodržení pravidel pro tok materiálu, dopravní uličky, odsun odpadu apod.



Při rozmísťování strojů a zařízení řešíme zejména tyto úlohy: [1]

- zjištění manipulačních vztahů mezi jednotlivými technologickými nebo pracovními místy, sklady apod.
- umístění jednoho stroje do již stávající linky
- umístění několika strojů do linky
- umístění jednoho nebo několika strojů do stávající dispozice.
- uspořádání strojů do volného prostoru výrobní haly

Pro řešení těchto úloh existuje několik základních rozmísťovacích metod, např.:

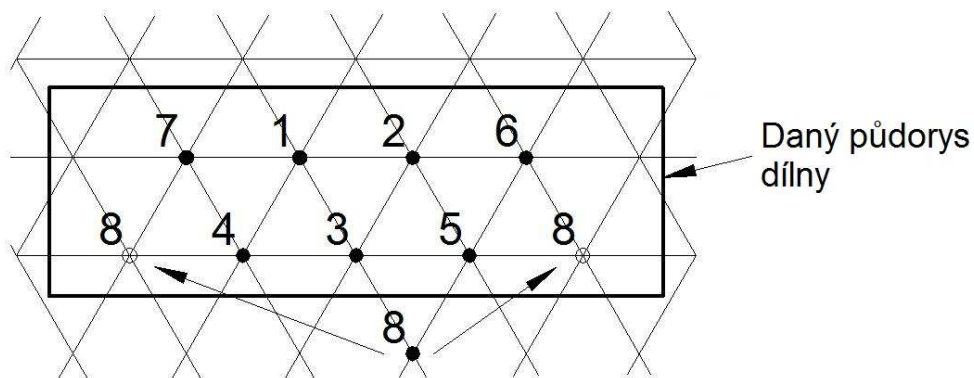
- trojúhelníková metoda
- metoda těžiště
- metoda souřadnic
- metoda S. L. P.
- metoda vyhodnocování mezidílnských vztahů
- metoda CRAFT, atd.

### 1.5.1 Trojúhelníková metoda

Jedná se o matematickou a grafickou metodu vycházející z principu postupné rozmísťování strojů v závislosti na intenzitě materiálových toků tak, aby celkový přepravní výkon byl co nejmenší.

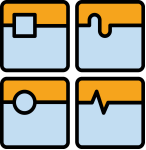
Základní zjednodušený postup je následující:

1. Zjistíme nejvyšší intenzitu materiálového toku mezi dvěma stroji, a tyto stroje umístíme do připravené trojúhelníkové sítě na bezprostředně vedle sebe ležící body.
2. Vybereme další stroj s nejvyšší intenzitou materiálového toku vzhledem k první dvojici a umístíme jej do nejbližšího společného vrcholu trojúhelníku.
3. Takto postupujeme, dokud nejsou umístěny všechny stroje. Nakonec vložíme toto teoretické uspořádání do půdorysného prostoru vyhrazeného pro řešení projekt a provedeme potřebné úpravy. (viz Obr. 1.7)



Obr. 1.7 Umísťování pracovišť v trojúhelníkové síti [3]

Tato metoda je vhodná pro menší počet rozmísťovaných prvků, kde jeden vztah mezi pracovišti je výrazně rozhodující, a ostatní vztahy jsou podřazené.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 26
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### 1.5.2 Metoda CRAFT

(Computer Relative Allocation of Facilities Technique – technika stanovení vzájemné polohy strojů propočtem – počítačem). Je to matematická metoda k určení optimální vzájemné polohy prvků v řešené množině. Touto metodou se nemusí rozmísťovat jen stroje, ale v podstatě jakékoliv objekty mající kvantitativně definovatelný vztah. Optimální rozmístění obvykle dává nejvyšší efektivnost.

Řešení je provedeno matematickým modelem - výpočtem minima sestavené funkce. Vzhledem k tomu, že při větším počtu rozmísťovaných pracovišť existuje velké množství možných řešení, provádí se výpočet pomocí počítače. (Sestavené matematického modelu je podrobně popsáno v [3]).

Výhodou použití metody CRAFT je, že dostáváme exaktní řešení. Nemusíme tedy sestavovat několik variant – použijeme jen výslednou variantu.

Jelikož se tyto metody týkají převážně navrhování větších celků, nemají pro tuto diplomovou práci velký přínos a uvádím je zde spíše z informativního důvodu. Podrobně jsou metody pro sestavování návrhů popsány v [3] [1]. Protože náplní této práce je optimalizace (návrh) montážního pracoviště, zaměřím se v dalších kapitolách na základní rozmístění strojů a pracovišť, navrhování montáže, pracoviště montáže a jejich uspořádání.

## 1.6 Základní způsoby rozmístění strojů a pracovišť

Při rozmísťování strojů a pracoviště vycházíme z výsledků předchozích rozborů a řešení rozmísťovacích metod. Výsledek rozmístění by měl být optimální vzhledem k základním požadavkům. V současné době rozlišujeme následující základní způsoby uspořádání pracovišť: [3]

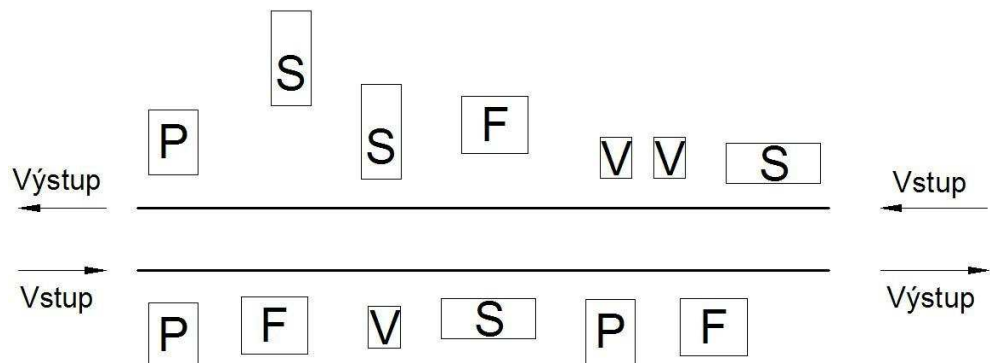
- volné
- technologické
- předmětné
- modulární
- buňkové

a jejich kombinace.

### 1.6.1 Volné uspořádání

Toto uspořádání bývá často v prototypových a údržbářských dílnách, kde není možné určit materiálový tok, návaznost operací a řídicí vztahy. Stroje a zařízení jsou v dílně umístěny náhodně (viz Obr. 1.8) a z dnešního hlediska jde o zcela nevyhovující uspořádání.

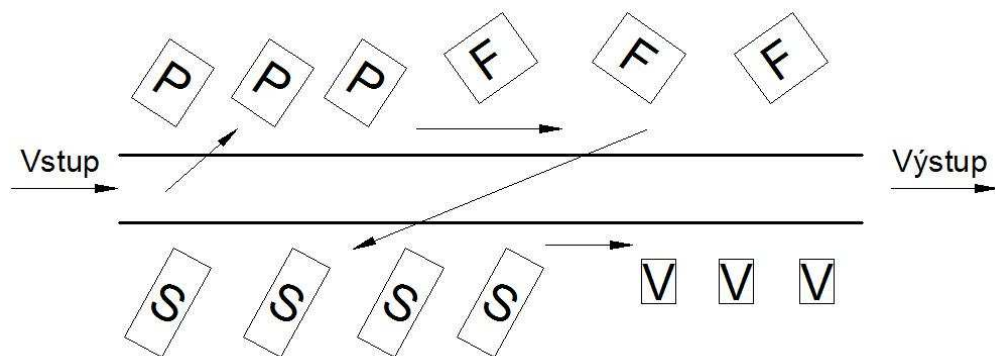
*Pozn.: Písmena na obrázcích značí určitý druh stroje. Např. S – soustruh, V – vrtačka, apod.*



Obr. 1.8 Volné uspořádání pracovišť [3]

### 1.6.2 Technologické uspořádání

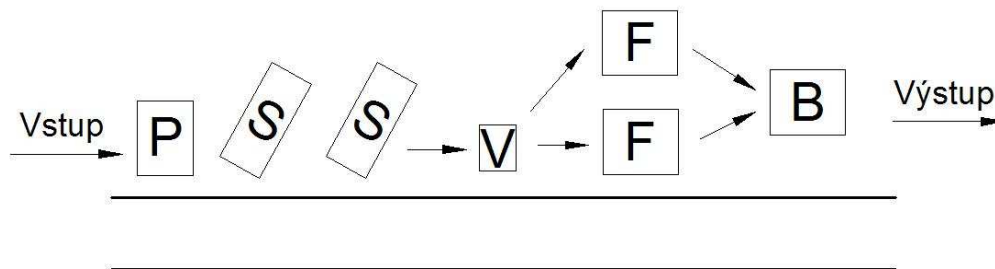
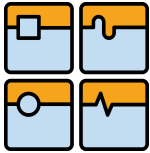
Stroje a zařízení jsou u tohoto typu uspořádání slučovány podobně jako operace v technologických postupech, tedy do skupin stejných druhů strojů tak, jak je to zobrazeno na Obr. 1.9. Materiálový tok zde nemá jednotný směr. Tento druh uspořádání se nejčastěji vyskytuje v kusové a malosériové výrobě těžkého a středního strojírenství, v údržbářských, prototypových a učňovských dílnách.



Obr. 1.9 Technologické uspořádání pracovišť [3]

### 1.6.3 Předmětné uspořádání

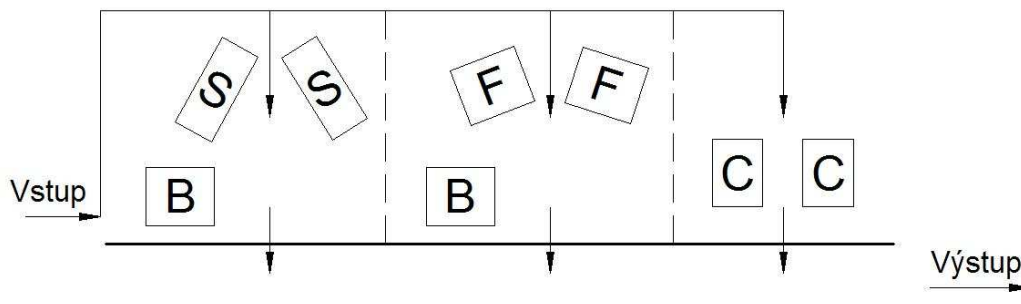
Pracoviště nejsou jako v předchozím případě uspořádány do skupin, ale jsou seřazena přesně podle technologického postupu vyráběného výrobku. (viz Obr. 1.10) Pohyb součástí je jedním směrem a vzniká tak výrobní proud. Podmínkou pro uplatnění tohoto uspořádání je vysoká úroveň technické přípravy výrobku i plánování, což umožní vytvořit podmínky pro zavedení proudové výroby. Dalšími stupni předmětného uspořádání může být výrobní linka a automatická synchronizovaná linka. Předmětné uspořádání se používá ve všeobecném a středně těžkém strojírenství při velkosériové a hromadné výrobě.



Obr. 1.10 Předmětné uspořádání pracovišť [3]

#### 1.6.4 Modulární uspořádání

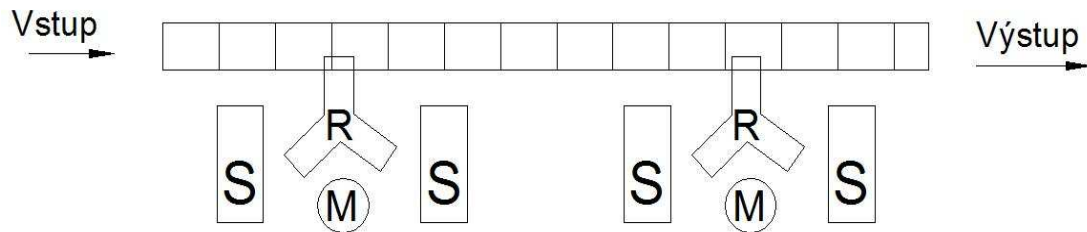
Se vznikem NC strojů vzniklo i nové uspořádání, které seskupuje stejné stroje do technologických bloků (modulů), z nichž každé plní více technologických funkcí. Celý provoz je potom složen z těchto stejných nebo podobných bloků. (viz Obr. 1.11) Toto uspořádání bylo pojmenováno jako modulární. Protože tyto pracoviště mají vyšší produktivitu práce, mají v dílně prioritní postavení. Další navazující pracoviště by tak měla být uspořádána s ohledem na produktivitu těchto strojů. Modulární uspořádání se používá ve všeobecném, středně těžkém i těžkém strojírenství, a to v kusové a malosériové výrobě.



Obr. 1.11 Modulární způsob rozmístění pracovišť [3]

#### 1.6.5 Buňkové uspořádání

Je to další z nově vzniklých způsobů uspořádání pracovišť. Buňku většinou tvoří vysoce produktivní stroj s mechanizovaným nebo automatizovaným okolím. Projektování buňkového uspořádání vyžaduje důslednou předprojektovou rozborovou přípravu, zavedení standardizace, zpracování skupinových technologických postupů. Aby bylo zavedení tohoto uspořádání výhodné, musí být zajištěn stálý a dostatečně objemný výrobní program. Použití buňkového uspořádání je obdobné jako u předchozího modulárního uspořádání. Schematický náčrt modulárního uspořádání pracovišť je znázorněn na Obr. 1.12.



Obr. 1.12 Buňkové uspořádání pracovišť [3]

### 1.6.6 Kombinované uspořádání

Při projektování větších celků nelze většinou využít pouze jednoho druhu uspořádání, ale musí se zkombinovat dva a více typů. Některé součásti totiž mohou svým velkým množstvím umožnit proudovou výrobu, zatímco pro zbývající sortiment je vhodnější jiné uspořádání. Při kombinovaném způsobu se snažíme využít výhod ze všech použitých systémů a snížit jejich nevýhody.

Výhody a nevýhody jednotlivých uspořádání jsou rozepsány v (3).

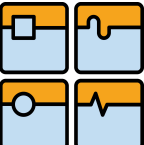
## 1.7 Navrhování montáže

Montáž je jednou z posledních částí výrobního procesu a projevují se v ní všechny organizační, technické i výrobní nedostatky z předchozích etap. Základními podklady pro navrhování montáží jsou výkresy podskupin, skupin a finálního výrobku, plán výroby a převážně technologické postupy včetně časových norem.

Z technicko-organizačního hlediska rozdělujeme montáže na stacionární a pohyblivé. **Stacionární montáž** se využívá především u velmi těžkých a rozměrných strojů. Montáž se provádí z jednotlivých součástí a na jednom místě. Při **pohyblivé montáži** se pohybují montované celky od jednoho pracoviště ke druhému ve smyslu technologické posloupnosti a montáže probíhají současně na všech pracovištích. Jednotlivá pracoviště však nejsou časově vyvážená, proto se pohyblivá montáž využívá především pro vícepředmětnou montáž. Podobnou montáží je i linková montáž. Nejdokonalejší formou pohyblivé montáže je **linková proudová montáž**. Linka je většinou jednopředmětná, s vysokým stupněm mechanizace práce a předem určenou kapacitou odváděných výrobků. Při projektování proudové montáže je nutno zpracovat podrobný časový rozbor technologie montáže, s cílem dosažení požadované synchronizace.

### 1.7.1 Uspořádání montážních pracovišť pro hromadnou výrobu drobných výrobků

Ruční montážní pracoviště musí být uspořádáno tak, aby pracovník mohl podávat co největší výkon při minimální námaze fyzické i psychické. Pracoviště řešíme do podrobností a využíváme kromě technických disciplín i vědomosti z oblasti ergonomie, psychologie, antropometrie, estetiky apod. Při navrhování těchto pracovišť řešíme horizontální i vertikální rozmístění všech komponentů, pomůcek, přípravků, apod. přičemž dodržujeme jistá pravidla: [3]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 30
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- uložení musí vyhovovat pořadí jejich použití při montáži
- uložení musí dbát na četnost použití a jejich hmotnost
- ukládáme podle pracovních úkonů levé a pravé ruky
- uložení součástí a náradí je vždy na stejném místě a v odpovídající pracovní zóně

Ergonomii a uspořádání pracoviště ruční montáže popisuje následující kapitola.

## 1.8 Ergonomie pracoviště ruční montáže

Jak bylo řečeno v minulé kapitole, aby pracovník mohl podávat co největší výkon při minimální fyzické i psychické námaze, musíme mu navrhnout takové pracovní místo, které bude mít pro jeho činnost ideální podmínky. Do těchto podmínek řadíme několik faktorů: [3]

- osvětlení
- záření
- hluk
- otřesy
- vibrace
- klimatické podmínky
- barevné řešení
- pracovní zatížení
- bezpečnost
- rozměrové řešení

Protože součástí diplomové práce je navrhnout uspořádání pracoviště ruční montáže, budu dále popisovat rozměrové řešení pracoviště.

Při návrhu pracoviště počítáme s určitou polohou, ve které bude práce vykonávána. Nejběžnější a nejpřirozenější polohou je stoj a sed. Z hygienického hlediska je sed výhodnější, protože je energeticky méně náročný a dolní končetiny nejsou trvale zatíženy. Přesto má poloha ve stoje některé výhody:[3]

- možnost střídání poloh
- větší dosah končetin
- větší síla
- větší bdělost
- možnost rychlého úniku
- možnost střídání pracoviště

Výhody sedu:

- menší energetická náročnost
- jemnější a přesnější pohyby
- odlehčení nohou
- větší soustředění
- při mikropauzách možnost odpočinku

Abychom mohli využít výhody z obou poloh, je vhodné, pokud to pracovní činnost dovoluje, vykonávat práci střídavě v poloze vsedě a vstoje. Pro tento typ práce jsou



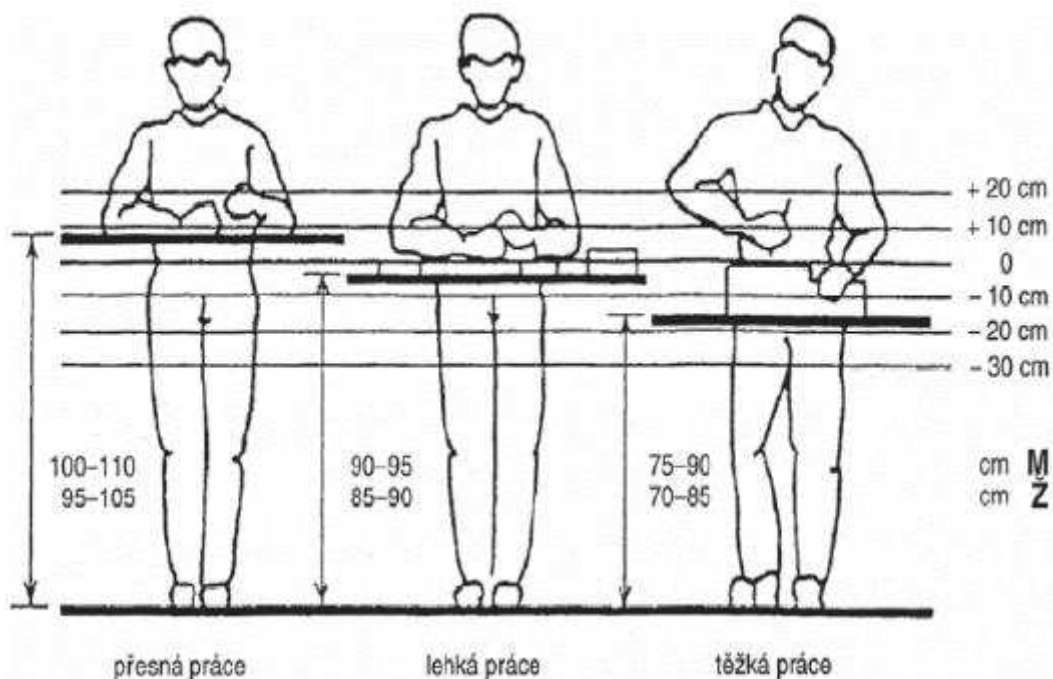
určena sedadla se zvýšeným sedem a opěrkou pro dolní končetiny. Sedací plocha takového sedadla by měla být polohovatelná v rozmezí 75-100 cm. Výška pracovní plochy je potom odvozena od práce ve stoje. [8]

### 1.8.1 Výška pracovní plochy

Výška pracovní plochy je určena především charakterem vykonávané práce:[8]

- obecně 5-10 cm pod úroveň loktů
- pro jemné práce 5-10 cm nad úroveň loktů
- pro manuální práce 10-15 cm pod úroveň loktů
- pro těžké práce 15-40cm pod úroveň loktů

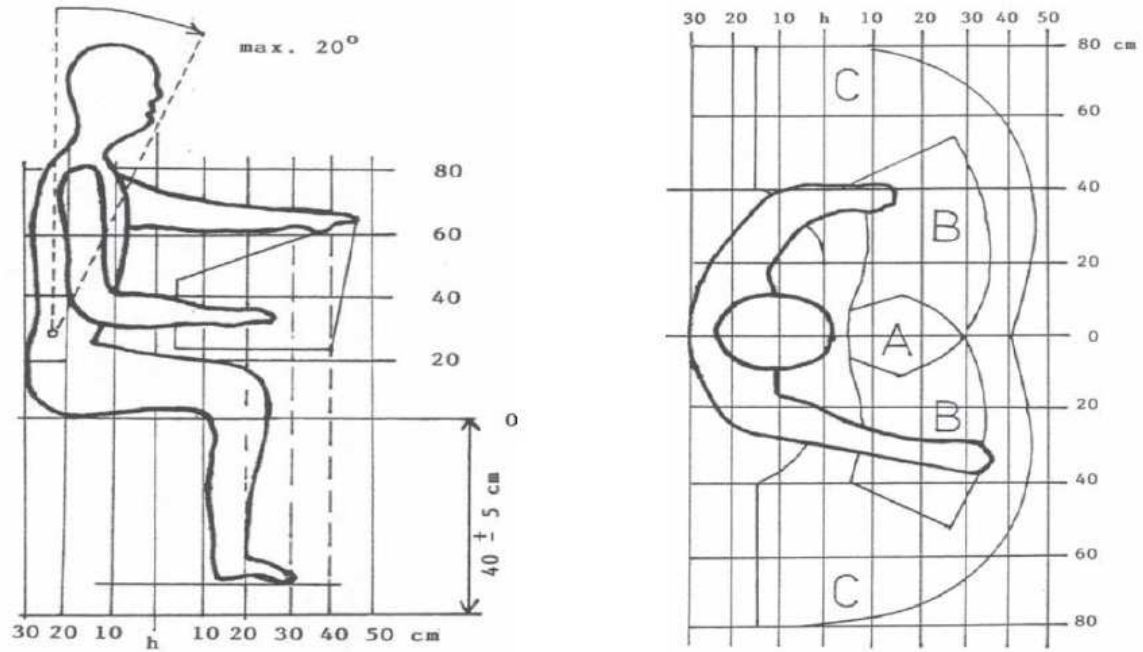
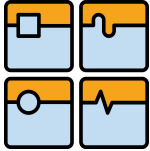
Na Obr. 1.13 jsou zobrazeny doporučené výšky pracovních ploch podle [8]. Jelikož jsou tyto výšky navrženy pro průměrného pracovníka, musíme odstranit antropometrické výškové rozdíly. To zajistíme regulovatelnou výškou pracovní plochy. Rozdíly při práci v sedě regulujeme výškově nastavitelným sedákem.



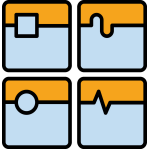
Obr. 1.13 Doporučované výšky pracovních ploch [8]

### 1.8.2 Uspořádání pracovního stolu

Uspořádání pracovního stolu by mělo být takové, aby všechny pracovní pohyby byly v takové míře a takovém rozsahu, při kterých nedochází k přetěžování používaných svalových skupin. Pokud se při montáži využívají obě ruce, je nutné zajistit vhodné rozmístění komponent a uspořádání pracoviště tak, aby bylo možné pracovat oběma rukama současně. Toho dosáhneme při dodržování předepsaných dosahů podle [9] nařízení vlády č. 361/2007 Sb. zobrazených na Obr. 1.14.



Obr. 1.14 Dosahy horních končetin na pracovním stole [9]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 33
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 2 SPOLEČNOST ASSA ABLOY Rychnov, s.r.o.

Svou diplomovou práci jsem zpracoval pro společnost:

ASSA ABLOY Rychnov, s.r.o., Strojnická 633, 516 01 Rychnov nad Kněžnou  
IČ: 27465454

Historie této společnosti sahá až do roku 1911, kdy byla založena pány Fáborským a Šedou. Podnik nesl název „Továrna na železné zboží Fáborský a Šeda, společnost s ručením omezeným“. Během padesátiletého vývoje byla firma znárodněna a několikrát přejmenována, až v roce 1969 dostala název FAB, n. p. I přesto, že společnost byla ještě do současnosti několikrát přejmenována, označení „fabka“, jak se jí lidově říká, firmě zůstalo. V roce 1997 se FAB, a.s. stala součástí nadnárodního zámkářského koncernu ASSA ABLOY AB se sídlem ve Švédsku. Značka výrobků FAB však byla zachována a celý sortiment této značky se vyrábí dodnes. V současné době vystupuje firma pod názvem ASSA ABLOY Rychnov, s.r.o.

Sortiment dveřního vybavení značky FAB:

- cylindrické vložky
- systémy generálního a hlavního klíče (SGHK)
- dveřní a podlahové zavírače
- paniková kování
- zadlabací zámky
- přídatné zámky
- visací a lankové zámky
- klíče
- průmyslové zámky
- bezpečnostní soupravy

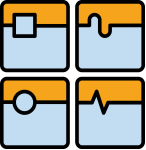
Společnost je držitelem certifikátu ISO 9001 a 14001.

Informace obsažené v této diplomové práci jsou duševním vlastnictvím společnosti ASSA ABLOY Rychnov, s.r.o.

## 3 VÝROBKY

Předmětem montážního pracoviště, pro něž je v rámci této DP zpracován projekt pro optimalizaci, jsou cylindrické vložky značky FAB. Ty se vyrábějí ve 4 řadách s různým profilem klíčového otvoru, v různých délkách a v různém stupni odolnosti proti násilným i nenásilným způsobům překonávání: [11]

- FAB 2000 – použití pro vchodové do rodinného domu a bytu
- FAB 1000 – použití pro vchodové dveře do ostatních prostor
- FAB 200 – použití pro vnitřní dveře se zabezpečením
- FAB 100 – použití pro vnitřní dveře bez zabezpečení

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Každá z těchto řad se dále vyrábí v jednostranné verzi (v označení je místo poslední nuly jednička) a verzi s knoflíkem (místo poslední nuly dvojka). Verze s knoflíkem může být jak oboustranná tak jednostranná. Protože konečných variant je obrovská řada, byly pro zpracování projektu vybrány následující zástupci:

- FAB 200 „standardní délky“ (tj. 29+29 mm, 29+35 mm a 35+35 mm) bez zabezpečení proti navrtání
- FAB 200 „standardní délky“ (tj. 29+29 mm, 29+35 mm a 35+35 mm) se zabezpečením proti navrtání
- FAB 200 „abnormální délky s 1+1 nastavcem“ bez zabezpečení proti navrtání
- FAB 200 „abnormální délky s 1+1 nastavcem“ se zabezpečením proti navrtání
- FAB 200 abnormální délky s 2+2 nastavci bez zabezpečení proti navrtání
- FAB 200 abnormální délky s 2+2 nastavci se zabezpečením proti navrtání
- FAB 201 „krátké – půlové“ (jednostranné) bez zabezpečení proti navrtání
- FAB 201 „krátké – půlové“ (jednostranné) se zabezpečením proti navrtání
- FAB 202 „krátké – knoflík“ (jednostranné) bez zabezpečení proti navrtání
- FAB 202 „krátké – knoflík“ (jednostranné) se zabezpečením proti navrtání

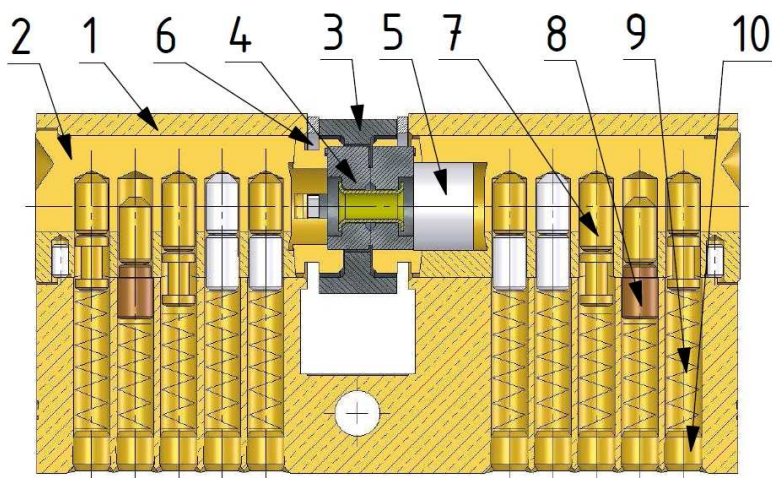
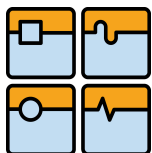
Montáž vybraných cylindrických vložek je z hlediska technologie montáže podobná, liší se však počtem prvků, jež daná varianta obsahuje a vzniká tak rozdílná časová náročnost. Popis sestavy smontovaných vložek a jejich rozdíly jsou popsány v následujících podkapitolách, postup montáže pak v následující kapitole.

### 3.1 FAB 200 „standardní délky“

Jde o nejběžnější typ vložky montované na řešeném montážní pracovišti. Skládá se z těchto základních komponent:

- těleso (1)
- bubínek (2)
- zub (3)
- spojka (4)
- váleček (5)
- pojistné kroužky (6)
- blokovací kolíky (7)
- stavítka (8)
- pružinky (9)
- zátky (10)

Na Obr. 3.1 je zobrazen řez vložkou včetně opozicování jednotlivých komponent.

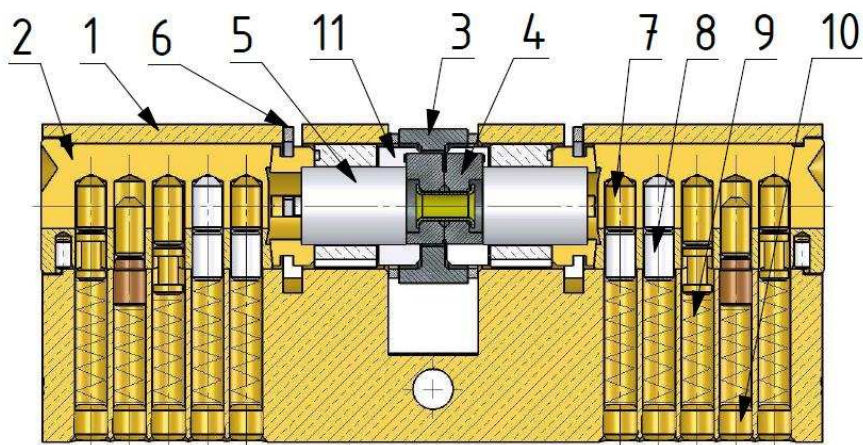


Obr. 3.1 Řez vložkou FAB 200 „standardní délky“

I když se v této skupině objevují tři velikosti vložek, považují se za jeden typ.

### 3.2 FAB 200 „abnormální délky s 1+1 nástavcem“

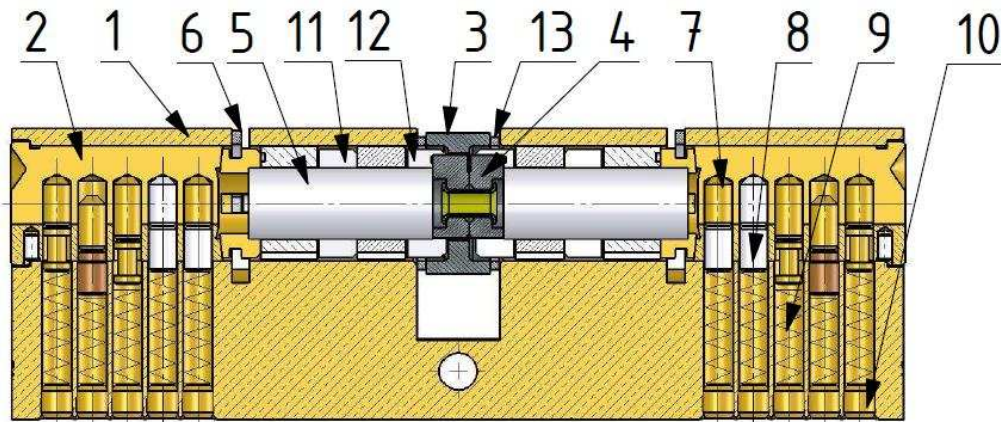
Jedná se o vložku délky 40+40 mm. Mimo základních komponentů jsou použity navíc nástavce (11), které zajišťují přenos krouticího momentu z klíče přes bubínek na spojku. (viz Obr. 3.2)



Obr. 3.2 Řez vložkou FAB 200 „abnormální délky s 1+1 nástavcem“

### 3.3 FAB 200 „abnormální délky s 2+2 nástavci“

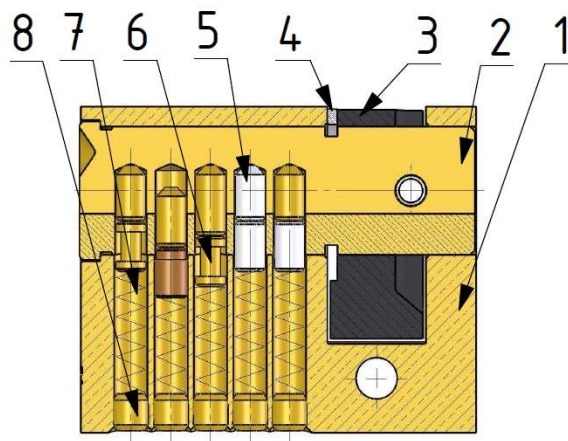
Jde o vložku podobné předcházející. Její délka je však 50+50 mm a místo jednoho páru nástavců obsahuje páru dva (11,12). (viz Obr. 3.3)



Obr. 3.3 Řez vložkou FAB 200 „abnormální délky s 2+2 nástavci“

### 3.4 FAB 201 „krátké – půlové“

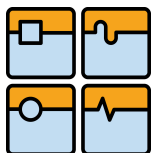
Tato vložka je nejjednodušším typem vložky, který se montuje na tomto pracovišti. Obsahuje poměrně malý počet komponentů (viz Obr. 3.4) a je tedy i časově nejméně náročná.



Obr. 3.4 Řez vložkou FAB 201 „krátké - půlové“

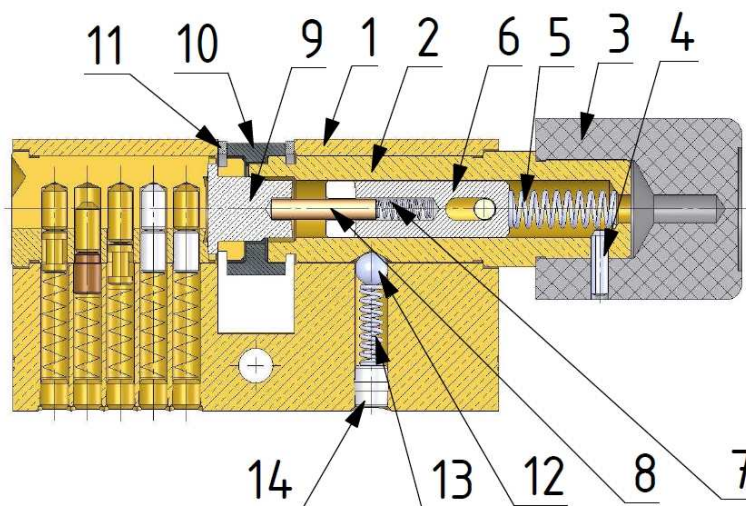
Skládá se z:

- těleso (1)
- bubínek (2)
- zub (3)
- pojistné kroužky (4)
- blokovací kolíky (5)
- stavítka (6)
- pružinky (7)
- zátky (8)



### 3.5 FAB 202 „krátké – knoflík

Verze s knoflíkem je nejsložitějším typem vložky. Jak lze vidět z Obr. 3.5, konstrukce knoflíku je poměrně složitá a na montáž tedy časově náročná.



Obr. 3.5 Řez vložkou FAB 202 „krátké - knoflík“

Vložka s knoflíkem je složena z těchto komponentů:

- těleso (1)
- bubínek (2)
- knoflík (3)
- kolík (4)
- pružinka (5)
- váleček (6)
- pružinka (7)
- tyčinka (8)
- spojka (9)
- zub (10)
- pojistný kroužek (11)

*Pozn. Na obrázku je uvedena vložka 29+29 knoflík, která není vybrána mezi zástupce pro řešení této práce. Pravá část vložky je však stejná pro všechny typy vložek. Vybraný zástupce se tedy skládá pouze z pravé části vyobrazené vložky.*

Všechny výše popsané vložky jsou dodávány se zabezpečením i bez zabezpečení proti navrtání. Útoky proti navrtání brání olověné jehly, které se vkládají během montáže do bubínku vložky. Jelikož jsou jehly relativně malé a díry pro ně poměrně přesné, montáž je tak náročnější a delší.

### 3.6 Procentuální složení výroby

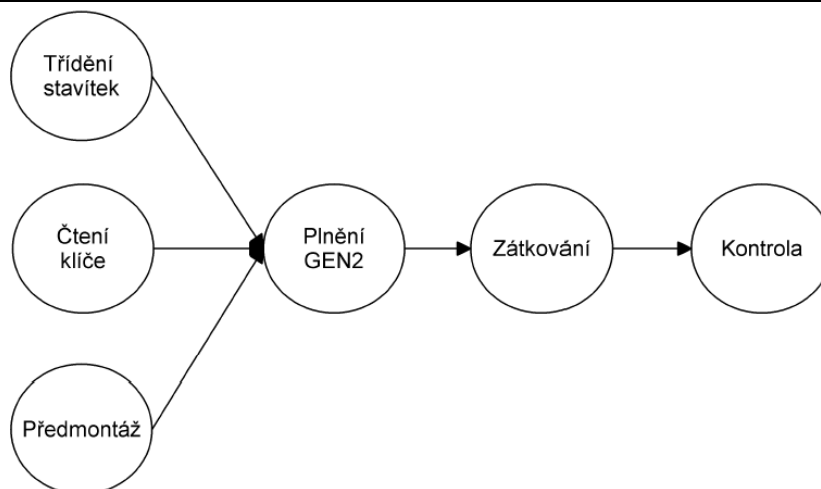
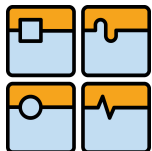
Poměr jednotlivých typů vložek ve výrobě zobrazuje následující jednoduchá tabulka. (Tab. 3.1)

Skupina vložek	Procento z celkové výroby (%)	Podíl vložek se zabezpečením (%)
FAB 200 STND	70	5
FAB 200 ABN 1+1 FAB 200 ABN 2+2	25	10
FAB 201 PŮL FAB 201 KNO	5	10

Tab. 3.1 Procentuální složení výroby

## 4 POSTUP MONTÁŽE

Montážní postup začíná načtením klíče pomocí speciálního čtecího zařízení a následným uspořádáním načtených klíčů na svazek. Pro tento účel je použit drát silnějšího průměru a na něm jsou navlečeny jednotlivé klíče v pořadí, v jakém byly načítány. Čtecí zařízení rozpozná hloubku drážky na klíči a podle něj vygeneruje kód, podle kterého jsou později vkládány stavítka. Mezitím jsou na ruční předmontáži vkládány základní komponenty do tělesa vložky. Tyto podsestavy jsou naskládány do bedny, na které se přesunují na další pracoviště. Zde jsou předmontované vložky naskládány na pořadač obsahující 15 pozic, což činí jednu výrobní dávku, která je dále vložena do automatického plnicího zařízení „pick and place“ GEN2 a do těchto podsestav se podle vygenerovaného kódu vkládají blokovací kolíky a stavítka. Naplněná tělesa se následně přesunou na další pracoviště, kde jsou za použití stroje vloženy pružinky a zazátkovány otvory v tělese a podle pořadí přiřazeny správné klíče. Operace plnění a zátkování jsou prováděny jedním operátorem. Zátkování probíhá v době, kdy je plnicí automat v provozu. Na posledním pracovišti se každá smontovaná vložka a každý klíč zkontroluje, a následně buď zabalí přímo na pracovišti, nebo se vyexpeduje na balicí linku. K zajištění dostačujícího počtu stavítek a blokovacích kolíků pro zařízení GEN2 je vyhrazena další operace, třídění stavítek, která je prováděna jedním volným operátorem. Na Obr. 4.1 je znázorněn precedenční diagram montáže cylindrických vložek.



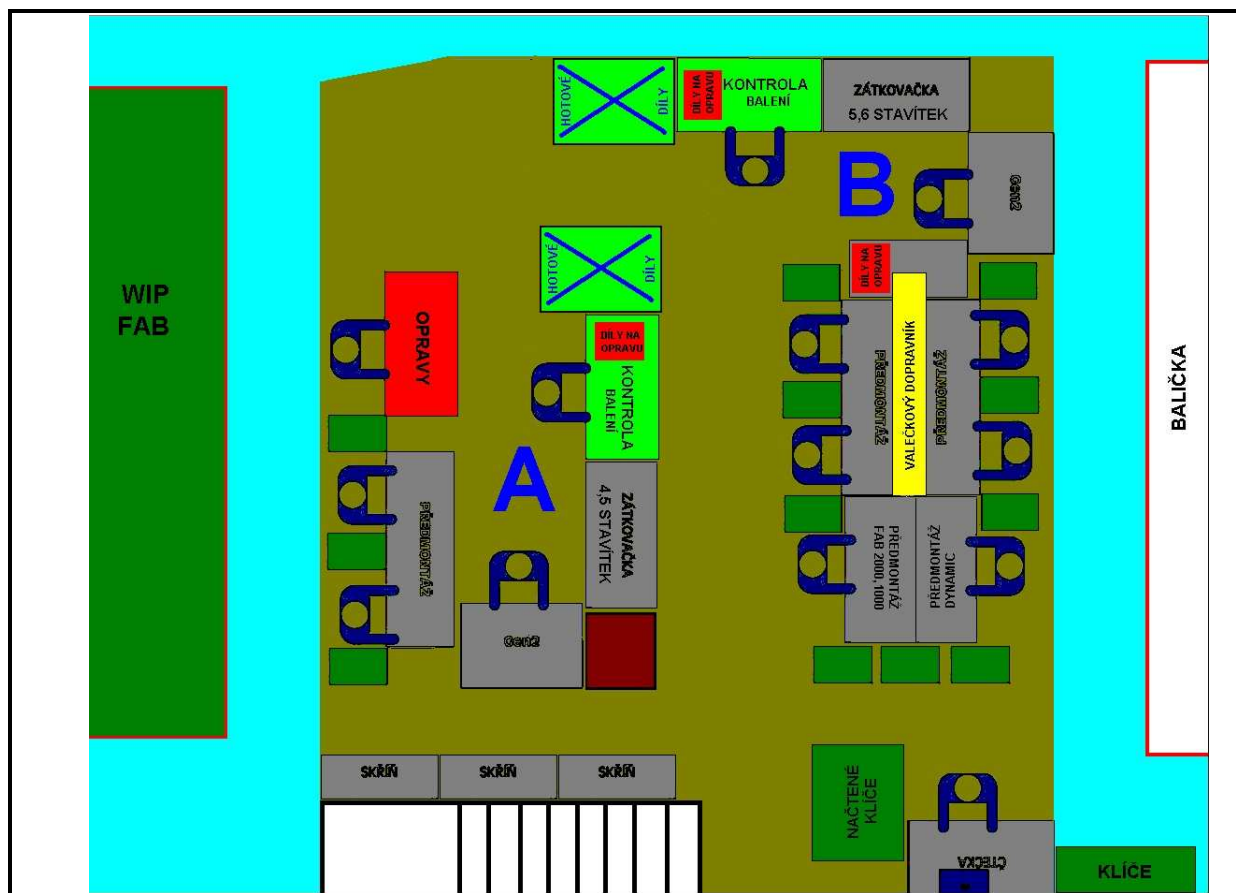
Obr. 4.1 Precedenční diagram postupu montáže cylindrických vložek

Sled operací:

1. načtení klíče
2. třídění stavítek
3. předmontáž
4. automatická montáž na GEN2
5. zátkování
6. kontrola

## 5 USPOŘÁDÁNÍ A STROJE

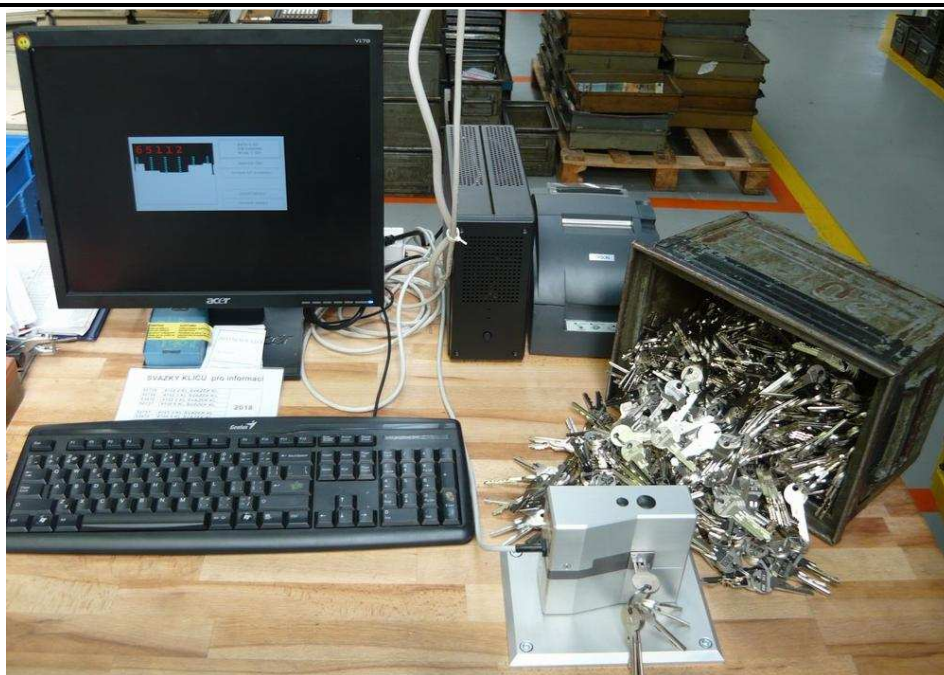
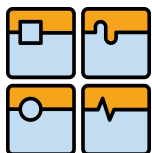
Pracoviště montáže je tvořeno dvěma buňkami, z nichž každá je složena z několika pracovišť ruční předmontáže, plnicího automatu GEN2, zátkovacího stroje a pracoviště kontroly. Pracoviště čtení klíče a třídění stavítek je společné pro obě buňky. Současné uspořádání je vidět na Obr. 5.1. Buňka A je navržena pro montáž vložek standardních délek a buňka B pro zbývající, a na ruční předmontáž složitější vložky.



Obr. 5.1 Současné uspořádání pracoviště montáže

## 5.1 Pracoviště čtení klíče

Toto společné pracoviště zásobuje obě buňky načtenými klíči a generuje kódy, podle kterých jsou později vkládány stavítka a blokovací kolíky. Samotné čtecí zařízení je poměrně jednoduché a nezabírá moc místa. Jak je vidět na Obr. 5.2, jde o malou „krabičku“ do které je vložen klíč a která je napojena na počítač s monitorem, na kterém jsou zobrazeny velikosti potřebných stavítek. Zároveň je tato informace uložena a přístupná k nahrání do softwaru plnicího zařízení GEN2. Načtené klíče jsou uspořádány ve svazku, v němž se přesunou na pracoviště zátkování.



Obr. 5.2 Pracoviště čtení klíčů

Rozměr pracoviště: 750 x 750 mm

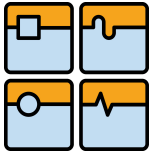
## 5.2 Pracoviště předmontáže

Na Obr. 5.3 je znázorněno typické pracoviště ruční předmontáže. Zásobníky komponentů ani přípravek nemají své pevné místo a každý operátor si je poskládá podle sebe. Často tak dochází k tomu, že komponenty nejsou na dosah a operátor se pro ně musí naklánět, nebo natačēt, což je z hlediska ergonomie pro tak často se opakující práci nevyhovující.



Obr. 5.3 Typické pracoviště ruční předmontáže

Rozměr:pracoviště: 750 x 750 mm



### 5.3 Zařízení „pick and place“ GEN2

Jde o automatický stroj, který s velkou rychlostí vkládá blokovací kolíky a stavítka do těles vložek. Stavítka a blokovací kolíky jsou uloženy v zásobnících, které mají své pevné místo. Podle kódu vygenerovaného na čtečce klíčů vezme automat příslušné stavítko a vloží jej do správného otvoru ve vložce. Udávaná rychlost plnění je 1 sekunda na 1 prvek. (Obr. 5.4)



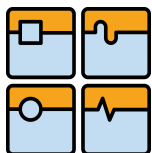
Obr. 5.4 Plnicí stroj „pick and place“ GEN2

Rozměr: 1248 x 878

Rychlost: 1 sec / 1 prvek

### 5.4 Zátkovací stroj

Tento poloautomatický jednoúčelový stroj vkládá do otvorů v tělese vložky jednu sadu pružinek a následně otvor na pevně zazátkuje. Operátor vloží jednu stranu vložky do stroje, zastrčí klíč a spustí stroj, ten během pár sekund vloží pružinky a otvor zazátkuje. Potom operátor vloží druhou stranu vložky a proces zopakuje. Kompletní vložku odloží na odkládací prostor, odkud se vložky dále přesouvají na kontrolu. (Obr. 5.5)



Obr. 5.5 Jednoučelový zátkovací stroj

Rozměr: 1000 x 600

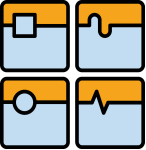
## 5.5 Pracoviště kontroly

Na tomto posledním pracovišti se zkontroluje funkčnost celé vložky a všech (většinou 3) klíčů. Zkontrolované vložky jsou naskládány do bedny a v těchto bednách se přesouvají na balící linku.

Rozměr: 1500 x 750 mm

## 6 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Na Obr. 5.1 uvedeném v kapitole 5 je zobrazen layout stávajícího pracoviště montáže cylindrických vložek. Jak je z obrázku patrné, je zde využit poměrně velký počet operátorů. Jejich počty a rozmístění jsou podle starého způsobu montáže, který byl závislý na rychlosti plnění stavítek a blokovacích kolíků do tělesa vložky prováděné starším a hlavně pomalejším plnicím automatem. Při nasazení automatu GEN2 se rychlost plnění zrychlila a došlo k nevyvážení předmontáže s plněním a k nerovnoměrnému využití operátorů. Díky nevyváženosti výroby vzniká velká rozpracovanost výroby, a aby byli právě nevyužití operátoři vytíženi, montují tzv. „dopředu“. To má samozřejmě vliv na zásobování, tok materiálů a především na plánování a řízení zásobování a vlastní montáže. Aby při horším plánování a špatném zásobování bylo k dispozici dostatek komponentů potřebných pro montáž, je nutnost navýšit skladové zásoby, které jednak zabírají prostor, ale vedení vysokých skladových zásob je především drahé. Dalším „problémem“ může být ne

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 44
	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

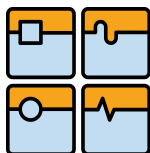
zcela vhodné rozmístění pracovišť mezi sebou a vzhledem k vstupnímu zásobníku. Z ergonomického hlediska nejsou všechna pracoviště zcela vyhovující, zejména předmontážní pracoviště, kde vstupní komponenty nemají přesně definované pozice a mohou tak být zcela mimo dosah operátora. Celý montážní postup bývá také ovlivněn poruchami, které vznikají především na plnicím automatu a zátkovacím stroji, ale také kvalitou dodávaných komponentů, která není zrovna vysoká. Při použití nekvalitního komponentu dochází k zaseknutí vložky a následná oprava zvyšuje čas celé montáže.

Pro lepší přehlednost je zde uveden stávající stav v odrážkách:

- vysoký počet operátorů a jejich nerovnoměrné využití
- neuspořádané pracoviště předmontáže
- nevyváženost výroby
- vysoká rozpracovanost
- velké skladové zásoby
- špatné zásobování
- špatná kvalita dodávaných komponentů

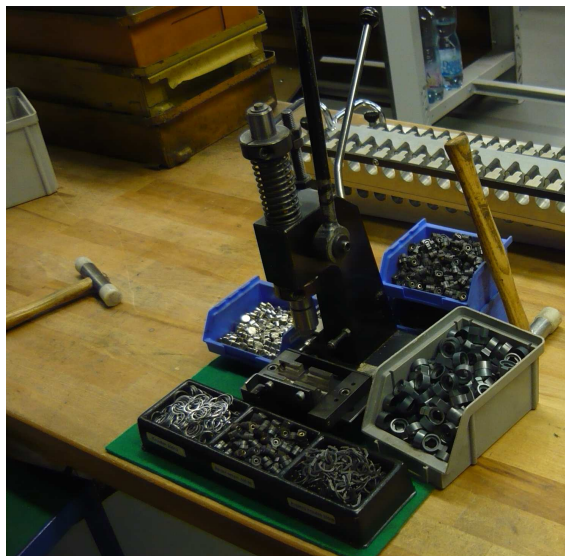
## **7 PŘEDMĚT A CÍLE PRÁCE**

Předmětem optimalizace je pracoviště předmontáže cylindrických vložek značky FAB. Cílem této diplomové práce je navrhnout vhodné pracoviště ruční předmontáže, které by vyhovovalo ergonomickým požadavkům, optimalizovat technologické časy montáže v závislosti na její technologii, navrhnout uspořádání všech pracovišť s důrazem na minimalizaci časových ztrát a vytvořit kapacitní propočty celého, ale i jednotlivého montážního pracoviště. Dále stanovit optimální skladovou zásobu vstupních komponentů a určit maximální rozpracovanost.



## 8 NÁVRH PRACOVIŠTĚ PŘEDMONTÁŽE

Při současné předmontáži jsou využívány 3 technologie montáže. Dvě výhradně ruční s použitím speciálního přípravku (viz Obr. 8.1) na zajištění pojistných kroužků a jedna poloautomatická, kde se na vkládání a zajišťování pojistných kroužků používá poloautomat zobrazený na Obr. 8.2.

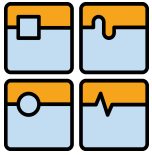


Obr. 8.1 Přípravek pro ruční předmontáž vložek



Obr. 8.2 Poloautomat pro ruční předmontáž

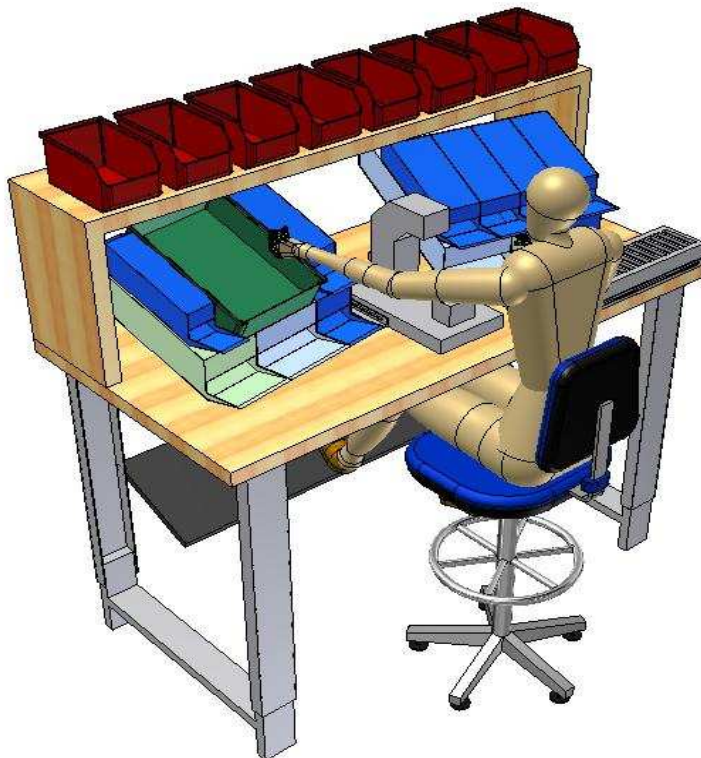
Z pozorování a zběžných měření bylo zjištěno, že časy jsou téměř totožné a na celkový čas předmontáže nemá technologie montáže příliš velký vliv. Na poloautomatu bývá dosahováno větší produktivity spíše díky psychologickému efektu, protože daná norma na tomto pracovišti je vyšší než na ruční předmontáži. Protože poloautomat tvoří v podstatě jeden celek a zásahy do něj by byly složitější, ale také z důvodu neuspořádání ručních předmontážních pracovišť, hlavním předmětem je návrh ručního pracoviště, jak z hlediska uspořádání, tak z hlediska ergonomického.



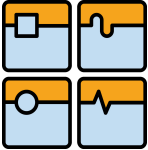
Při tak často opakované činnosti jakou je ruční montáž cylindrických vložek, je třeba dbát na pohodlí zaměstnanců. Je tedy nutné zajistit takové podmínky, které nebudou zdraví nebezpečné a které umožní zaměstnanci podat co nejvyšší výkon. Za jedno z nejdůležitějších kritérií se považuje pracovní poloha. Základní polohou při práci je stoj a sed, obojí má své výhody i nevýhody. Nejvýhodnější je, tyto polohy střídát. K tomu slouží sedadla se zvýšenou a výškově regulovatelnou sedací plochou a s možností opření dolních končetin. Výška pracovní roviny je odvozena od požadavků pro práci vstoje. Dále je třeba zajistit volný prostor pro nohy a výškově nastavitelnou opěrku nohou. [8]

Rozmístění zásobníků s komponenty je navrženo tak, aby splňovalo podmínky dosahu rukou bez nutnosti změny základní pracovní polohy – mírného předklánění, natáčení trupu atd. (viz Kapitola 1.8) Poloha komponentů je určena podle četnosti použití. Nejvíce používané komponenty jsou blíže ke středu a komponenty používané pouze pro některé typy vložek jsou umístěny nejdál od přípravku. Součástky, které se montují v jednom pracovním kroku současně, jsou umístěny každá na jiné straně, aby mohly být uchopeny téměř současně oběma rukama bez natáčení trupu.

Na Obr. 8.3 je zobrazen konečný návrh pracoviště, v příloze 3 detailní výkres návrhu.



Obr. 8.3 Návrh pracoviště ruční předmontáže

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 9 STANDARDIZACE

Pro potřeby dalších návrhů je nutné zjistit časovou náročnost jednotlivých typů montovaných vložek. Pro tento účel byla použita metoda MOST. Všechny tyto časové normy jsou platné za dodržení následujících podmínek:

- komponenty jsou v zásobnících na pracovišti
- stav vstupních komponent je bez vad

### 9.1 Norma vložky FAB 200 „standardních délek“

Montážní postup rozčleněný na pracovní kroky u tohoto typu vložky je následující:

1. vzít těleso z bedny a vložit jej do přípravku,
2. uchopit zub,
3. vzít 1. bubínek a ustavit jej společně se zubem do tělesa,
4. uchopit 2. Bubínek,
5. vzít váleček a nasadit jej na bubínek (2x),
6. ustavit podsestavy obou bubínků do tělesa,
7. vzít a nasadit pojistné kroužky na těleso (2x,)
8. pákou na přípravku zajistit pojistné kroužky,
9. přemístit smontovanou vložku na odkládací prostor.

Tento postup je zapsán a vyhodnocen ve formuláři MOST (příloha 4). Čistý čas potřebný pro tuto operaci podle výše uvedeného postupu je 600 TMU, což je 21,6 sekund. Pro smontování celé výrobní dávky, která činí 15ks je podle formuláře MOST (příloha 5) a přičtení 10% časové rezervy **6,1 minut**. Podle zkušeností je tento čas reálný.

#### 9.1.1 Norma vložky FAB 200 „standardních délek“ se zabezpečením

Montážní postup u vložek se zabezpečením je téměř stejný jako u běžného typu. Ke stávajícím pracovním krokům přibude pouze další krok, který bude proveden 3krát. Konkrétně je to: (příloha 6 a 7)

- vzít jehlu a zastrčit ji do otvoru v bubínku (3x)

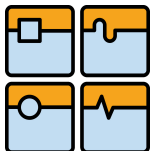
Čas potřebný pro smontování jedné vložky se tak zvýší na 950 TMU (34,2 sekund) a celkový čas operace na **9,6 minut**.

*Pozn. Ve formulářích MOST je krok týkající se vložek se zabezpečením vyznačen světle červenou barvou.*

### 9.2 Norma vložky FAB 200 „abnormální délky s 1+1 nástavcem“

Při délce jedné strany vložky větší než 35 mm se používá stejný bubínek, ale je prodloužen o nástavec, který přenáší krouticí moment přes spojku na zub. Sled pracovních kroků je potom následující: (příloha 8)

1. vzít těleso z bedny a vložit jej do přípravku,
2. uchopit zub,
3. vzít kroužek a se zubem nasadit do tělesa,



4. vzít kroužek a nasadit jej do tělesa vedle zubu,
5. uchopit bubínek (2x),
6. vzít a nasadit váleček na bubínek (2x),
7. vzít nástavec a nasadit jej na váleček (2x),
8. vzít a nasadit spojku na nástavec,
9. vložit podsestavu (5,6,7,8) do tělesa,
10. vložit podsestavu (4,5,6) do tělesa a ustavit (pečlivě),
11. uchopit těleso (mezi palec a ukazováček),
12. vzít klíč a zastrčit jej do bubínku (2x),
13. těleso vložit do přípravku,
14. vzít a vložit pojistný kroužek (2x),
15. zajistit pojistný kroužek (2x),
16. otočit těleso,
17. odložit vložku do zásobníku.

Jak je vidět z postupu, pracovních kroků je téměř dvojnásobně a potřebný čas pro jednu vložku se zvýšil na 990 TMU (35,6 sekund). Celkový čas operace pro celou dávku je **10 minut.** (příloha 9)

#### **9.2.1 Norma vložky FAB 200 „abnormální délky s 1+1 nástavcem“ se zabezpečením**

Stejně jako v případě předešlé vložky se zabezpečením, ke stávajícím krokům přibude další.

Čas potřebný pro jednu vložku činí 1450 TMU, což je 52,2 sekund. Celkový čas pro operaci je potom **14,5 minut.** (příloha 10 a 11)

#### **9.3 Norma vložky FAB 200 „abnormální délky s 2+2 nástavci“**

Pracovní postup u těchto vložek je stejný jako u předešlého typu, akorát krok č. 7 se opakuje 4krát, protože k prodloužení bubínku se používají dva nástavce na každé straně. (příloha 12)

Výsledný čas pro jednu vložku je potom 1110 TMU (40 sekund). Pro celou operaci **11,2 minut.** (příloha 13)

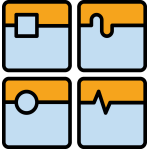
#### **9.3.1 Norma vložky FAB 200 „abnormální délky s 2+2 nástavci“ se zabezpečením**

Čas potřebný pro jednu vložku je 1570 TMU, což je 56,5 sekund. Celkový čas pro operaci je potom **15,7 minut.** (viz příloha 14 a 15)

#### **9.4 Norma vložky FAB 201 „krátké – půlové“**

U těchto vložek je pracovní postup nejjednodušší a nejrychlejší. Vložka se skládá oproti ostatním z poměrně málo komponentů. Pracovní postup: (příloha 16)

1. vzít těleso z bedny a vložit jej do přípravku,
2. uchopit zub,
3. vzít bubínek a ustavit se zubem do tělesa,

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 49
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

4. vzít a nasadit pojistný kroužek na těleso,
5. pákou na přípravku zajistit pojistný kroužek,
6. přemístění předmontované vložky do zásobníku na 15ks.

Při tak malém počtu kroků je potřebný čas 330 TMU (11,9 sekund). Celkový čas pro operace je **3,4 minut.** (příloha 17)

#### 9.4.1 Norma vložky FAB 201 „krátké – půlové“ se zabezpečením

Tak jako v předchozích případech, do postupu je přidána navíc jedna operace a čas je potom 24,5 sekund (680 TMU). Pro celou dávku je čas **6 minut.** (Příloha 18 a 19)

### 9.5 Norma vložky FAB 202 „knoflík“

Cylindrické vložky s knoflíkem jsou svojí konstrukcí nejnáročnější na montáž. Protože montáž knoflíku vyžaduje stolní vrtačku a další speciální přípravek, čas celkové montáže je velice dlouhý a několikrát přesahuje takt linky, je zapotřebí rozdělit montáž na dvě pracoviště. (Příloha 20)

#### 9.5.1 Pracoviště přípravy knoflíku

Příprava knoflíku pro další montáž spočívá v:

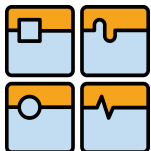
1. vzít bubínek a nasadit jej do přípravku,
2. vzít knoflík a nasadit jej na bubínek,
3. zajistit bubínek s knoflíkem v přípravku,
4. vyvrtat otvor,
5. povolit přípravek,
6. vyjmout bubínek s knoflíkem a nasadit jej do přípravku pro zkolíkovaní,
7. vzít kolík a zastrčit jej do knoflíku,
8. zkolíkovat,
9. vyjmout sestavu z přípravku a odložit jej do přepravní bedny.

Čas pro přípravu podle metody MOST je 28 sekund na jednu vložku. Pro celou dávku **7,9 minut.** (příloha 21)

#### 9.5.2 Předmontáž

Předmontáž vložek s knoflíkem probíhá podle následujícího postupu: (příloha 22)

1. vzít váleček,
2. vzít pružinku a zastrčit ji do válečku,
3. vzít z bedny knoflík s bubínkem a do něj vložit váleček,
4. podsestavu nasadit na přípravek a ustavit,
5. vzít kolík a zastrčit kolík do podsestavy,
6. uchopit těleso a vložit jej do přípravku,
7. vzít bubínek,
8. vzít spojku a nasadit ji na bubínek,
9. vzít tyčinku a nasadit ji na spojku,
10. vzít zub,
11. zub a bubínek vložit do tělesa a pečlivě ustavit,



12. vzít a nasadit pojistný kroužek (2x),
13. zajistit pojistný kroužek (2x),
14. vzít podsestavu knoflíku a pečlivě ji vložit do tělesa a ustavit,
15. odložit předmontovanou vložku do zásobníku na 15ks.

Čas pro montáž je podle MOSTu 32,4 sekund a pro celou dávku **9,1 minut**. (příloha 23)

### 9.5.3 Předmontáž knoflíku se zabezpečením

Přípravné pracoviště je stejné jako u vložek bez zabezpečení, opět v předmontáži přibude jedna operace. Čas je potom 40 sekund na jednu vložku a **11,2 minut** na celou dávku. (příloha 24 a 25)

## 9.6 Obsluha GEN2

Obsluha automatu GEN2 se skládá z těchto pracovních kroků: (příloha 26)

1. otevřít víko GEN2,
2. odebrat vložky z GEN2,
3. vzít předmontovanou vložku a vložit ji do palety (15x),
4. zajistit vložky v paletě,
5. vzít paletu a vložit ji do GEN2,
6. zavřít víko,
7. nastavit plnění a spustit automat.

Pro těchto pět kroků vychází čas i s manipulační rezervou na 40,68 sekund. Čistý čas plnění pro oboustranné vložky je 5 minut podle vzorce:

$$t_{\text{GEN2}} = \frac{t_p i_p i_v}{60} = \frac{1 \cdot 20 \cdot 15}{60} = 5 \text{ min}$$

kde:  $t_p$  čas plnění 1 prvku [s]  
 $i_p$  počet prvků [ks]  
 $i_v$  počet vložek v dávce [ks]

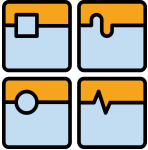
Pro jednostranné vložky je čas poloviční, tedy 2,5 minuty. Po přičtení strojní rezervy 25% a času pro manipulaci, kterou jsem pomocí metody MOST stanovil na 45 sekund, je časová norma pro pracoviště GEN2 **7,4 minut** pro oboustranné vložky a **4,1 minut** pro jednostranné vložky.

## 9.7 Pracoviště zátkování

Obsluha zátkovacího poloautomatu provádí následující pracovní kroky: (příloha 27)

Pro oboustranné vložky:

1. vzít vložku ze zásobníku,
2. vzít klíč a zastrčit do vložky,
3. vložit vložku do zátkovačky,
4. spustit zátkovačku,

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 51
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5. vyjmout vložku,
6. vytáhnout klíč,
7. otočit vložku a zastrčit klíč,
8. vložit vložku do zátkovačky,
9. spustit zátkovačku,
10. vyjmout vložku a odložit do bedny.

Pro jednostranné vložky: (příloha 28)

1. vzít vložku ze zásobníku,
2. vzít klíč a zastrčit do vložky,
3. vložit vložku do zátkovačky,
4. spustit zátkovačku,
5. vyjmout vložku a odložit jí do bedny.

Čistý čas pro 1 kus vložky je 14,4 sekund pro oboustranné a 7,9 sekund pro jednostranné vložky. Pro celou dávku včetně započítání manipulačních a strojových ztrát **5,5 minuty** pro oboustranné a **3,1 minuty** pro jednostranné vložky. (příloha 29 a 30)

## 9.8 Kontrola

Na tomto posledním pracovišti se vložky a klíče před zabalením zkontrolují podle následujícího postupu:

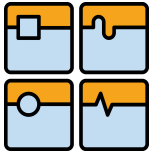
1. vzít vložku z bedny,
2. vzít klíč (3x),
3. zastrčit klíč do vložky,
4. otočit klíčem (6x),
5. vystrčit klíč (6x),
6. otočit v ruce vložku (3x)
7. položit klíč a vložit vložku do bedny.

Normovaný čas pro jednu dávku vložek oboustranné činí **2,8 minut** a pro jednostranné vložky **1,9 minut**. (příloha 31 a 32)

## 9.9 Tabulka normočasů

V tabulce uvedené v příloze 33 jsou zobrazeny normované časy pro každou operaci všech typů vložek. Další návrhy vychází z těchto časů.

*Pozn.: Před předmontáž knoflíku je operace přípravy, která má čas 7,9 minut na dávku.*



## 10 KAPACITNÍ PROPOČTY

Protože pracoviště montáže je rozděleno do dvou buněk, které jsou vlastně dvě nezávislé linky, kapacitní propočty budu počítat podle kapacitních propočtů linek.

Požadovaný objem výroby každé buňky: 800-850 ks/směna

Směna: 8 hod (480 minut)

Přestávky: 10+30 minut (40 minut)

### 10.1 Výpočet minimální dávky

Vzorec pro výpočet minimální dávky metodou *kapacitního přístupu* podle [2] je:

$$d_v = \frac{t_{pz}}{at_k}$$

Kde:  $t_{pz}$  čas přípravy a zakončení [s]

$a$  koeficient (pro součásti vyráběné na automatech je 0,1)

$t_k$  operační – kusový čas [s]

Minimální dávka je:

$$d_v = \frac{t_{pz}}{at_k} = \frac{30}{0,1 \cdot 20} = 15 \text{ ks}$$

### 10.2 Takt linky

Základním parametrem při navrhování linek je tzv. takt, ten lze podle [3] vypočítat z požadovaného výkonu směny dle:

$$t = \frac{T_s - T_z}{N_s}$$

kde:  $T_s$  čas směny [min]

$T_z$  ztrátové časy [min]

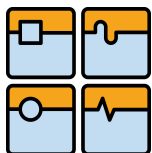
$N_s$  počet výrobků vyrobených ve směně [ks]

Protože montáž probíhá v dávkách po 15 ks, bude počet výrobků znamenat počet vyrobených dávek:

$$N_{sd} = \frac{N_s}{15} = \frac{850}{15} = 56,6 \Rightarrow 57 \text{ dávek}$$

Takt linky je tedy:

$$t = \frac{T_s - T_z}{N_{sd}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{57} = 7,719 \Rightarrow 7,7 \text{ min}$$



### 10.3 Teoretický počet pracovišť pro jednu operaci

Teoretický počet pracovišť pro každou operaci se pak stanoví:

$$P_{th} = \frac{t_k}{t}$$

Kde se za  $t_k$  dosazuje vlastní čas operace. Výsledky tohoto výpočtu jsou uvedeny v tabulce v příloze 34.

*Pozn. Pro zkrácení názvů vložek jsou použity zkratky. (STND – standardní vložka, ABN – abnormality, PUL – půlové, KNO – knoflík). Písmeno „B“ značí vložku se zabezpečením.*

### 10.4 Teoreticky nejmenší počet stanic

Teoreticky nejmenší počet stanic (pracovišť) se určí podle vzorce:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \sum_i^n t_{ki}$$

kde:  $t_{ki}$  vlastní čas každé operace [min]

Pro každý typ vložky je teoreticky nejmenší počet stanic:

FAB 200 STND:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \sum_i^n t_{ki} = \frac{1}{7,7} \cdot (1,1 + 1,6 + 6,1 + 7,4 + 5,5 + 2,8) = 3,19 \Rightarrow 4$$

FAB 200 STND „B“:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \sum_i^n t_{ki} = \frac{1}{7,7} \cdot (1,1 + 1,6 + 9,6 + 7,4 + 5,5 + 2,8) = 3,64 \Rightarrow 4$$

FAB 200 ABN 1+1:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \sum_i^n t_{ki} = \frac{1}{7,7} \cdot (1,1 + 1,6 + 10 + 7,4 + 5,5 + 2,8) = 3,69 \Rightarrow 4$$

FAB 200 ABN 1+1 „B“:

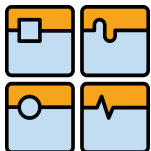
$$k = \frac{1}{t} \cdot \sum_i^n t_{ki} = \frac{1}{7,7} \cdot (1,1 + 1,6 + 14,5 + 7,4 + 5,5 + 2,8) = 4,28 \Rightarrow 5$$

FAB 200 ABN 2+2 :

$$k = \frac{1}{t} \cdot \sum_i^n t_{ki} = \frac{1}{7,7} \cdot (1,1 + 1,6 + 11,2 + 7,4 + 5,5 + 2,8) = 3,85 \Rightarrow 4$$

FAB 200 ABN 2+2 „B“ :

$$k = \frac{1}{t} \cdot \sum_i^n t_{ki} = \frac{1}{7,7} \cdot (1,1 + 1,6 + 15,7 + 7,4 + 5,5 + 2,8) = 4,43 \Rightarrow 5$$



FAB 201 PŮL :

$$k = \frac{1}{t} \cdot \sum_i^n t_{ki} = \frac{1}{7,7} \cdot (1,1 + 1,6 + 3,4 + 4,1 + 3,1 + 1,9) = 1,98 \Rightarrow 2$$

FAB 201 PŮL „B“ :

$$k = \frac{1}{t} \cdot \sum_i^n t_{ki} = \frac{1}{7,7} \cdot (1,1 + 1,6 + 6 + 4,1 + 3,1 + 1,9) = 2,31 \Rightarrow 3$$

FAB 201 KNO :

$$k = \frac{1}{t} \cdot \sum_i^n t_{ki} = \frac{1}{7,7} \cdot (1,1 + 1,6 + 9,1 + 4,1 + 3,1 + 1,9) = 2,71 \Rightarrow 3$$

FAB 201 KNO „B“ :

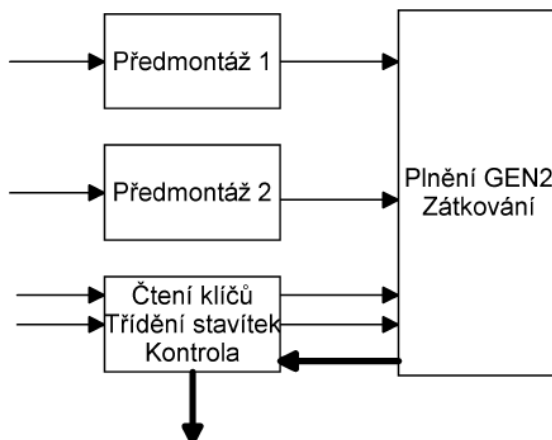
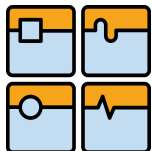
$$k = \frac{1}{t} \cdot \sum_i^n t_{ki} = \frac{1}{7,7} \cdot (1,1 + 1,6 + 11,2 + 4,1 + 3,1 + 1,9) = 2,98 \Rightarrow 3$$

Z výsledků je vidět, že teoreticky nejmenší počet pracovišť se pohybuje v rozmezí od 2 do 5 stanic. Protože časy operací třídění stavítek (označena jako operace a), čtení klíče (operace b) a kontrola (operace f) jsou poměrně malé, bude tedy vhodné sloučit několik operací na jedno pracoviště. Obsluha stroje GEN2 provádějícího operaci automatická montáž (operace d) je také časově nenáročná, (viz Kapitola 9.6), a je tedy též sloučena s jiným pracovištěm. Z toho vyplývá, že existuje několik možností uspořádání a tedy i skutečný celkový počet pracovišť.

## 10.5 Varianta A

Toto uspořádání vychází z původního rozmístění. Je složeno z 3-4 pracovišť a vyžaduje 3-4 operátory:

- 1. pracoviště – ruční předmontáž (podle potřeby zdvojené) – 1-2 operátoři
- 2. pracoviště – automatická montáž GEN2 a zátkování – 1 operátor
- 3. pracoviště – čtení klíčů, třídění stavítek, kontrola (toto pracoviště je společné pro obě buňky) – 1 operátor

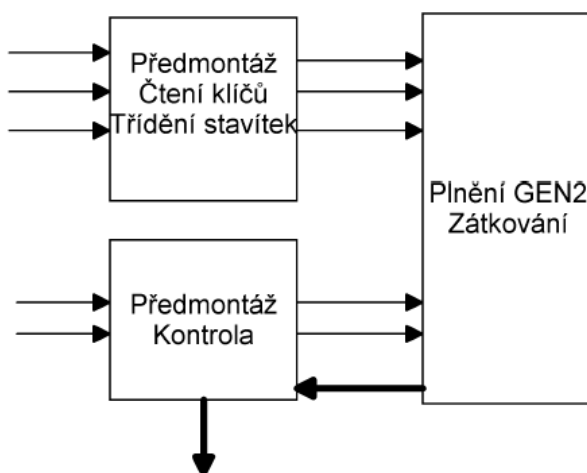


Obr. 10.1 Schéma uspořádání varianty A

## 10.6 Varianta B

Toto je uspořádání orientované na co nejmenší počet operátorů. Zbývající čas na pracovištích ruční předmontáže, je vyplněn dalšími operacemi, jako třídění stavítek apod.

- 1. pracoviště- ruční předmontáž, čtení klíčů a třídění stavítek – 1 operátor
- 2. pracoviště - automatická montáž GEN2 a zátkování – 1 operátor
- 3. pracoviště – ruční předmontáž a kontrola – 1 operátor



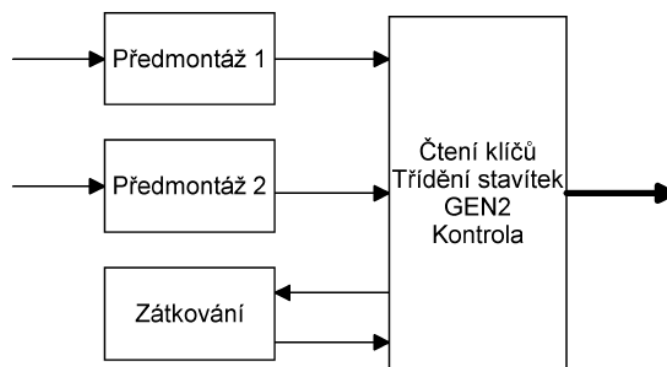
Obr. 10.2 Schéma uspořádání varianty B



### 10.7 Varianta C

Uspořádání podobné jako ve variantě A, akorát pracoviště automatické montáže GEN2 a zátkování je rozděleno na 2 samostatné pracoviště.

1. pracoviště - ruční předmontáž (podle potřeby zdvojené) – 1-2 operátoři
2. pracoviště - automatická montáž GEN2, třídění stavítek, čtení klíčů a kontrola – 1 operátor
3. pracoviště – zátkování – 1 operátor



Obr. 10.3 Schéma uspořádání varianty C

### 10.8 Celkový čas potřebný pro výrobu jedné dávky

Každá výše uvedená varianta počítá se třemi pracovišti, z nichž jedno je zdvojené: Celkový čas potřebný pro výrobu jedné dávky lze určit vztahem:

$$T_c = nt$$

kde  $T_c$  celkový čas výroby dávky na lince [min]  
 $n$  počet pracovišť linky

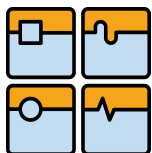
$$T_c = nt = 3 \cdot 7,7 = 23,1 \text{ min}$$

### 10.9 Celková průběžná doba výroby jedné konkrétní dávky

Celkovou průběžnou dobou výroby rozumíme časový úsek od první operace až do okamžiku odvedení výrobku z výroby. Do tohoto časového úseky patří všechny dílčí časy, technologické, netechnologické, ale i přerušení, jak to vyžaduje postupné plnění sledu jednotlivých operací, rozmístění jednotlivých pracovišť, organizace výrobního procesu. Průběžnou dobu výroby jedné dávky určíme podle vztahu:

$$T_p = (n + n_z)t$$

kde  $T_p$  průběžná doba výroby dávky na lince [min]  
 $n$  počet pracovišť  
 $n_z$  předpokládaný počet dávek v mezioperačním zásobníku [ks]



tedy:

$$T_p = (n + n_z) \cdot t = (3 + 2) \cdot 7,7 = 38,5 \text{ min}$$

### 10.10 Výrobní kapacita jednotlivých pracovišť

Výpočet podle vztahu:

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{d_v}}$$

Kapacita jednoho předmontážního pracoviště vložky:

FAB 200 STND:

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{6,1}{15}} = 1075,00 \Rightarrow 1075 \text{ ks}$$

FAB 200 STND „B“:

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{9,6}{15}} = 686,05 \Rightarrow 686 \text{ ks}$$

FAB 200 ABN 1+1:

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{10}{15}} = 658,81 \Rightarrow 658 \text{ ks}$$

FAB 200 ABN 1+1 „B“:

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{14,5}{15}} = 452,27 \Rightarrow 452 \text{ ks}$$

FAB 200 ABN 2+2 :

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{11,2}{15}} = 588,68 \Rightarrow 588 \text{ ks}$$

FAB 200 ABN 2+2 „B“ :

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{15,7}{15}} = 418,08 \Rightarrow 418 \text{ ks}$$

FAB 201 PŮL:

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{3,4}{15}} = 1910,66 \Rightarrow 1910 \text{ ks}$$

FAB 201 PŮL „B“ :

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{6}{15}} = 1092,71 \Rightarrow 1092 \text{ ks}$$



Příprava knoflíku:

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{7,9}{15}} = 832,32 \Rightarrow 832 \text{ ks}$$

FAB 201 KNO :

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{9,1}{15}} = 723,44 \Rightarrow 723 \text{ ks}$$

FAB 201 KNO „B“ :

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{11,2}{15}} = 588,68 \Rightarrow 588 \text{ ks}$$

Pracoviště zátkování:

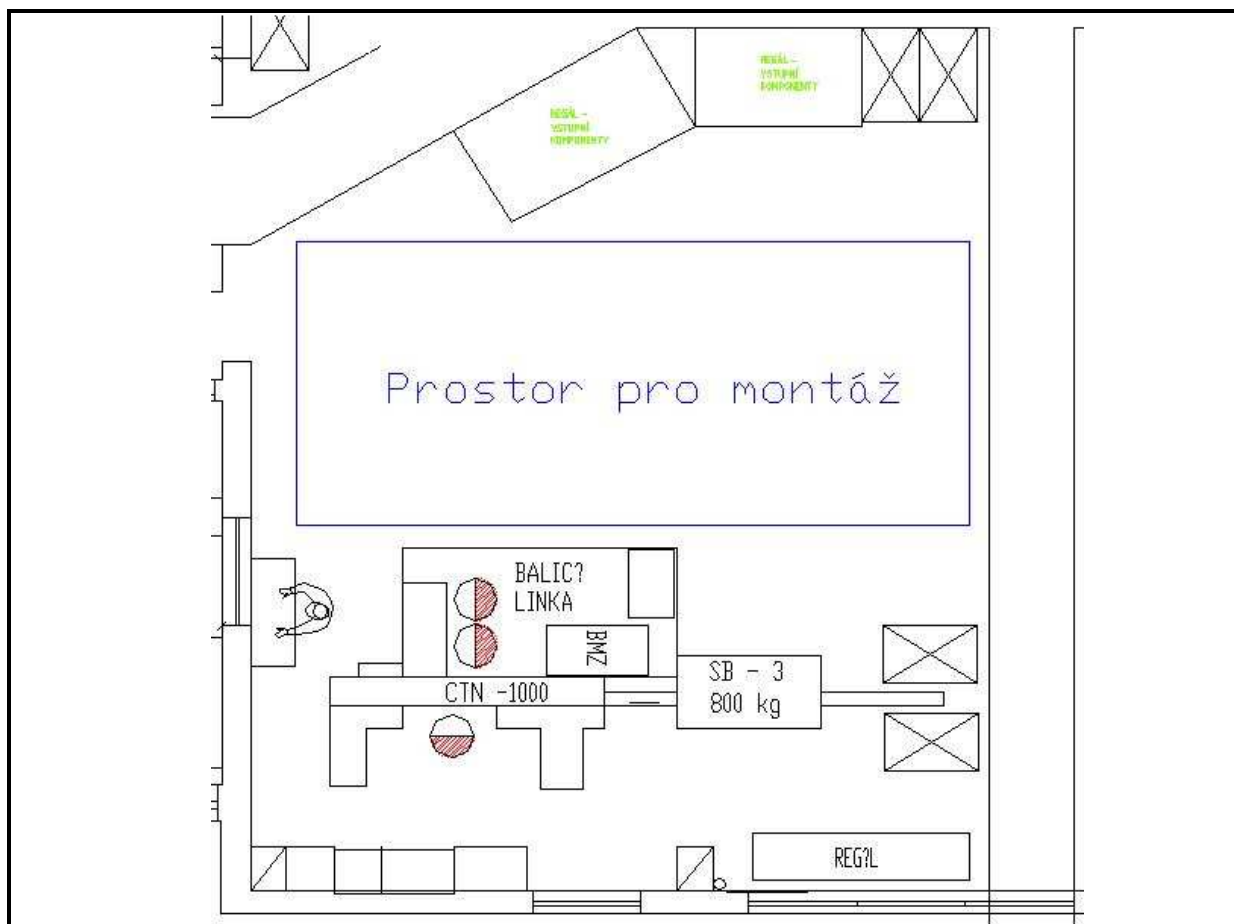
$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{5,5}{15}} = 1186,77 \Rightarrow 1186 \text{ ks}$$

Pracoviště zátkování jednostranných vložek:

$$Q_p = \frac{T_s - T_z}{\frac{t_k}{15}} = \frac{8 \cdot 60 - 40}{\frac{3,1}{15}} = 2095,02 \Rightarrow 2095 \text{ ks}$$

## 11 NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ VARIANT

Z důvodů stěhování montáže do jiné haly, dochází k situaci, že jednotlivé návrhy uspořádání jsou poměrně dost omezené prostorem nového místa. Zachováme-li na původně navrhnutém místě balící linku (Obr. 11.1), která je nedílnou součástí tohoto pracoviště, vznikne prostor o rozměrech 10,2x4,2 m do kterého se musí vejít obě buňky. Další nezbytnou součástí montáže jsou zásobníky vstupních komponent, jejichž šířka je cca 1252 mm a hloubka 1400 mm. Tyto zásobníky musí být přístupné z obou stran.



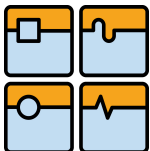
Obr. 11.1 Layout dílny pro montáž cylindrických vložek

## 11.1 Uspořádání varianty A

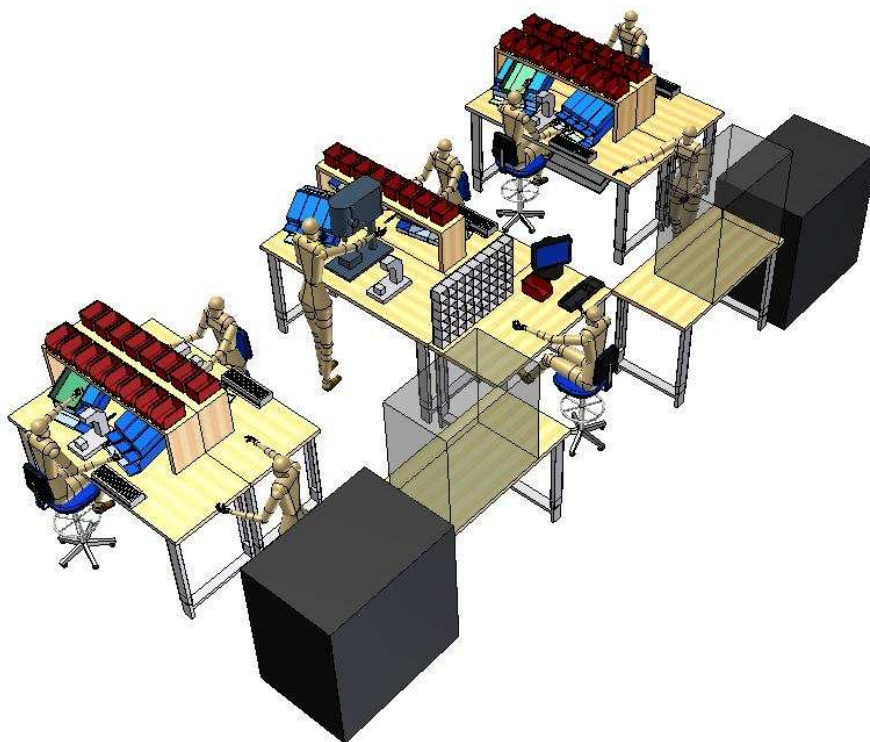
U této varianty je uspořádání operací podle Obr. 10.1 uvedeného v kapitole 10.5. Pro jednu buňku obsahuje tedy tyto pracoviště:

- 1. pracoviště – ruční předmontáž (podle potřeby zdvojené) – 1-2 operátoři
- 2. pracoviště – automatická montáž GEN2 a zátkování – 1 operátor
- 3. pracoviště – čtení klíčů, třídění stavítek, kontrola (toto pracoviště je společné pro obě buňky) – 1 operátor pro jednu buňku

Pracovní cyklus jedné výrobní dávky začíná u obou buněk na pracovišti předmontáže. Pro standardní a půlové vložky stačí jedno toto pracoviště, v ostatních případech jsou potřeba dvě. Pro přípravu vložek s knoflíkem je zde navíc pracoviště přípravy, které je umístěno, společně s dalším náhradním pracovištěm (využití např. pro opravy, odkládací prostor, ke snížení skluzu výroby), mezi oběma buňkami. Předmontážní stanice jsou postaveny tak, aby na zbývajícím prostoru stolu vzniklo místo pro odkládání předmontovaných vložek. To slouží zároveň jako vyrovnávací zásobník pro automat GEN2. Na tomto místě by měla být vždy nějaká malá zásoba dopředu předmontovaných vložek, aby plnicí automat nemusel čekat na dodávku z předchozí operace. Zásoba by měla být v rozmezí od 2 do 5 dávek v závislosti na typu montovaných vložek. Úkolem předmontáže je tedy udržovat předem stanovený



počet předmontovaných vložek. Operátor na dalším pracovišti má za úkol obsluhovat automat GEN2 a v čase kdy, je automat v provozu, provádět na vedlejším stroji operaci zátkování. Zazátkované vložky se odloží na okraj stolu, odkud jsou odebírány kontrolou. Zkontrolované vložky jsou v bednách dále přesouvány k balicí lince. Operátoři na kontrole, mají mimo kontroly vložek na starosti čtení klíčů a třídění stavítek. Klíče by měly být načítány pokud možno v taktu linky s malou zásobou. Zbývající čas na pracovišti bude využit pro třídění stavítek. Uspořádání pracovišť je znázorněno na Obr. 11.2. Layout pracoviště včetně vyznačeného materiálového toku je v příloze 35.



Obr. 11.2 Uspořádání pracoviště montáže (varianta A)

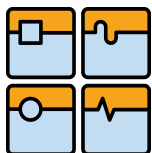
Potřebná plocha: 7x3,6m

## 11.2 Uspořádání varianty B

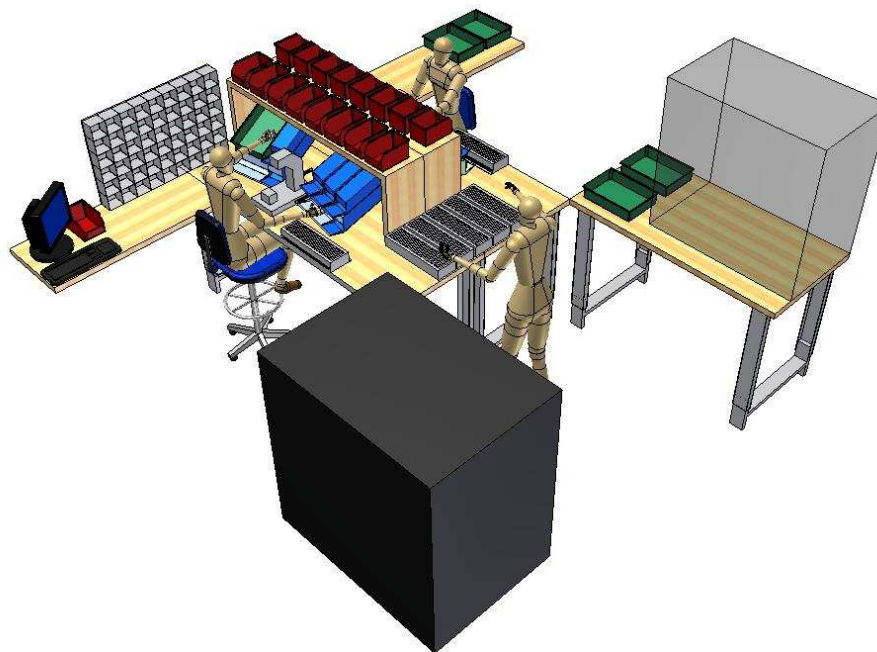
Jak je zmíněno v kapitole 10.6 jde, o uspořádání s cílem minimalizovat počet pracovišť. Montáž je rozdělena na dvě nezávislé stejné buňky. Operace jsou skloubeny na následující pracoviště:

- 1. pracoviště- ruční předmontáž, čtení klíčů a třídění stavítek – 1 operátor
- 2. pracoviště - automatická montáž GEN2 a zátkování – 1 operátor
- 3. pracoviště – ruční předmontáž a kontrola – 1 operátor

Pro vložky s časem předmontáže menším než 10 minut, jsou 3 operátoři dostačující. Pro vložky s delším časem než 10 minut a pro vložky s knoflíkem je potřeba jedno samostatné pracoviště navíc, které pokryje skluz výroby na předmontáži. Pracovní cyklus začíná opět na pracovišti předmontáže. Ty jsou vzájemně umístěny stejně jako v předchozím případě a odkládací prostor je opět



vyrovnávací mezisklad pro následující operace. Na rozdíl od předchozí varianty jsou předmontážní stanice vždy zdvojené a zbývající čas je využit na jednom pracovišti pro třídění stavítek a čtení klíčů a na druhém pracovišti pro kontrolu. Třetí operátor obsluhuje automat GEN2 a provádí zátkování. Uspořádání pracovišť a operátorů jedné buňky je zobrazeno na Obr. 11.3. Layout obou buněk a celého pracoviště včetně materiálového toku je zobrazen v příloze 36.



Obr. 11.3 Uspořádání jedné buňky pracoviště předmontáže cylindrických vložek (varianta B)

Potřebná plocha: 10,2x3,5m

### 11.3 Uspořádání varianty C

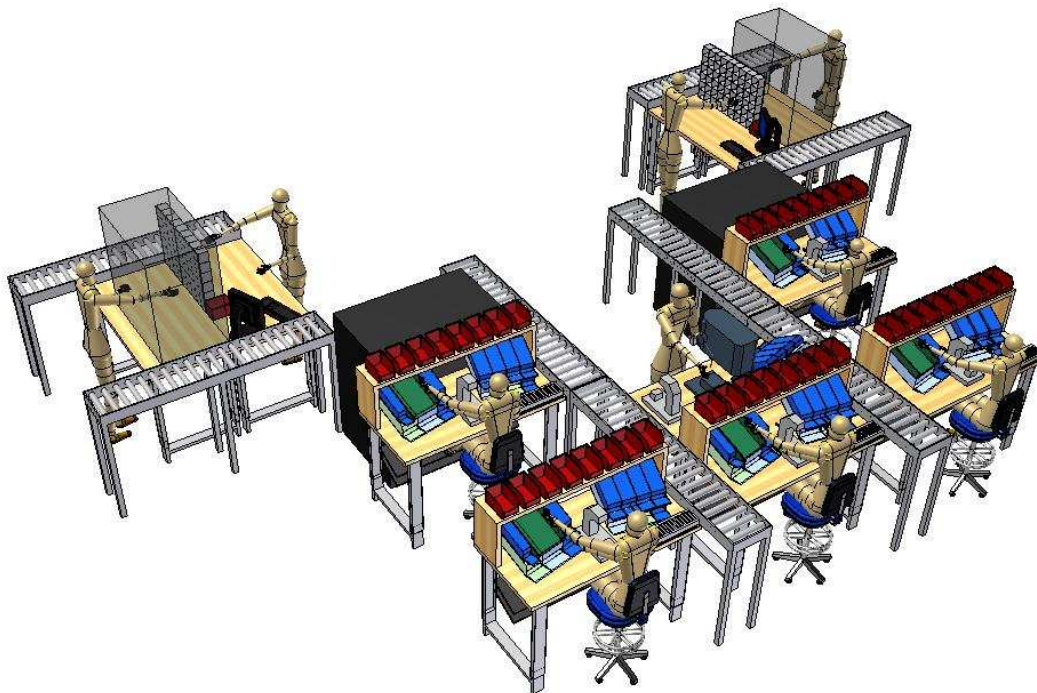
Jde o řešení s využitím válečkových dopravníků. Je tak značně snížena náročnost manipulace s plnými vložkami, které mohou vážit až 7 kg. Rozdělení operátorů a pracovišť je podle Obr. 10.3 v kapitole 10.7. Uspořádání je složeno z:

- 1. pracoviště - ruční předmontáž (podle potřeby zdvojené) – 1-2 operátoři
- 2. pracoviště - automatická montáž GEN2, třídění stavítek, čtení klíčů a kontrola – 1 operátor
- pracoviště – zátkování – 1 operátor

Pracoviště předmontáže jsou na menších stolech, protože nepotřebují odkládací prostor. Předmontované vložky jsou válečkovým dopravníkem přesunuty k pracovišti GEN2, kde tvoří frontu práce. Tak jako v předešlých případech, úkolem předmontážních pracovišť je udržovat stanovenou zásobu před GEN2. Obsluha automatu GEN2 má na rozdíl od předešlých variant na starosti třídění stavítek, čtení klíčů a kontrolu. Všechny tyto „přípravné“ a konečné operace před balením, jsou prováděny na jednom pracovišti, jedním operátorem a přímo u automatu. To má za výhodu zjednodušenou organizaci a tok stavítek a klíčů. Obsluha automatu, po vyjmutí dávky ze stroje, pošle po dopravníku vložky k zátkování a odsud jsou posílány



druhou stranou pracoviště zpátky ke kontrole. Mezi buňkami jsou další pracoviště, jedno pro přípravu vložek s knoflíkem a druhé pro snížení skluzu výroby, opravy apod. Tato pracoviště jsou umístěna mezi dopravníky tak, aby mohly „pomáhat“ oběma buňkám. Uprostřed, mezi pracovišti s GEN2, vzniká poměrně velký prostor, který je možno využít k odkládání beden, vložek určených na opravu atd. Uspořádání pracovišť obou buněk je na Obr. 11.4. Layout umístění buněk na pracovišti včetně materiálové toku je zobrazen v příloze 37.

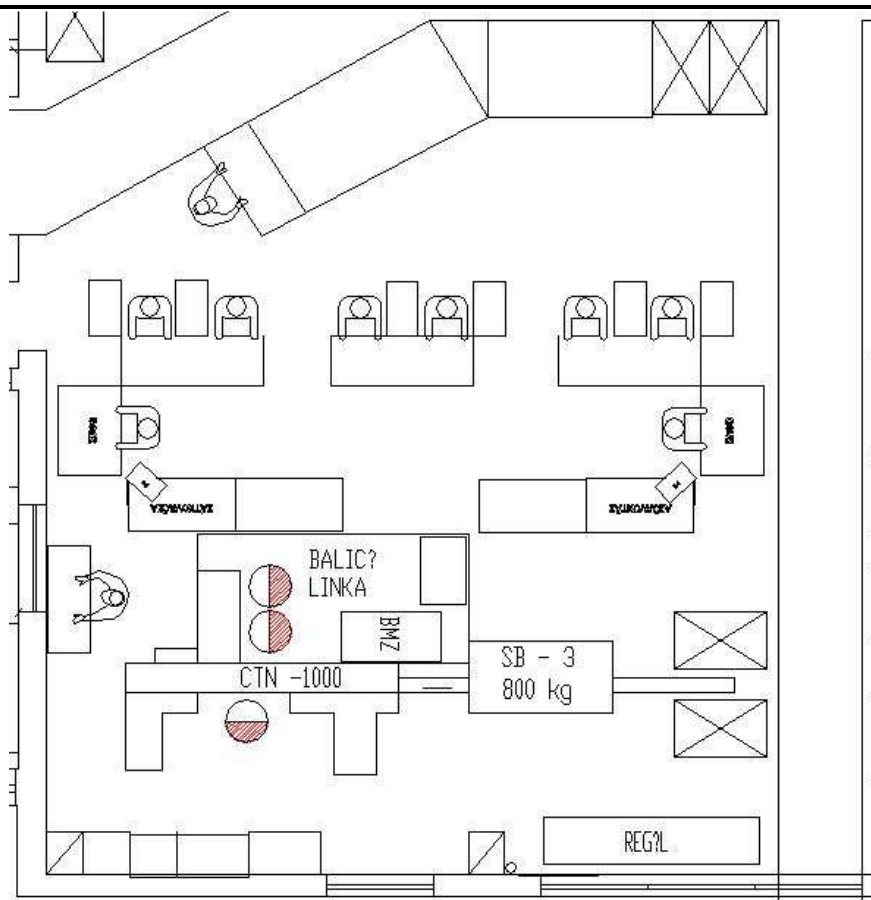


Obr. 11.4 Uspořádání pracoviště předmontáže cylindrických vložek (varianta C)

Potřebná plocha: 5,9x6,3m

## 11.4 Uspořádání varianty D

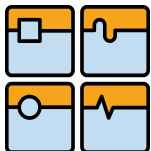
Toto je varianta původně navržená projektovým inženýrem firmy FAB. Rozmístění pracovišť je stejné jako v případě varianty A. Zde se však nepočítá s novým uspořádáním jednotlivých předmontážních stanic. Pracoviště pro čtení klíčů a třídění stavítek jsou mimo buňku. Protože pracoviště předmontáže nejsou stejná a organizace je stejná jako v minulosti, vyžadují tyto pracovní místa zhruba o polovinu méně prostoru. K jednomu velkému stolu (2000x750mm) se vejdou dvě pracoviště předmontáže. Zátkování a obsluha automatu GEN2 probíhá stejně jako v případě variant A a B. Kontrolu bude provádět operátor, který má na starosti čtení klíčů, potom, co načte všechny potřebné klíče pro danou směnu a operátor provádějící zátkování. Některé typy vložek jdou zkontrolovat již během zátkování. Layout je zobrazen na Obr. 11.5 a v příloze 38.



Obr. 11.5 Layout uspořádání pracoviště montáže (varianta D)

## 12 POČET TECHNOLOGICKÝCH PALET

Původním úmyslem bylo technologické palety plnit přímo na předmontáži a ušetřit tak čas obsluhy automatu GEN2. Ale pro zabezpečení plynulého provozu a dodržení stanoveného taktu výroby, bylo by potřeba mít těchto palet minimálně 8 pro jednu buňku. Navíc tok těchto palet, především navrácení zpět na předmontážní pracoviště, by byl komplikovaný. Kdyby si měl operátor před každou dávkou, což je v některých případech každé 3 minuty, jít pro prázdnou paletu, věnoval by spoustu času přenášením prázdných palet. Protože jsou tyto palety vyráběny s poměrně velkou přesností, je jejich výrobní cena cca 30 000 Kč. Z důvodu organizace a snížení investičních nákladů bude lepší zachovat již zaběhnutý systém, kde jsou palety plněny přímo obsluhou automatu GEN2 a kolují pouze mezi tímto automatem a pracovištěm zátkování. Čas potřebný pro manipulaci a spuštění automatu je podle analýzy MOST 45 sekund. Na předmontážních pracovištích by byly vložky skládány po 15 kusech do např. plechových nebo plastových zásobníků. V případě varianty c by byly v těchto zásobnících dopravníkem přesunuty k automatu.



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

### 13 INVESTIČNÍ NÁKLADY

Realizace návrhů vyžadují jisté náklady. Většinou jde nákup nového dílenského nábytku a židlí, které by vyhovovaly navrženým ergonomickým požadavkům. Při tvorbě návrhů byla snaha využít již nakoupený a využívaný nábytek.

K dispozici je následující vybavení:

4x stůl 1500x750

3x stůl 2000x750

1 čtečka klíčů

#### 13.1 Varianta A

Realizace varianty A vyžaduje toto vybavení v ceně:

6x stůl 2000x750 (6-3)·5900=17700 Kč

1x stůl 1500x750 (1-1)·5900=0 Kč

7x židle 7·2500=17500 Kč

7x nožní opěrky 7·1500=10500 Kč

5x pracoviště předmontáže 5·10000=50000 Kč

Celkem: **95 700 Kč**

#### 13.2 Varianta B

Realizace obou buněk varianty B vyžaduje zakoupení tohoto vybavení:

4x stůl 2000x750 (4-3) 5900=5900 Kč

2x stůl 1500x750 (1-1)·5900=0 Kč

4x křídlo stolu 4·3000=12000 Kč

5x židle 5·2500=12500 Kč

5x nožní opěrka 5·1500=7500 Kč

5x pracoviště předmontáže 5·10000=50000 Kč

2x čtečka klíčů (2-1) 10000=10000 Kč

Celkem **187 900 Kč**

Zvýšená cena u této varianty je způsobena požadavkem dvou čtecích zařízení.

#### 13.3 Varianta C

6x stůl 1500x750 (6-4) 5900=11800 Kč

2x stůl 2000x750 (2-2)·5900=0 Kč

7x židle 7 2500=17500 Kč

7x nožní opěrka	7 1500=10500 Kč
5x pracoviště předmontáže	5 10000=50000 Kč
2x čtečka klíčů	(2-1) 100000=100000 Kč
8x válečkový dopravník 2m	8 10000=80000 Kč
<b>Celkem</b>	<b>269 800 Kč</b>

Zvýšená cena u této varianty je způsobena požadavkem dvou čtecích zařízení a několika kusů válečkových dopravníků

### 13.4 Varianta D

4x stůl 1500x750	(4-0) 5900=0
3x stůl 2000x750	(3-3) 5900=0

U této varianty nejsou žádné investiční náklady, protože vychází z původních montáží.

## 14 ROZBOR VARIANT POMOCÍ SIMULACE

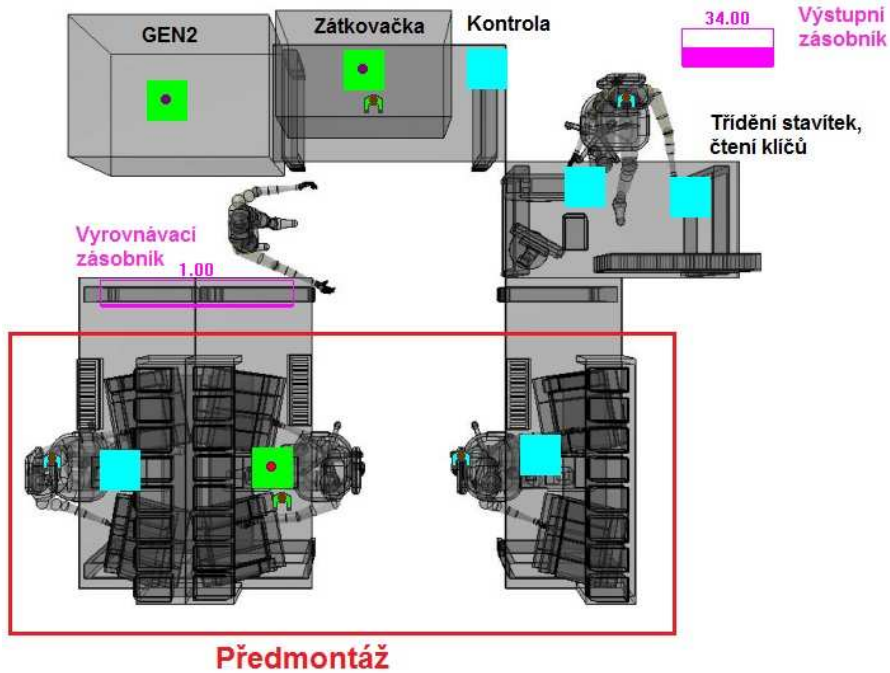
Simulace byla provedena v demoverzi programu FACTOR/AIM. Jelikož jsem porovnával především výkon linky, vytížení jednotlivých pracovníků a automatu GEN2 během směny, byla demoverze i přes své omezení dostačující.

Ve všech modelech se simuluje výroba 57 kusů dávek během jedné směny. Počet dávek v simulaci odpovídá 850 požadovaným kusům vložek (1 dávka je 15 vložek). Směna je rozdělena do dvou částí, které jsou přerušeny přestávkou v délce čtyřiceti minut. Operace a třídění stavítek a čtení klíčů jsou zařazeny na konec pracovního cyklu, kde vyplňují zbývající čas na kontrole. Pro účel simulace se tyto operace provedou vždy pro jednu dávku. V reálné výrobě se může načíst větší množství klíčů a roztrídít stavítka podle potřeby. Smontované vložky se mezitím budou řadit před kontrolou v „meziskladu“.



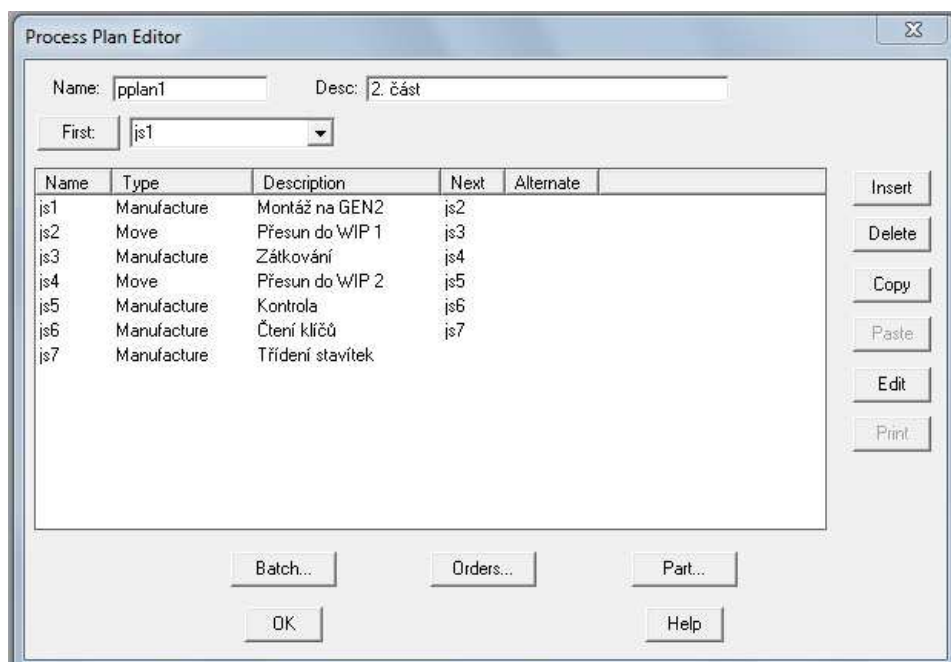
## 14.1 Varianta A

Simulační model buňky je rozdělen do dvou částí. (viz Obr. 14.1)

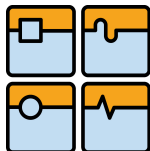


Obr. 14.1 Simulační model varianty A

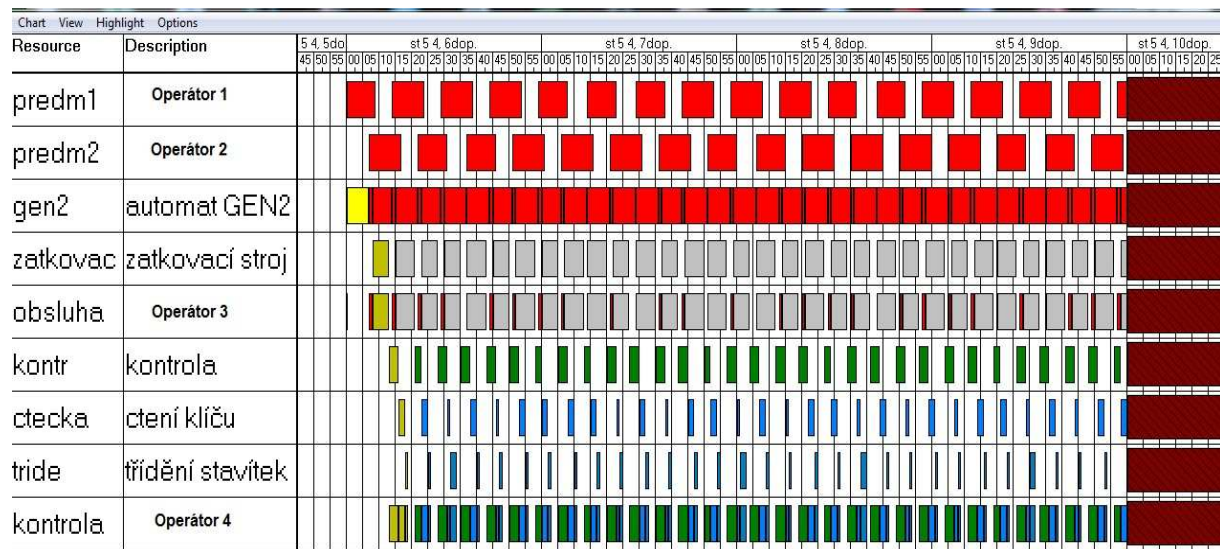
První část tvoří pracoviště předmontáže, které podle potřeby doplňuje vyrovnávací zásobník. Ten tvoří vstupní zásobník druhé části, ve které jsou zbývající operace. Každá část má svůj vlastní plán operací (process plan). Výroba začíná podle plánu operací druhé části. (viz Obr. 14.2)



Obr. 14.2 Plán operací simulačního modelu



Předmontované vložky ze zásobníku jsou přesunuty na montáž do automatu GEN2, potom přes WIP 1 na zátkování a na WIP 2 a následně na kontrolu. Kontrolou končí výroba jedné dávky. Ve zbývajícím čase operátor na kontrole načítá klíče a třídí stavítka pro další dávky. Když je ze vstupního (vyrovnávacího zásobníku) odebrána jedna dávka, pracoviště předmontáže začíná výrobu na další dávce, aby doplnil požadovaný počet kusů v tomto zásobníku. Časový sled operací je znázorněn v Ganttově diagramu na Obr. 14.3.



Obr. 14.3 Ganttův diagram (varianta A)

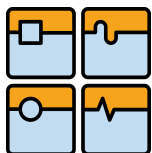
Pro vzájemné porovnání variant jsou vybrány tyto parametry, které byly získány pomocí simulace:

- výkon linky (počet dávek/ hod)
- vytížení automatu GEN2 během směny (%)
- vytížení jednotlivých operátorů během směny (%)
- čas zhotovení požadovaného počtu vložek (hod)
- hladina vstupního zásobníku

Parametry získané simulací jsou uvedeny v tabulce v příloze 39.

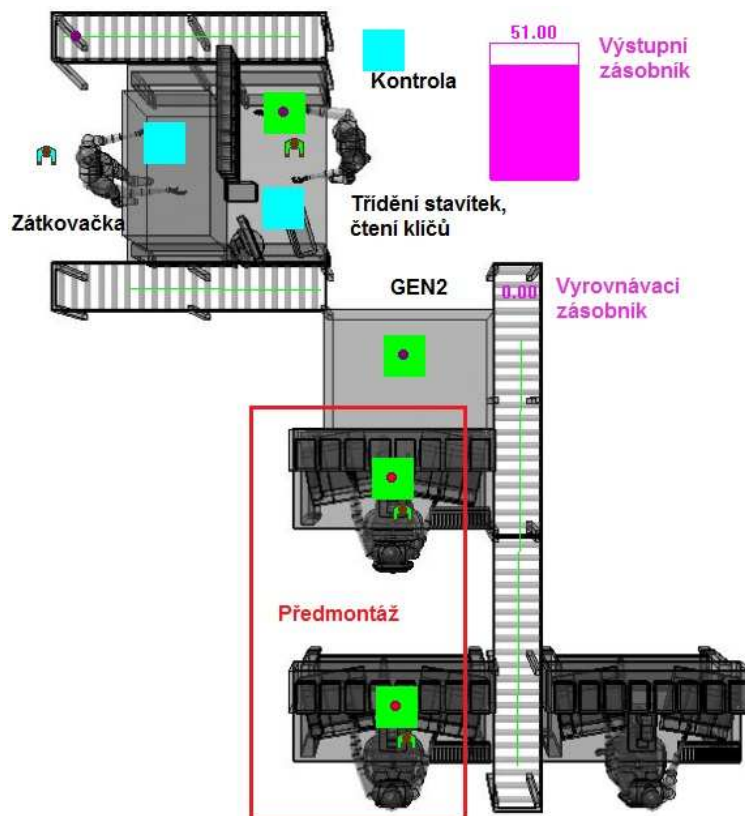
*Pozn. U vložky FAB 200 ABN 2+2 „B“ (v tabulce označena růžovou barvou) je zapotřebí další operátor na předmontáž. Předpokládané využití je 68,5%.*





### 14.3 Varianta C

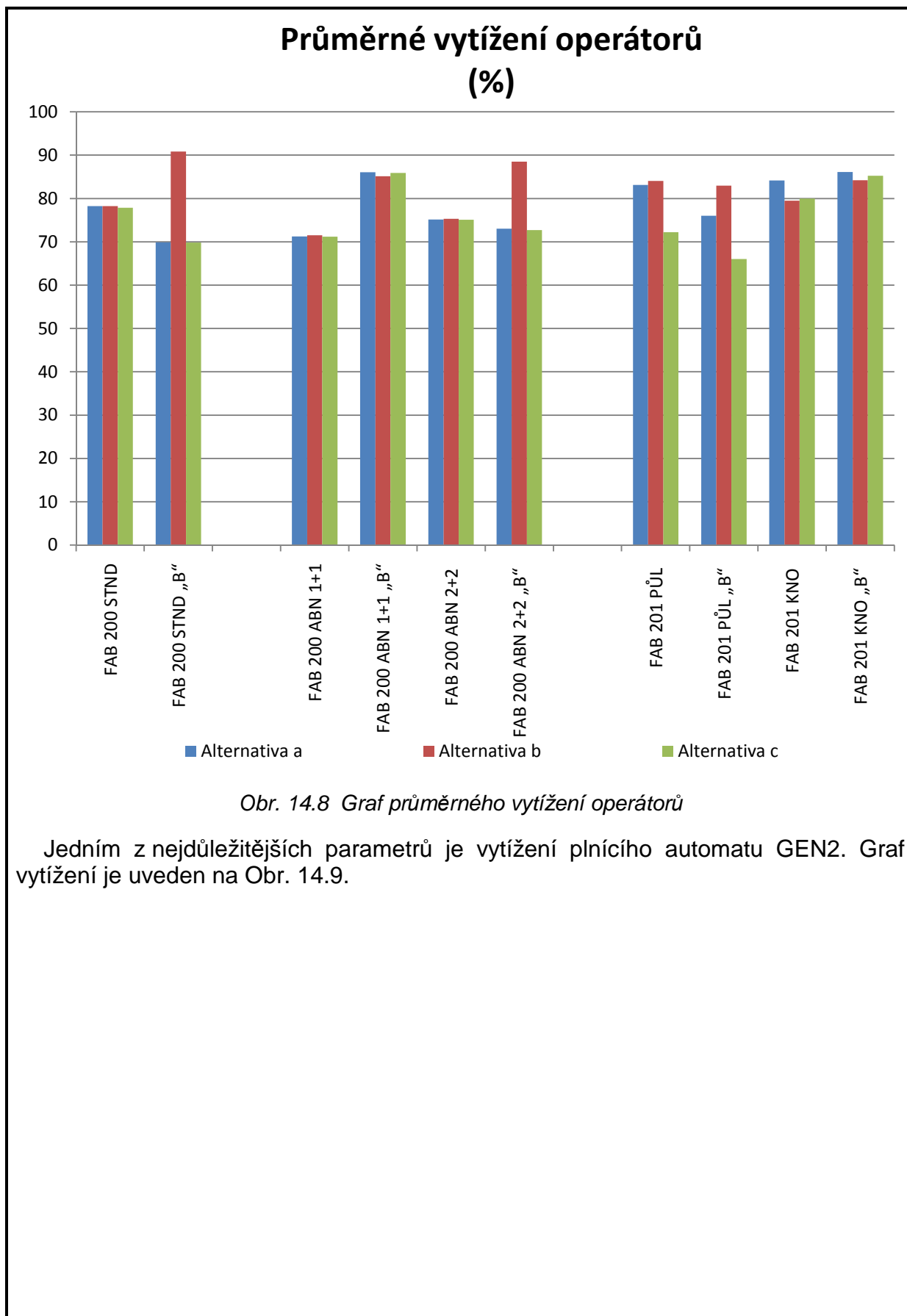
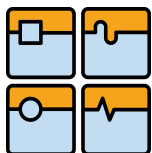
Rozdělení buňky i jednotlivých pracovišť je obdobné jako v případě varianty A. Pracoviště předmontáže jsou samostatná a podle potřeby zdvojená. Rozdíl oproti variantě A je v uspořádání operací zátkování, automatického plnění a v přepravování výrobních dávek. (Viz kapitola 11.3)

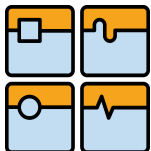


Obr. 14.6 Simulační model (varianta C)

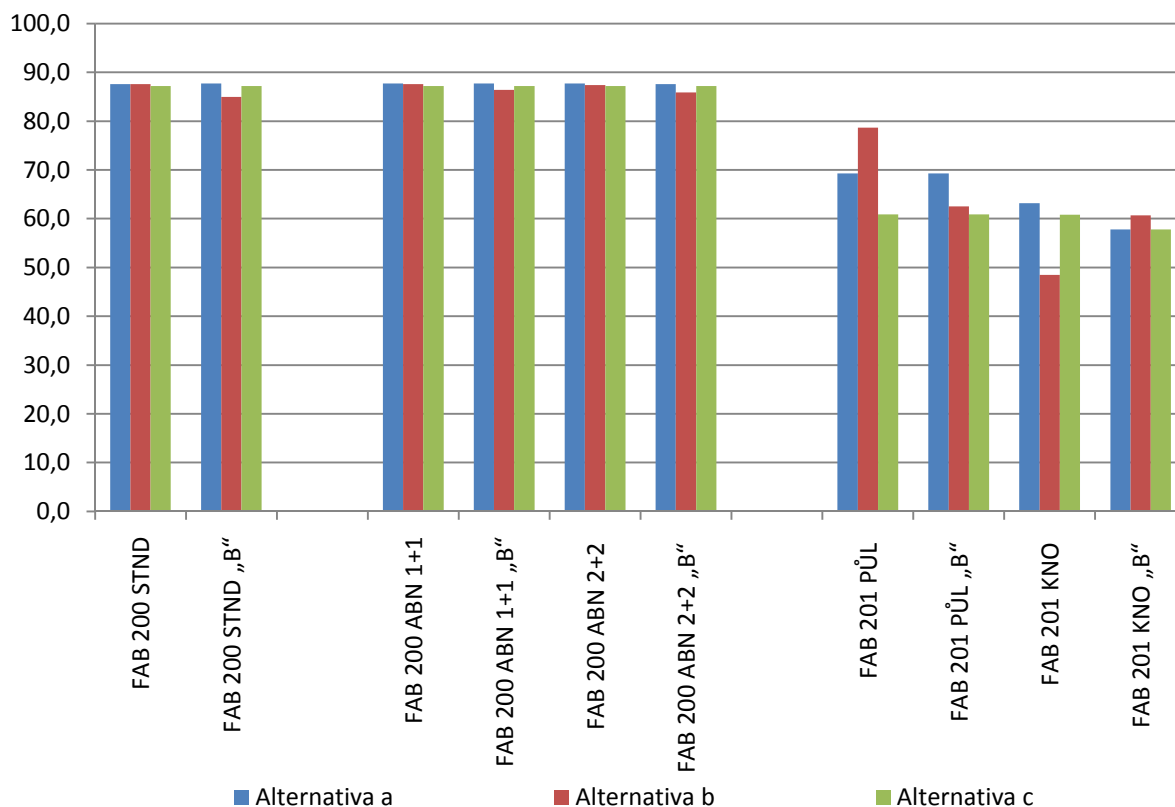
Plán operací je až na přidání příkazy pro dopravu pomocí dopravníku stejný jako v předchozích variantách. Sled operací znázorňuje Ganttův diagram na Obr. 14.7 a získané parametry jsou uvedeny v příloze 41.







## Vytížení plnicího automatu GEN2 (%)



Obr. 14.9 Graf vytížení plnicího automatu GEN2

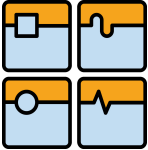
## 15 SROVNÁNÍ VARIANT

Srovnání bude provedeno váhovým hodnocením. Hodnotící kritéria pokrývají ekonomické, technologické a organizační aspekty variant. Hodnoty kritérií jsou stanoveny v rozmezí 1-3, přičemž více znamená větší váhu. Bodové hodnocení je v rozmezí 1 – 4.

Kritérium:

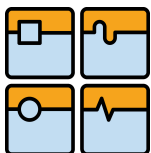
- Investiční náklady váha: 3
- Počet pracovníků váha: 2
- Využití pracovníků váha: 2
- Využití automatu GEN2 váha: 3
- Přímota materiálového toku váha: 1
- Ergonomie (nároky na fyz. práci) váha: 2

Pro realizaci dané varianty je nejdůležitější nákladnost realizace. Protože cílem této optimalizace je vytvořit montážní pracoviště, které bude „stavěné“ podle nově zakoupených automatů GEN2, je dalším důležitým kritériem také využití tohoto automatu. Dalšími důležitými aspekty je počet pracovníků a jejich využití.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 73
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

#### Porovnání variant:

- Investiční náklady
  - Nejmenší investiční náklady jsou u varianty D, ta totiž vychází z dostupného vybavení staré montáže. V této variantě není vůbec řešena ergonomie pracoviště.
  - Ergonomické požadavky na montáž vyžadují investice zejména do židlí a do zhotovení zásobníků na stůl.
  - Největší náklady jsou u varianty C, kde je počítáno s dopravníky a dvěma zařízeními pro čtení klíčů, které značně prodražují náklady.
- Počet pracovníků
  - U variant A, C a D se počítá se třemi až čtyřmi pracovníky, v jednom případě i s pěti pracovníky.
  - Návrh varianty B byl od začátku zaměřen na minimalizaci počtu pracovníků. Počet byl snížen o jednoho pracovníka, avšak za cenu horší organizace práce.
  - U všech variant je potřeba, při dlouho trvající montáži, zapojit další pracoviště předmontáže, které pokryje skluz ve výrobě.
  - Při montáži vložek půlových s knoflíkem je zapotřebí u variant A, B a C využít pracoviště přípravy knoflíku.
- Využití pracovníků
  - Největší využití operátorů je u varianty B, kde je na jedno pracoviště sloučeno více operací.
  - Nejmenší využití je u varianty C.
  - Využití varianty d odpovídá využití variantě A
- Využití automatu GEN2
  - Využití automatu GEN2 je ve všech variantách poměrně vyrovnané. Rozdíly jsou v procentech. Nejlepší využití však má varianta A, nejhorší naopak varianta C.
- Přímot materiálového toku
  - Organizace toku materiálu je dána rozložením operací na pracoviště a jeho uspořádáním vzájemně mezi sebou a mezi zásobníkem vstupních komponent.
  - Z hlediska organizace toku materiálu se zdá být nejvýhodnější varianta C. Sjednocením operací třídění stavítek, čtení klíčů a kontroly na pracovišti s automatem GEN2 se zjednoduší tok stavítek a klíčů.
- Ergonomie
  - Ergonomicky nejpříjemnější je varianta C, která pro přepravování jednotlivých dávek využívá válečkové spádové dopravníky.



- U variant A, B jsou přesuny dávek prováděny ručně, většinou jde pouze o maximálně dva kroky, nebo otočení.
- U varianty D nejsou vzdálenosti pro přesun dávek větší než u variant A a B, ale není zde řešené pracoviště předmontáže.

Kritérium	Váha	Varianta A		Varianta B		Varianta C		Varianta D	
		Počet bodů	Váh. hodnocení	Počet bodů	Váh. hodnocení	Počet bodů	Váh. hodnocení	Počet bodů	Váh. hodnocení
Investiční náklady	3	3	9	2	6	1	3	4	12
Počet pracovníků	2	3	6	4	8	3	6	3	6
Využití pracovníků	2	3	6	4	8	2	4	3	6
Využití automatu GEN2	2	4	8	2	4	3	6	4	8
Přímota materiálového toku	1	3	3	2	2	4	4	3	3
Ergonomie	2	3	6	2	4	4	8	1	2
Celkové váhové hodnocení		38		32		31		37	
Pořadí		1		3		4		2	

Tab. 15.1 Srovnání variant

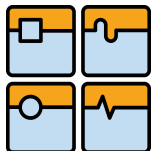
Ze srovnání je patrná jasná převaha variant A a D. Obě dvě mají nízké náklady na realizaci. Počet pracovníků i jejich využití je stejné. Ergonomické požadavky splňuje lépe varianta A, a proto ze srovnání vychází nejlépe. Proti variantám B a C stojí jejich vysoké náklady na realizaci. Varianta B by mohla být zajímavá menším počtem pracovníků. Varianta C je sice ergonomicky nejvýhodnější, její parametry jsou jen o něco málo horší než v případě variant A a C, investiční náklady jsou ale opravdu vysoké.

**Jako nejvýhodnější se jeví varianta A.**

## 16 STANOVENÍ OPTIMÁLNÍCH SKLADOVÝCH ZÁSOB

Smyslem zásob je zajistit bezporuchový a plynulý výdej skladovaných položek do výroby tak, aby výroba měla vždy k dispozici dostatečný počet potřebných komponent. Jelikož náklady se se zvyšujícím počtem zásob zvětšují, je snaha zásoby minimalizovat. Optimální skladová zásoba je takové množství zásob, které dostatečně pokryje výrobu s co nejmenšími náklady. Zásoby se skládají z těchto funkčních složek: [2]

- Běžná zásoba – zásoba, která kryje potřeby v období mezi dvěma plánovanými dodávkami. Její stav mezi dodávkami kolísá v rozmezí od maximální po minimální (pojistnou) hranici zásoby.
- Pojistná zásoba – zásoba, která kryje odchylky od plánované spotřeby, od plánované doby dodávkového cyklu, popřípadě výše dodaného množství.



Výše pojistné zásoby se určí ze vztahu:

$$Z_p = (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d$$

- kde:
- $t_{dmax}$  maximální délka dodávkového cyklu [počet dní]
  - $\bar{t}_d$  průměrný dodávkový cyklus [počet dní]
  - $\bar{m}$  průměrná denní spotřeba [m.j. – množstevní jednotky]
  - $m_{max}$  maximální denní spotřeba [m.j.]

Velikost běžné zásoby je rovna optimálnímu objednávacímu množství, které se určí z Campova vzorce jako:

$$Q = \sqrt{\frac{2db}{c}}$$

- Kde:
- Q optimální objednávací množství [m.j.]
  - d spotřeba kusů za rok [m.j.]
  - b objednávací náklady na jednu objednávku [p.j.]
  - c náklady na zásoby za období (většinou za rok) [p.j.]

Jelikož náklady na objednávku a náklady na zásoby nejsou v našem případě k dispozici (společnost FAB nemá tyto náklady spočítané a nepracuje s nimi), velikost běžné zásoby bude rovna průměrné spotřebě, které je potřeba během dodací lhůty. Objednávky budou vystavovány pravidelně při každém dodání předchozí objednávky. Výše objednávky (objednávací množství) bude vždy rozdíl mezi horní hranicí a stavem v době dodávky, tedy skutečnému spotřebovanému množství během skutečné dodací lhůty. Horní hranice je rovna běžné zásobě a ta se tedy určí podle vztahu:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p$$

Objednávací množství bude tedy v našem případě:

$$Q = m_{skut}$$

kde:  $m_{skut}$  skutečně spotřebované množství během reálné dodací lhůty [ks]

Tento systém řízení zásob vychází z kombinace systémů B-S a s-S a jejich vhodnou úpravou pro naše potřeby.

## 16.1 Optimální skladová zásoba těles

Průměrná spotřeba těles vychází z Tab. 3.1 procentuálního složení výroby z kapitoly 3.6. Jestliže se za směnu vyrobí 1700ks vložek, 70% z tohoto objemu budou vložky FAB 200 standardních délek, 25% vložky abnormálních délek a zbylých 5% tvoří vložky krátké. Výchozí podmínky pro každý typ tělesa jsou v Tab. 16.1.



Těleso vložky	$\bar{m}$	$m_{max}$	$\bar{t}_d$	$t_{dmax}$
	(ks)	(ks)	(dny)	(dny)
FAB 200 STND	1190	1700	3	5
FAB 200 ABN	425	850	20	40
FAB 201 PUL+KNO	85	850	3	5

Tab. 16.1 Spotřeba a délka dodací lhůty těles vložek

### 16.1.1 Tělesa vložek FAB 200 STND

Velikost pojistné zásoby:

$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (5 - 3) \cdot 1190 + (1700 - 1190) \cdot 3 = 3910 \text{ ks} \end{aligned}$$

Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p = (3 \cdot 1190) + 3910 = 7480 \text{ ks}$$

### 16.1.2 Tělesa vložek FAB 200 ABN

Velikost pojistné zásoby:

$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (40 - 20) \cdot 425 + (850 - 425) \cdot 20 = 17000 \text{ ks} \end{aligned}$$

Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \times \bar{m}) + Z_p = (20 \times 425) + 17000 = 25500 \text{ ks}$$

### 16.1.3 Tělesa vložek FAB 201 PUL + KNO

Velikost pojistné zásoby:

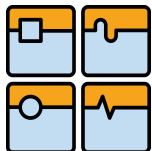
$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (5 - 3) \cdot 85 + (850 - 85) \cdot 3 = 2465 \text{ ks} \end{aligned}$$

Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p = (3 \cdot 85) + 2465 = 2720 \text{ ks}$$

## 16.2 Optimální skladová zásoba bubínek

Spotřeba bubínek se odvíjí stejně jako v předešlém případě podle Tab. 3.1. Na rozdíl od těles je spotřeba bubínek ve většině případů dvojnásobná, protože bubínky jsou většinou použity dva. Výchozí hodnoty pro bubínky jsou uvedeny v Tab. 16.2.



Bubínek	$\bar{m}$	$m_{max}$	$\bar{t}_d$	$t_{dmax}$
	(ks)	(ks)	(dny)	(dny)
krátký	2040	3400	3	5
dlouhý	1190	1700	3	5
půlový	85	850	3	5

Tab. 16.2 Spotřeba a délka dodací lhůty bubínků

### 16.2.1 Bubínky krátké

Velikost pojistné zásoby:

$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (5 - 3) \cdot 2040 + (3400 - 2040) \cdot 3 = 8160 \text{ ks} \end{aligned}$$

Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p = (3 \cdot 2040) + 8160 = 14280 \text{ ks}$$

### 16.2.2 Bubínky dlouhé

Velikost pojistné zásoby:

$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (5 - 3) \cdot 1190 + (1700 - 1190) \cdot 3 = 3910 \text{ ks} \end{aligned}$$

Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p = (3 \cdot 1190) + 3910 = 7480 \text{ ks}$$

### 16.2.3 Bubínky půlové

Velikost pojistné zásoby:

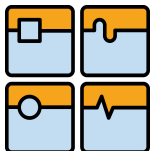
$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (5 - 3) \cdot 85 + (850 - 85) \cdot 3 = 2465 \text{ ks} \end{aligned}$$

Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p = (3 \cdot 85) + 2465 = 2720 \text{ ks}$$

## 16.3 Optimální skladová zásoba zubů, spojek, nástavců a válečků

Komponenty zub a spojka jsou použity téměř ve všech typech vložek, z toho vyplývá jejich vysoká spotřeba. Nástavce a válečky jsou rozdílné pro různé vložky, jejich spotřeba tak není tak vysoká a plynulá. Dodací lhůta u těchto komponent je poměrně dlouhá, ale neměnná. Výchozí hodnoty jsou uvedeny v Tab. 16.3.



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Komponenta	$\bar{m}$	$m_{max}$	$\bar{t}_d$	$t_{dmax}$
	(ks)	(ks)	(dny)	(dny)
zub	1700	1700	25	25
spojka	1615	1700	25	25
nástavec ABN 1+1	425	850	25	25
nástavec ABN 2+2	425	850	25	25
váleček STND	1190	1700	25	25
váleček ABN 1+1	425	850	25	25
váleček ABN 2+2	425	850	25	25

Tab. 16.3 Spotřeba a délka dodací lhůty komponent

**16.3.1 Zub**

Velikost pojistné zásoby:

$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (25 - 25) \cdot 1700 + (1700 - 1700) \cdot 25 = 0 \text{ ks} \end{aligned}$$

Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p = (25 \cdot 1700) + 0 = 42500 \text{ ks}$$

I přesto že pojistná zásoba vyšla nulová, bylo by vhodné alespoň běžnou zásobu zaokrouhlit na 45000 ks a vytvořit tak malou pojistnou zásobu.

**16.3.2 Spojky**

Velikost pojistné zásoby:

$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (25 - 25) \cdot 1615 + (1700 - 1615) \cdot 25 = 2125 \text{ ks} \end{aligned}$$

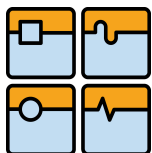
Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p = (25 \cdot 1615) + 2125 = 42500 \text{ ks}$$

**16.3.3 Nástavce a válečky ABN 1+1 a ABN 2+2**

Velikost pojistné zásoby:

$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (25 - 25) \cdot 425 + (850 - 425) \cdot 25 = 10625 \text{ ks} \end{aligned}$$



Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p = (25 \cdot 425) + 10625 = 21250 \text{ ks}$$

#### 16.3.4 Váleček STND

Velikost pojistné zásoby:

$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (25 - 25) \cdot 1190 + (1700 - 1190) \cdot 25 = 12750 \text{ ks} \end{aligned}$$

Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p = (25 \cdot 1190) + 12750 = 42500 \text{ ks}$$

#### 16.4 Optimální skladová zásoba zátek, kolíků a stavítek

Spotřeba těchto tří komponent je stejná, na každou oboustrannou vložku je třeba 10 ks každé komponenty, na půlovou vložku pak 5 ks. Výchozí hodnoty jsou uvedeny v Tab. 16.4.

Komponenta	$\bar{m}$	$m_{max}$	$\bar{t}_d$	$t_{dmax}$
	(ks)	(ks)	(dny)	(dny)
zátky, kolíky, stavítka	16575	17000	5	5

Tab. 16.4 Spotřeba a dodací lhůty zátek, stavítek a kolíků

Velikost pojistné zásoby:

$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (5 - 5) \cdot 16575 + (17000 - 16575) \cdot 5 = 2125 \text{ ks} \end{aligned}$$

Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p = (5 \cdot 16575) + 10625 = 85000 \text{ ks}$$

#### 16.5 Skladová zásoba pojistných kroužků

Pojistné kroužky se objednávají 4krát ročně ve velkém množství pro více dílen. I když je dodací lhůta pouze 1 měsíc, zásoba musí pokrýt spotřebu 3 měsíců. Výchozí hodnoty jsou uvedeny v Tab. 16.5.

Komponenta	$\bar{m}$	$m_{max}$	$\bar{t}_d$	$t_{dmax}$
	(ks)	(ks)	(dny)	(dny)
Pojistné kroužky	3315	3400	20	20

Tab. 16.5 Spotřeba a dodací lhůty pojistných kroužků



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Velikost pojistné zásoby:

$$\begin{aligned} Z_p &= (t_{dmax} - \bar{t}_d) \cdot \bar{m} + (m_{max} - \bar{m}) \cdot \bar{t}_d = \\ &= (20 - 20) \cdot 3315 + (3400 - 3315) \cdot 20 = 1700 \text{ ks} \end{aligned}$$

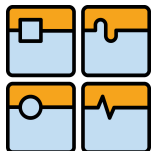
Velikost běžné zásoby:

$$B_z = (\bar{t}_d \cdot \bar{m}) + Z_p = (20 \cdot 3315) + 10625 = 68000 \text{ ks}$$

Pro lepší přehled jsou výsledky velikostí pojistných a běžných zásob všech komponent uvedeny v Tab. 16.6.

Komponenta	Pojistná zásoba	Běžná zásoba
	(ks)	(ks)
těleso FAB 200 STND	3910	7480
těleso FAB 200 ABN	17000	25500
těleso FAB 201 PUL+KNO	2465	2720
bubínek krátký	8160	14280
bubínek dlouhý	3910	7480
bubínek půlový	2465	2720
zub	2500	45000
spojka	2125	42500
nástavec ABN 1+1	10625	21250
nástavec ABN 2+2	10625	21250
váleček STND	12750	42500
váleček ABN 1+1	10625	21250
váleček ABN 2+2	10625	21250
zátky, kolíky, stavítka	2125	85000
pojistné kroužky	1700	68000

Tab. 16.6 Optimální skladové zásoby komponent



## 17 URČENÍ MAXIMÁLNÍ ROZPRACOVANOSTI

Rozpracovanou výrobou (nebo také zásobou rozpracované výroby) rozumíme všechny nedokončené výrobky nacházející se na jednotlivých pracovištích, od první operace po výstupní sklad, včetně všech meziskladů a manipulačních prostředků, které dodržují vlastní materiálový tok. Rozlišujeme tyto druhy rozpracované zásoby. (2)

- a) Technologické zásoby –  $Z_{tg}$  (přímo na jednotlivých pracovištích po dobu práce na dávce)
- b) Dopravní zásoby –  $Z_{dp}$  (v procesu manipulace a meziskladech)
- c) Pojistné zásoby –  $Z_p$ , rozlišujeme:
  - zásoby na kontrolních pracovištích pro doplnění za zjištěné zmetky
  - zásoby na každém pracovišti pro případ výpadku
- d) Opravářské zásoby –  $Z_{opr}$  (sloužící po dobu opravy na pracovišti k zajištění přísunu rozpracované výroby na následující pracoviště)

### 17.1 Určení maximální rozpracovanosti varianty A

Technologická zásoba je počet součástí, které jsou opracovávány na všech pracovištích včetně kontroly. V našem případě je tedy technologická zásoba rovna součtu všech pracovišť vynásobená počtem kusů v dávce. Tedy:

$$Z_{tg} = d_v \cdot n$$

- kde:  $d_v$  velikost výrobní dávky [ks]  
 $m$  počet všech pracovišť  $i=1,2,..m$ ,  
 $n$  počet pracovišť

Dopravní zásoba v našem případě odpovídá součinu počtu dávek ve vyrovnávacím zásobníku a počtem kusů v jedné dávce.

$$Z_{dp} = d_v \cdot d_z$$

- Kde:  $d_z$  počet dávek ve vyrovnávacím zásobníku.

Pojistná zásoba zajišťuje plynulý chod v případě poruch a nahrazuje zmetky zjištěné na kontrole. Velikost pojistné zásoby na kontrole se určí podle vztahu:

$$Z_{opr} = \frac{t_{opr}}{t} \cdot d_v$$

- kde:  $t_{opr}$  čas nutný na provedení opravy [min]  
 $t$  takt linky [min]

Čas na provedení opravy jsem zvolil 10 minut.

Pojistná zásoba pro plynulý chod v případě poruchy se určí podobně ze vztahu:

$$Z_{por} = \frac{t_{por}}{t} \cdot d_v$$



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

kde:  $t_{por}$  čas potřebný pro odstranění poruchy [min]

Čas pro odstranění poruchy jsem zvolil 30 minut. (pro automat GEN2 a zátkovačku)

Celková výše rozpracované výroby se určí součtem dílčích zásob

$$Z = Z_{tg} + Z_{dp} + Z_{opr} + Z_{por}$$

Maximální rozpracovanost vložky FAB 200 STND je tedy:

$$\begin{aligned} Z_{Astnd} &= (d_v \cdot n) + (d_v \cdot d_z) + \left(\frac{t_{opr}}{t} \cdot d_v\right) + \left(\frac{t_{por}}{t} \cdot d_v\right) \\ &= (15 \cdot 4) + (15 \cdot 2) + \left(\frac{10}{7,7} \cdot 15\right) + \left(\frac{30}{7,7} \cdot 15\right) = 167,92 \Rightarrow 168 \text{ ks} \end{aligned}$$

Z toho **60 ks** je přímo ve výrobě a zbytek tvoří pojistné zásoby.

Maximální rozpracovanost všech zbývajících vložek kromě FAB 200 ABN 2+2 „B“ je:

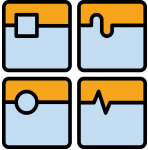
$$\begin{aligned} Z_{Azby} &= (d_v \cdot n) + (d_v \cdot d_z) + \left(\frac{t_{opr}}{t} \cdot d_v\right) + \left(\frac{t_{por}}{t} \cdot d_v\right) \\ &= (15 \cdot 5) + (15 \cdot 2) + \left(\frac{10}{7,7} \cdot 15\right) + \left(\frac{30}{7,7} \cdot 15\right) = 182,92 \Rightarrow 183 \text{ ks} \end{aligned}$$

Z toho **75 ks** je přímo ve výrobě a zbytek tvoří pojistné zásoby.

Pro vložky FAB 200 ABN 2+2 „B“ je maximální rozpracovanost vyšší o jednu dávku, která je ve vyrovnávacím zásobníku, tedy:

$$\begin{aligned} Z_{Aabn2+2} &= (d_v \cdot n) + (d_v \cdot d_z) + \left(\frac{t_{opr}}{t} \cdot d_v\right) + \left(\frac{t_{por}}{t} \cdot d_v\right) = \\ &= (15 \cdot 5) + (15 \cdot 3) + \left(\frac{10}{7,7} \cdot 15\right) + \left(\frac{30}{7,7} \cdot 15\right) = 197,92 \Rightarrow 198 \text{ ks} \end{aligned}$$

Z toho **75 ks** je přímo ve výrobě a zbytek tvoří pojistné zásoby.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 83
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 18 ZÁVĚR

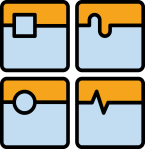
Předmětem projektování výrobních systémů bývá zpracování technicko-organizačního řešení plánované, nebo optimalizované výroby. Projekt zpravidla obsahuje návrhy technologie výroby a montáže, uspořádání strojů a zařízení, počet potřebných pracovníků, včetně ekonomického zhodnocení. Většinou se jednotlivé návrhy vypracovávají v několika variantách, které se posléze vzájemně vyhodnotí a vybere se ta, která nejvíce odpovídá danému zadání. Vítězná varianta se potom dále zpracovává do podoby technologického projektu. Abychom dosáhli zadaných cílů návrhu, postupuje se v předem daných a logicky uspořádaných krocích, přičemž se využívá různých metod rozborů a návrhů.

Nedílnou částí těchto návrhů bývá i řešení ergonomie pracoviště. Cílem ergonomie je optimalizace pracovních podmínek tak, aby se nejen chránilo zdraví člověka při práci, ale zároveň se zvyšovala jeho spolehlivost a efektivita. Tedy dalo by se říci „při co nejmenší námaze a nejpohodlnějším způsobu vykonat práci dostatečně rychle a správně.“

Cílem této práce byla optimalizace montážního pracoviště cylindrických vložek značky FAB vyráběné firmou ASSA ABLOY Rychnov, s.r.o. Požadavek optimalizace vznikl z důvodu nákupu dvou nových plnicích zařízení, které nahradily pomalejší automaty, podle kterých probíhala montáž do nákupu. Zrychlením plnění se tak rozpadla synchronizace výroby a vznikala velká nevyváženost výroby, tudíž nevhodné využití všech zdrojů. Se snahou využít volné kapacity docházelo k vysoké rozpracovanosti výroby a z toho důvodu potom k vysokým skladovým zásobám. Úkolem práce bylo tedy vytvořit takový technologický projekt, který by odstranil zjištěné nedostatky a samozřejmě vyhovoval požadavkům zadání.

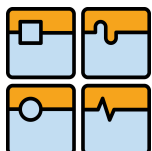
V první části se práce zabývá popisem výrobků, jejich konstrukcí a složitostí, která má vliv na celkový čas montáže. Z rozboru postupu montáže jednotlivých vložek a rozboru současných pracovišť vznikl návrh ručního pracoviště předmontáže, které by zároveň splňovalo ergonomické požadavky. Z detailního návrhu pracoviště, který obsahuje i rozložení jednotlivých komponentů, byly pomocí metody Basic MOST určeny normované časy ruční montáže, ze kterých vychází další dílčí návrhy. V těch byly zpracovány 3 nové varianty řešení uspořádání jednotlivých pracovišť (4.tá varianta byla původně navržena projektovým inženýrem ASSA ABLOY Rychnov, s.r.o.). Vlastnosti těchto 4 variant jsou porovnány váhovým hodnocením, na jehož základě je určena nejlepší z nich. Nejvýhodnější variantou splňující požadavky zadání je varianta A. Pro tuto variantu je potom stanoveno optimální množství skladových zásob všech komponent a určena maximální rozpracovanost výroby.

Z mého pohledu, se stejně jako ve výsledku váhového hodnocení, jeví nejvýhodnější varianta A. S relativně nízkými náklady na realizaci splňuje požadavky na ergonomii a dosahuje nejlepšího teoretického průměrného vytížení operátorů a automatického plnicího stroje v porovnání s ostatními variantami. I přes splnění požadovaného objemu výroby je vytížení pracovníků nižší, než bychom chtěli. To je způsobené složitostí konstrukce některých typů vložek, a tím pádem potřeby zdvojení ručních montážních pracovišť.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 84
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 19 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Zelenka, A., Král, M. *Projektování výrobních systémů*. Praha. Vydavatelství ČVUT, 1995. Str. 365. ISBN 80-01-01302-2.
- [2] Tomek, G., Vávrová, V. *Řízení výroby*. Praha. Grada Publishing, spol. s.r.o., 2000. Str. 412. ISBN 80-7169-955-1.
- [3] Hlavenka, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Brno. AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2005. Str. 197. ISBN 80-214-2871-6.
- [4] Maynard, H.B. *BasicMOST: Příručka*
- [5] Manlig, F. *Počítačová simulace diskrétních událostí*. [Online]. MM průmyslové spektrum. 10/1999. Dostupné z < <http://www.humusoft.cz/archived/pub/witness/9910/manlig.htm> >
- [6] Jirsa, J. *Nástroje pro modelování a simulace výrobních procesů*. [pdf] Praha. Katedra elektrotechnologie, FEL ČVUT Praha. Dostupné z < <http://formular-ekf.vsb.cz/formulare/F01/tsw/getfile.php?prispevekid=786> >
- [7] Košturiak, J., Gregor, M. *Podnik v roce 2011: Revoluce v podnikové kultuře*. Praha. Grada Publishing, spol. s.r.o., 1993. Str. 320. ISBN 80-7169-003-1.
- [8] Gilbertová, S., Matoušek, O. *Ergonomie: Optimalizace lidské činnosti*. Praha. Grada Publishing a.s., 2002. str. 240. ISBN 80-247-0226-6.
- [9] Marek, J., Skřehot, P. *Bezpečný podnik: Základy aplikované ergonomie*. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce. v.v.i., 2009. ISBN 978-80-86973-58-6.
- [10] Profil společnosti. *FAB*. [Online] 2005. [Citace: 25. 4 2011.] Dostupné z <<http://www.fab.cz/o-spolecnosti/profil-spolecnosti>>.
- [11] *Katalog cylindrické vložky FAB 2010*. Praha. ASSA ABLOY Czech & Slovakia s.r.o, 2010. 11 str.
- [12] Nařízení vlády č.361/2007 SB., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. 2007.
- [13] GmbH, Staudinger EST. [Online].  
Dostupné z <<http://www.staudinger-est.de/en/simulation/> >
- [14] *Cvičení 2 z logistiky*. [Doc] [Citace 15.5.2011]  
Dostupné z: < [http://pef.czu.cz/~panek/Logistika\\_09/Cv2.doc](http://pef.czu.cz/~panek/Logistika_09/Cv2.doc) >
- [15] NEJEDLÝ, J. *Technologický projekt výrobní linky na výrobu plastových oken*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 75 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.
- [16] Tecnomatix Siemens PLM software. [Online] 2011 Dostupné z < [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/tecnomatix/](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/) >

**20 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

<b>Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Název</b>
a		koeficient
b	[p.j.]	objednací náklady na jednu objednávku
Bz	[m.j.]	Objednací množství
c	[p.j.]	náklady na zásoby za období
d	[m.j.]	spotřeba kusů za rok
$d_v$	[ks]	minimální velikost dávky
$d_z$	[ks]	počet dávek ve vyrovnávacím zásobníku
$i_p$	[ks]	počet prvků
$i_v$	[ks]	počet vložek v dávce
k		Teoreticky nejmenší počet stanic
m	[m.j.]	průměrná denní spotřeba
m		počet všech pracovišť
$m_{max}$	[m.j.]	maximální denní spotřeba
$m_{skut}$	[m.j.]	skutečné objednací množství
n		počet pracovišť linky
$N_s$	[ks]	počet výrobků vyrobených ve směně
$N_{sd}$	[ks]	počet dávek vyrobených ve směně předpokládaný počet dávek v mezioperačním zásobníku
$n_z$	[ks]	
$P_{th}$		Teoretický počet pracovišť
Q	[m.j.]	optimální objednací množství
$Q_p$	[ks]	výrobní kapacita jednoho pracoviště
t	[min]	takt linky
$T_c$	[min]	celkový čas výroby dávky na lince
$t_d$	[dny]	průměrný dodávkový cyklus
$t_{dmax}$	[dny]	maximální délka dodávkového cyklu
$t_{GEN2}$	[min]	čas plnění na GEN2
$t_k$	[s]	operační – kusový čas
$t_{opr}$	[min]	čas nutný na provedení opravy
$t_p$	[s]	čas plnění 1 prvku
$T_p$	[min]	průběžná doba výroby dávky na lince
$t_{por}$	[min]	čas potřebný pro odstranění poruchy
$t_{pz}$	[s]	čas přípravy a zakončení
$T_s$	[min]	čas směny

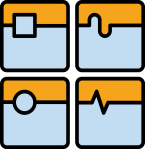


## DIPLOMOVÁ PRÁCE

$T_z$	[min]	ztrátové časy
$Z$	[ks]	Celková výše rozpracované výroby
$Z_{dp}$	[ks]	dopravní zásoba
$Z_{opr}$	[ks]	pojistná zásoba pro opravy
$Z_p$	[ks]	Výše pojistné zásoby
$Z_{por}$	[ks]	pojistná zásoba pro poruchy
$Z_{tg}$	[ks]	technologická zásoba

## 21 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1	Princip transformačního procesu [2].....	15
Obr. 1.2	Postup výběru vhodného systému měření práce MOST [4].....	19
Obr. 1.3	Termíny a jejich vztah ve spojitosti s analýzou MOST .....	20
Obr. 1.4	Pracovní prostředí programu FACTOR/AIM .....	23
Obr. 1.5	Pracovní prostředí programu Tecnomatix [16].....	23
Obr. 1.6	Příklad modelu firmy Staudinger EST GmbH [13].....	24
Obr. 1.7	Umísťování pracovišť v trojúhelníkové síti [3] .....	25
Obr. 1.8	Volné uspořádání pracovišť [3] .....	27
Obr. 1.9	Technologické uspořádání pracovišť [3] .....	27
Obr. 1.10	Předmětné uspořádání pracovišť [3].....	28
Obr. 1.11	Modulární způsob rozmístění pracovišť [3] .....	28
Obr. 1.12	Buňkové uspořádání pracovišť [3].....	29
Obr. 1.13	Doporučované výšky pracovních ploch [8].....	31
Obr. 1.14	Dosahy horních končetin na pracovním stole [9] .....	32
Obr. 3.1	Řez vložkou FAB 200 „standardní délky“ .....	35
Obr. 3.2	Řez vložkou FAB 200 „abnormální délky s 1+1 nastavcem“ .....	35
Obr. 3.3	Řez vložkou FAB 200 „abnormální délky s 2+2 nastavci“ .....	36
Obr. 3.4	Řez vložkou FAB 201 „krátké - půlové“ .....	36
Obr. 3.5	Řez vložkou FAB 202 „krátké - knoflík“ .....	37
Obr. 4.1	Precedenční diagram postupu montáže cylindrických vložek .....	39
Obr. 5.1	Současné uspořádání pracoviště montáže .....	40
Obr. 5.2	Pracoviště čtení klíčů .....	41
Obr. 5.3	Typické pracoviště ruční předmontáže.....	41
Obr. 5.4	Plnicí stroj „pick and place“ GEN2 .....	42
Obr. 5.5	Jednoučelový zátkovací stroj .....	43
Obr. 8.1	Přípravek pro ruční předmontáž vložek.....	45
Obr. 8.2	Poloautomat pro ruční předmontáž .....	45
Obr. 8.3	Návrh pracoviště ruční předmontáže .....	46
Obr. 10.1	Schéma uspořádání varianty A .....	55
Obr. 10.2	Schéma uspořádání varianty B .....	55
Obr. 10.3	Schéma uspořádání varianty C.....	56
Obr. 11.1	Layout dílny pro montáž cylindrických vložek .....	59

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 88
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Obr. 11.2	Uspořádání pracoviště montáže (varianta A) .....	60
Obr. 11.3	Uspořádání jedné buňky pracoviště předmontáže cylindrických vložek (varianta B) .....	61
Obr. 11.4	Uspořádání pracoviště předmontáže cylindrických vložek (varianta C)	62
Obr. 11.5	Layout uspořádání pracoviště montáže (varianta D).....	63
Obr. 14.1	Simulační model varianty A .....	66
Obr. 14.2	Plán operací simulačního modelu .....	66
Obr. 14.3	Ganttův diagram (varianta A) .....	67
Obr. 14.4	Simulační model (varianta B).....	68
Obr. 14.5	Ganttův diagram (varianta B).....	68
Obr. 14.6	Simulační model (varianta C).....	69
Obr. 14.7	Ganttův diagram (varianta C).....	70
Obr. 14.8	Graf průměrného vytížení operátorů .....	71
Obr. 14.9	Graf vytížení plnicího automatu GEN2 .....	72

## 22 SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1	Převodní tabulka TMU .....	22
Tab. 3.1	Procentuální složení výroby .....	38
Tab. 15.1	Srovnání variant.....	74
Tab. 16.1	Spotřeba a délka dodací lhůty těles vložek.....	76
Tab. 16.2	Spotřeba a délka dodací lhůty bubínků.....	77
Tab. 16.3	Spotřeba a délka dodací lhůty komponent.....	78
Tab. 16.4	Spotřeba a dodací lhůty zátek, stavítek a kolíků.....	79
Tab. 16.5	Spotřeba a dodací lhůty pojitsných kroužků.....	79
Tab. 16.6	Optimální skladové zásoby komponent .....	80

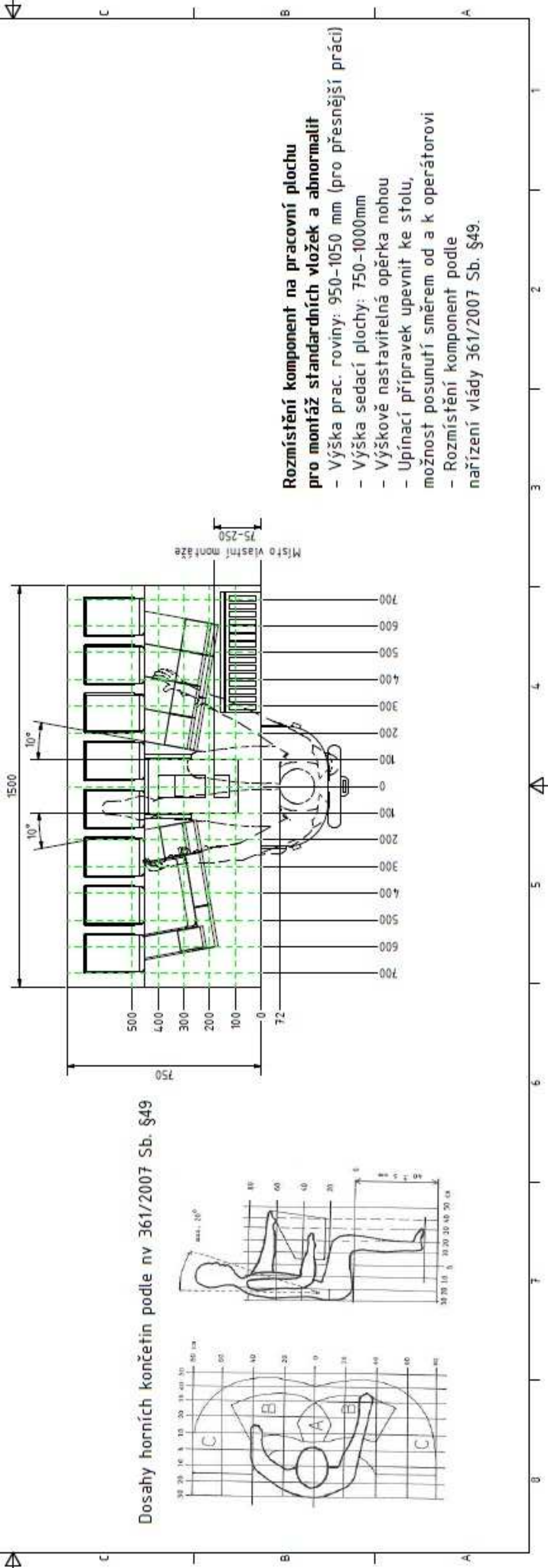
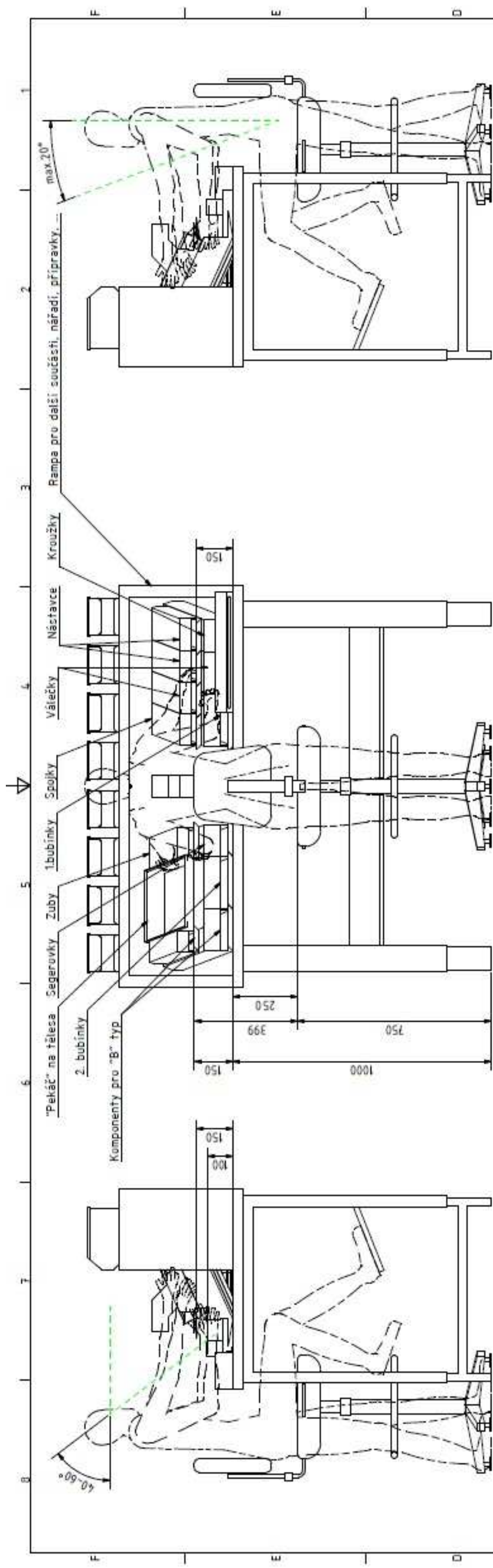
## 23 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Datová tabulka Obecné přemístění
Příloha 2	Datová tabulka Řízené přemístění
Příloha 3	Návrh ručního montážního pracoviště
Příloha 4	Vyplněný formulář MOST pro montáž vložky
Přílohy 4 – 32	Vyplněné formuláře MOST (z důvodů vysokého počtu stránek pouze na CD)
Příloha 33	Tabulka normočasů
Příloha 34	Teoreticky nejmenší počet pracovišť
Příloha 35	Návrh layoutu varianty A
Příloha 36	Návrh layoutu varianty B
Příloha 37	Návrh layoutu varianty C
Příloha 38	Návrh layoutu varianty D
Příloha 39	Parametry varianty A
Příloha 40	Parametry varianty B
Příloha 41	Parametry varianty C

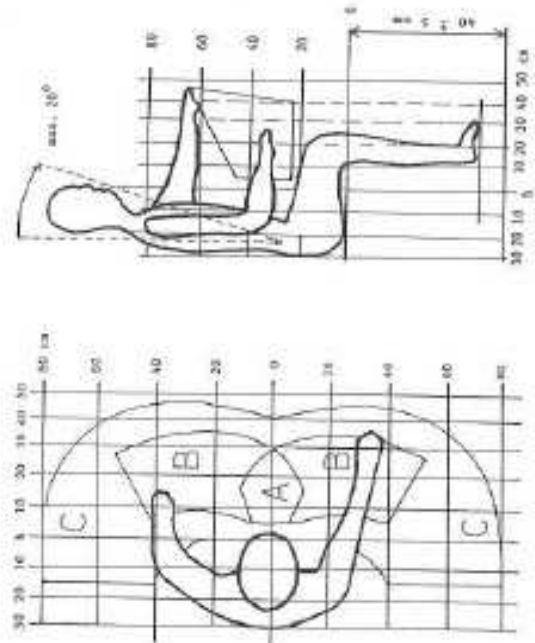
CD-ROM obsahující: vlastní práci ve formátu pdf, přílohy v dokumentu doc a tabulkách excelu, zdroje ve formě obrázků, dokumentů pdf, dwg výkres návrhu ručního předmontážního pracoviště, dwg výkres layoutů všech variant, obrázky uspořádání variant, simulační program pro software FACTOR/AIM.

<b>Obecné přemístění</b>								
Index*10	ABG	ABP	A	Pohyb těla	Získání kontroly	Umístění	Index*10	
	Získat	Položit	Návrat					B
0	<b>Akce na určitou vzdálenost</b>	<b>A</b>		<b>Pohyb těla</b>	<b>B</b>	<b>G</b>	<b>P</b>	Index*10
0	≤ 5 cm			Žádný pohyb těla		Bez získání kontroly Držet	Bez umístění Držet Hodit	0
1	Na dosah					Uchopit lehký objekt uchopit lehký objekt Simo	Odložit Volné tolerance	1
3	1 - 2 kroky			Sednout bez ustavení Vstát bez ustavení Sehnout se a napřímít 50%		Získat Ne-simo Získat těžký/objemný Získat neviděný Získat blokováný Promíchaný Rozpojit Shromáždit	Volné tolerance při nevidění Umístit s ustavením Umístit s lehkým tlakem Umístit s dvojitým umístěním	3
6	3 - 4 kroky			Sehnout se a napřímít			Uložit s péčí Uložit s přesností Uložit neviděný Uložit blokováný Uložit velkým tlakem Uložit s mezipohyby	6
10	5 - 7 kroků			Sednout Vstát				10
16	8 - 10 kroků			Sehnout se a sednout Vylézt nahoru Slézt dolů Vstát a sehnout se Dvěřmi				16

		Řízené přemístění						
ABG	MXI	A						
Získat	Přemístit/spustit	Návrat						
Index*10	Přesun řízený	M	Procesní čas		X	Vyrovnání	I	Index*10
			sekundy	minuty				
0	Žádná činnost	Žádná činnost	Žádný procesní čas			žádné vyrovnání		0
1	Tlačít/Táhnout/Otáčet ≤ 30cm Tlačít tlačítko Tlačít nebo táhnout přepínač Otáčet otočným knoflíkem		0,5 sec.	0,01 min.	0,0001hr.	Vyrovnání na 1 bod		1
3	Tlačít/Táhnout/Otáčet ≤ 30cm Tlačít táhnout s odporem Usadit Uvolnit Tlačít/Táhnout se zvýšenou kontrolou Tlačít/Táhnout 2 etapy ≤ 30 cm Tlačít/Táhnout 2 etapy ≤ 60 cm součet	1 otáčka	1,5 sec.	0,02 min.	0,0004 hr.	Vyrovnání na 2 body ≤ 10 cm		3
6	Tlačít/Táhnout 2 etapy > 30 cm Tlačít/Táhnout 2 etapy > 60 cm součet Tlačít/Táhnout s 1 - 2 kroky	2 - 3 otáčky	2,5 sec.	0,04 min.	0,0007 hr.	Vyrovnání na 2 body > 10 cm		6
10	Tlačít/Táhnout 3 - 4 etapy Tlačít s 3 - 5 kroky	4 - 6 otáček	4,5 sec.	0,07 min.	0,0012 hr.			10
16	Tlačít s 6 - 9 kroky	7 - 11 otáček	7,0 sec.	0,11 min.	0,0019 hr.	Vyrovnání s přesností		16



Dosahy horních končetin podle nv 361/2007 Sb. §49



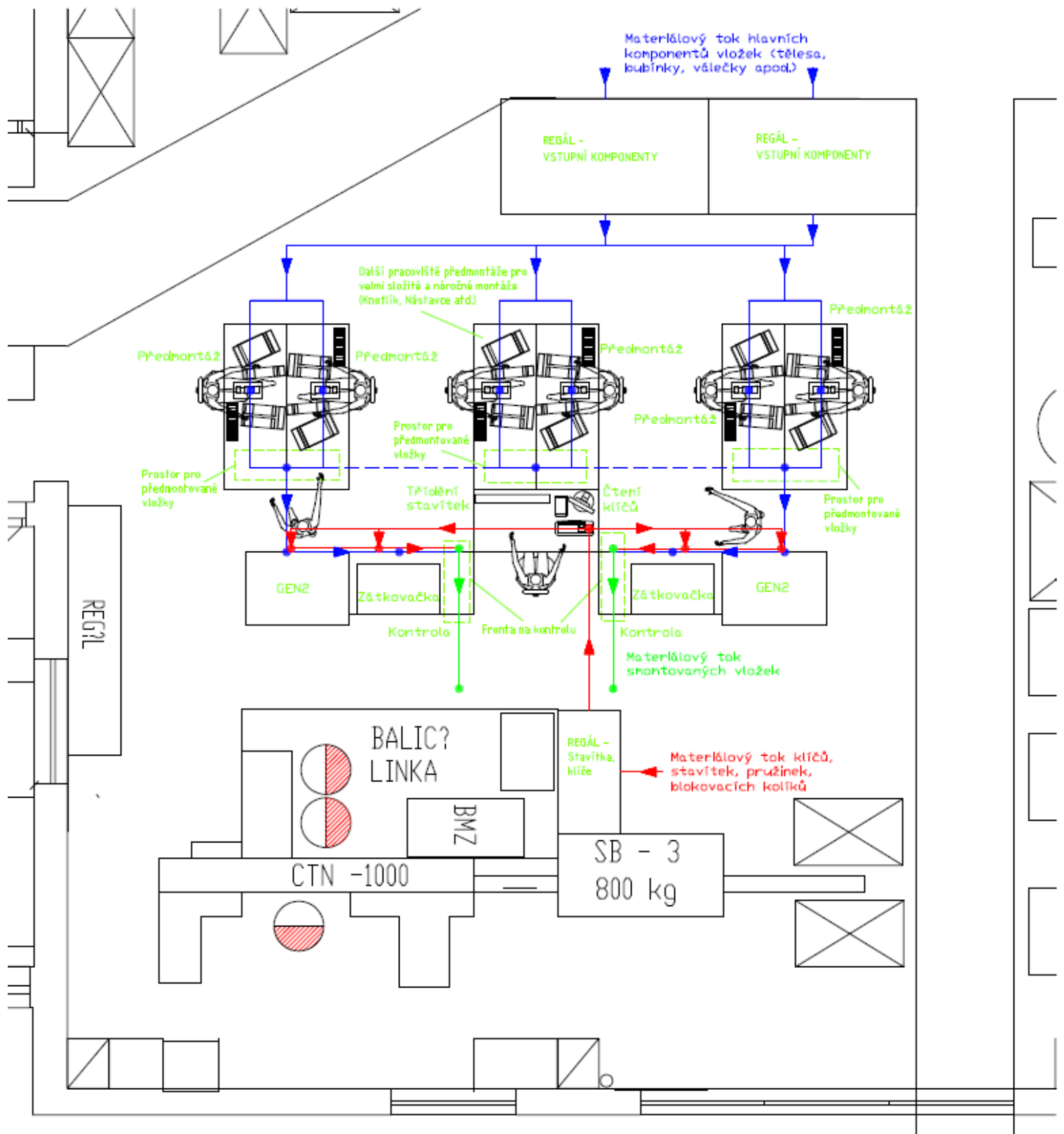
## Příloha 4

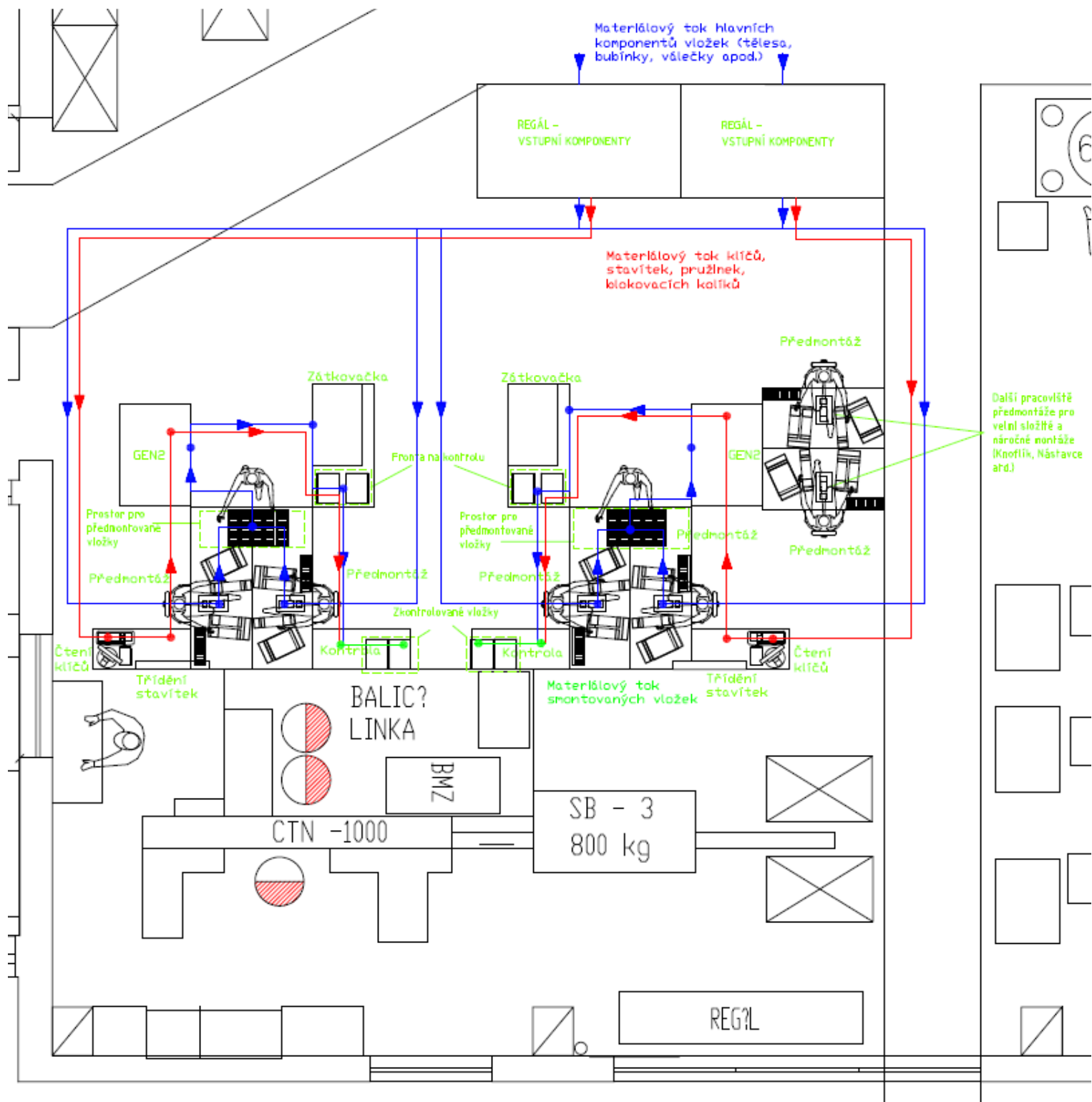
Kalkulace BasicMOST		Kód														
		5. 4. 2011														
Oblast: Montáž vložek		L. Sobotka														
		1.1														
Aktivita: Manipulace GEN																
Podmínky: Komponenty v zásobnících, stav vstupních komponent bez vad,																
Č.	Prac. metoda	Č.	Sekvenční model												Fr.	TMU
			A	B	G	M	X	I	A							
1	Otevřít víko GEN	1	1	0	1	3	1	0	0						1	60
2	Odebrat vložky z GEN	2	1	0	3	1	0	1	0						1	60
3	Vzít předmontovanou vložku a vložit jej do palety	3	1	0	1	1	0	1	0						15	600
4	Zajistit vložky v paletě	4	1	0	1	1	1	0	0						1	40
5	Vzít paletu a vložit ji do GEN2	5	3	0	3	3	0	3	0						1	120
6	Zavřít víko	6	1	0	1	3	1	0	0						1	60
7	Nastavit plnění a spustit automat	7	1	0	1	1	16	0	0						1	190
8			A	B	G	A	B	P	A						1	0
9			A	B	G	A	B	P	A						1	0
10			A	B	G	A	B	P	A						1	0
11			A	B	G	A	B	P	A						1	0
12			A	B	G	A	B	P	A						1	0
13			A	B	G	M	X	I	A						1	0
14			A	B	G	A	B	P	A						1	0
15			A	B	G	A	B	P	A						1	0
16			A	B	G	A	B	P	A						1	0
17			A	B	G	A	B	P	A						1	0
			A	B	G	A	B	P		A	B	P	A		1	0
			A	B	G	A	B	P		A	B	P	A		1	0
			A	B	G	A	B	P		A	B	P	A		1	0
Čas	40,68	sekundy												1130		

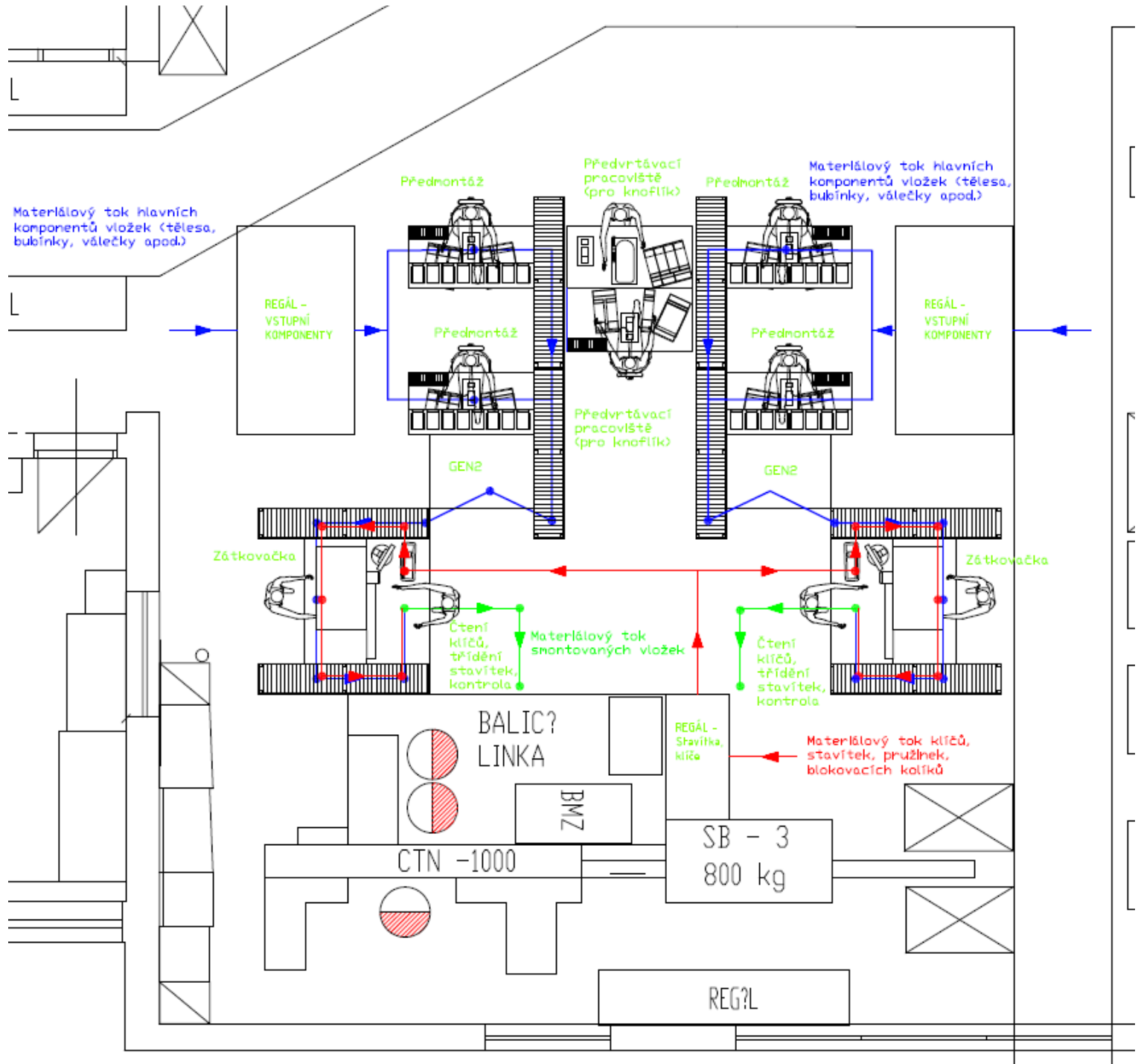
Typ vložky / operace	FAB200 standardní délky	FAB200 "B" standardní délky	FAB 200 "abnormality" 1+1 nástavec	FAB 200 "B" "abnormality" 1+1 nástavec	FAB 200 "abnormality" 2+2 nástavce 2+2 nástavce	FAB 200 "B" "abnormality" 2+2 nástavce	FAB 201 "půlové"	FAB 201 "B" "půlové"	FAB 201 "knoflík"	FAB 201 "B" "knoflík"
	(min/15ks)									
Třídění stavítek (a)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Čtení klíče (b)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Předmontáž (c)	6,1	9,6	10	14,5	11,2	15,7	3,4	6	9,1	11,2
Automatická montáž (GEN2) (d)	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	4,1	4,1	4,1	4,1
Zátkování (e)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	3,1	3,1	3,1	3,1
Kontrola (+balení)(f)	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	1,9	1,9	1,9	1,9

Pozn.: Písmeno „B“ v označení cylindrických vložek značí variantu se zabezpečením.

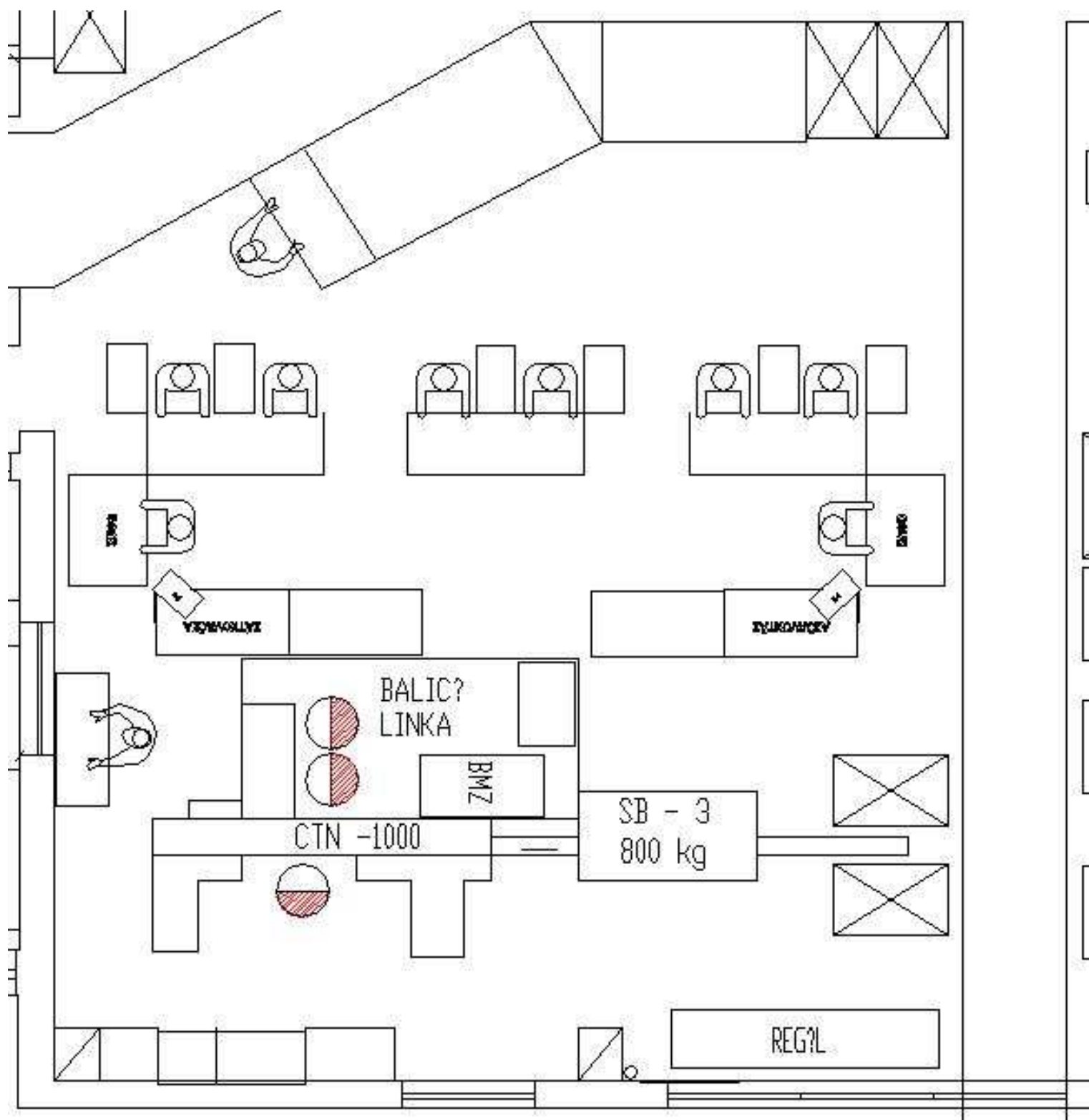
Typ vložky / operace	FAB 200 STND	FAB 200 STND "B"	FAB 200 ABN 1+1	FAB 200 ABN 1+1 "B"	FAB 200 ABN 2+2	FAB 200 ABN 2+2 "B"	FAB 201 PUL	FAB 201 PUL "B"	FAB 201 KNO	FAB 201 KNO "B"
	teoretický počet pracovišť									
Třídění stavítek (a)	0,1									
Čtení klíče (b)	0,2									
Předmontáž (c)	0,8	1,2	1,3	1,9	1,5	2	0,4	0,8	1,2	1,5
Automatická montáž (GEN2) (d)	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5
Zátkování (e)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4
Kontrola (+balení)(f)	0,4									
	0,2									







Příloha 38 Layout varianty D



Alternativa A	Vytížení pracoviště/operátorů (%)						Průměrné vytížení operátorů (%)	Doba zhotovení 850ks (hod)	Výkon linky (dávký/hod)	Hladina vstupního zásobníku (dávký)
	automat GEN2	Operátor předmontáže 1	Operátor předmontáže 2	Obsluha GEN2 + zátkování	Kontrola					
FAB 200 STND	87,6	80,2		82,1	72,5		78,3	7,9	7,19	2
FAB 200 STND „B“	87,7	63,9	61,7	81,8	72,2		69,9	7,9	7,19	2
FAB 200 ABN 1+1	87,7	66,6	64,3	81,8	72,2		71,2	7,9	7,19	2
FAB 200 ABN 1+1 „B“	87,7	96,5	93,2	81,8	72,7		86,1	7,9	7,19	2
FAB 200 ABN 2+2	87,7	74,6	72	81,8	72,2		75,2	7,9	7,19	2
FAB 200 ABN 2+2 „B“	87,6	68,8	68,8	82,1	72,5		73,1	7,9	7,22	3
FAB 201 PŮL	69,3	71,4		80,9	97,1		83,1	5,2	10,99	2
FAB 201 PŮL „B“	69,3	64,1	61,9	80,9	97,1		76	5,2	10,99	2
FAB 201 KNO	63,2	88,7	85,7	73,8	88,5		84,2	5,6	10,31	2
FAB 201 KNO „B“	57,8	99,8	96,4	67,4	80,9		86,1	6,1	9,36	2

Pozn. U vložky FAB 200 ABN 2+2 „B“ (označena růžovou barvou) je zapotřebí další operátor na předmontáž. Předpokládané využití je 68,5%.

Alternativa B	Vytížení pracoviště/operátorů (%)							Průměrné vytížení operátorů (%)	Doba zhotovení 850ks (hod)	Výkon linky (dávký/hod)	Hladina vstupního zásobníku (dávký)
	automat GEN2	Operátor předmontáže 1	Operátor předmontáže 2	Operátor předmontáže 3	Obsluha GEN2 + zátkování						
FAB 200 STND	87,6	97,6	55,1		82,1	78,3	7,9	7,22	2		
FAB 200 STND „B“	85	98,1	94,7		79,7	90,8	8	7,01	2		
FAB 200 ABN 1+1	87,6	93,4	55,2	55,3	82,1	71,5	7,9	7,21	2		
FAB 200 ABN 1+1 „B“	86,4	84,7	85,8	89	81	85,1	8	7,22	4		
FAB 200 ABN 2+2	87,4	87,2	85,7	46,4	82	75,3	7,9	7,21	2		
FAB 200 ABN 2+2 „B“	85,9	92,9	90,3	90,3	80,6	88,5	7,9	7,08	3		
FAB 201 PŮL	78,7	99,4	84,7		68	84	4,7	12,15	2		
FAB 201 PŮL „B“	62,5	98,3	96,6		54	83	5,7	9,94	2		
FAB 201 KNO	48,5	100	96,5		41,9	79,5	7,2	7,92	2		
FAB 201 KNO „B“	60,7	99,7	91,5	93,1	52,5	84,2	5,9	9,69	3		

Alternativa C	Vytížení pracoviště/operátorů (%)						Průměrné vytížení operátorů (%)	Doba zhotovení 850ks (hod)	Výkon linky (dávký/hod)	Hladina vstupního zásobníku (dávký)
	automat GEN2	Operátor předmontáže 1	Operátor předmontáže 2	Obsluha GEN2 + kontrola	Zátkování					
FAB 200 STND	87,2	79,8		81,8	72		77,9	7,9	7,19	2
FAB 200 STND „B“	87,2	63,9	61,7	81,8	72		69,9	7,9	7,19	2
FAB 200 ABN 1+1	87,2	66,6	64,3	81,8	72		71,2	7,9	7,19	2
FAB 200 ABN 1+1 „B“	87,2	96,5	93,2	81,8	72		85,9	7,9	7,19	2
FAB 200 ABN 2+2	87,2	74,5	72	81,8	72		75,1	7,9	7,19	2
FAB 200 ABN 2+2 „B“	87,2	68,5	68,5	81,8	72		72,7	7,9	7,19	3
FAB 201 PŮL	60,9	62,1		97,8	56,7		72,2	5,9	9,72	2
FAB 201 PŮL „B“	60,9	55,8	53,9	97,8	56,7		66,1	5,9	9,72	2
FAB 201 KNO	60,8	84,4	81,5	97,6	56,5		80	5,9	9,7	2
FAB 201 KNO „B“	57,8	98,9	95,5	92,8	53,8		85,3	6,1	9,28	2