



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## NÁVRH OPTIMALIZACE TECHNOLOGICKÝCH PRACOVÍŠŤ V MALÉM STROJÍRENSKÉM PODNIKU

OPTIMAL LAYOUT PROPOSAL OF TECHNOLOGICAL WORKPLACES AT A SMALL MECHANICAL  
ENGINEERING COMPANY

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Janoušek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2020

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Petr Janoušek**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Marek Štroner, Ph.D.**  
Akademický rok: 2019/20

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 bakalářské práce:

## **Návrh optimalizace technologických pracovišť v malém strojírenském podniku**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Úkolem práce je analyzovat současný stav ve zvolené strojírenské firmě. Kapacitní propoččet a návrh optimálního uspořádání technologických pracovišť a skladu na základě inovovaného strojního parku. Kritéria pro výsledné uspořádání by měla být v souladu s firemním vybavením a podnikovými cíli.

### **Cíle bakalářské práce:**

1. Analýza současného stavu firmy.
2. Inovovaný kapacitní propoččet výrobní haly v porovnání se stávajícím.
3. Návrh variant uspořádání haly a skladu včetně grafického řešení.
4. Volba vhodné varianty a její technicko–ekonomické zhodnocení.

### **Seznam doporučené literatury:**

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.

HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem (Systémy a prostředky manipulace s materiálem). 1. vyd. Brno: VUT-FSI, 1990, 164 s. ISBN 80-214-0068-4.

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. 1.vyd. Brno: VUT-FSI, 1991, 185 s. ISBN 80-214-0385-3.

SAMEK, Jaroslav. Modely optimálního rozmístění výroby. 1.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.

ZELENKA, Antonín. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

---

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

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

JANOUSHKOVEC Petr: Návrh optimalizace technologických pracovišť v malém podniku.

Bakalářská práce se zabývá optimalizací uspořádání technologických pracovišť v malé strojírenské firmě pana Beneše. Pro tuto optimalizaci je využito technologické projektování. Práce obsahuje literární rešerši, která vysvětluje základní pojmy a postupy používané pro vytváření návrhů. Pro zjištění předmětů nutných k optimalizaci slouží zhodnocení aktuálního stavu. Nové návrhy vycházejí z kapacitního propočtu. Jsou zaměřeny na zlepšení pracovních podmínek a manipulačních prostor. Zjištěné skutečnosti jsou ověřeny z ekonomického hlediska a závěrem je vybrána nejvhodnější varianta.

Klíčová slova: technologický projekt, optimalizace, kapacitní propočet, uspořádání pracovišť, dispoziční řešení

## **ABSTRACT**

JANOUSHKOVEC Petr: Optimal layout proposal of technological workplaces at a small mechanical engineering company.

The bachelor thesis deals with the optimization of the arrangement of technological workplaces in a small engineering company of Mr. Benes. Technological designing is used for this optimization. The thesis contains a literature search that explains the basic concepts and procedures used to create these designs. Evaluation of the current state is used to identify the items necessary for optimization. New proposals are based on capacity calculation. They are aimed at improving working conditions and handling areas. The findings are verified from the economic point of view and in the end the most suitable variant is chosen.

Keywords: technological project, optimization, capacity calculation, arrangement of workplaces, layout solution

#### **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

JANOUSHKOVEC, Petr. *Návrh optimalizace technologických pracovišť v malém strojírenském podniku* [online]. Brno, 2020 [cit.2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124353>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Marek Štroner.

### ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V ..... dne 22.6.2020

.....  
Podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Marku Štronerovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce a také panu Miroslavu Benešovi za umožnění spolupráce na tomto projektu.

# OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	10
<b>1 ROZBOR ZADÁNÍ</b> .....	11
<b>1.1 Možnosti řešení</b> .....	11
<b>2 TECHNOLOGICKÝ PROJEKT</b> .....	12
<b>2.1 Obecný postup při sestavování návrhu projektu</b> .....	12
<b>2.2 Analýza výrobního systému podniku</b> .....	13
2.2.3 Výběr objektu projektování .....	13
2.2.1 Výrobek a typ výroby .....	13
2.2.2 Analýza materiálových toků .....	13
<b>2.3 Metody sestavování návrhů</b> .....	14
2.3.1 Empirické metody .....	15
2.3.3 Metoda návaznosti operací .....	15
2.3.4 Kapacitní propočet .....	16
<b>2.4 Rozdělení pracovních strojů</b> .....	16
<b>2.5 Rozdělení pracovišť</b> .....	16
<b>2.6 Rozdělení uspořádání strojů</b> .....	17
2.6.1 Volné uspořádání .....	17
2.6.2 Technologické uspořádání .....	18
2.6.3 Předmětné uspořádání .....	19
2.6.4 Modulární uspořádání .....	19
2.6.5 Buňkové a hnízdové uspořádání .....	20
2.6.6 Kombinované uspořádání .....	21
<b>2.7 Zásady rozmístování strojů</b> .....	21
<b>2.8 Bezpečnost práce</b> .....	25
<b>3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU</b> .....	26
<b>3.1 Výrobní hala</b> .....	26
<b>3.2 Strojní vybavení</b> .....	31
<b>4 KAPACITNÍ PROPOČET</b> .....	32
<b>4.1 Časové fondy</b> .....	32



<b>4.2 Počet strojních a ručních pracovišť</b> .....	33
<b>4.3 Procentuální využití pracovišť</b> .....	35
<b>4.4 Výpočet potřebného množství pracovníků</b> .....	36
<b>4.5 Výpočet ploch</b> .....	39
<b>4.6 Srovnání se současným stavem</b> .....	41
<b>5 NÁVRH NOVÉHO USPOŘÁDÁNÍ HALY</b> .....	42
<b>5.1 Varianta A</b> .....	42
<b>5.2 Varianta B</b> .....	43
<b>6 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ</b> .....	44
<b>7 ZÁVĚR</b> .....	46

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam vzorců

Seznam výkresů

## ÚVOD [1, 2, 3, 4]

Trh se strojírenskými výrobky se v současné době stává stále složitějším polem působnosti pro každou, ať už roky zavedenou, nebo nově začínající firmu. Neustále se zvyšující cena hutních polotovarů, ale také požadavky na kvalitu, efektivitu, rychlost, flexibilitu a ekologii výroby, spolu s nebezpečně rostoucí konkurencí levné výroby z Asie nutí tuzemské podniky stále se rozvíjet, zlepšovat či obměňovat svůj výrobní program. Nízká nezaměstnanost způsobuje firmám překážku nejen v rozvoji, ale i udržení stávajícího objemu produkce. Podniky proto musí přemýšlet, jak nakládat s omezenými lidskými, ale i materiálními zdroji, aby co nejlépe splňovaly svoje ekonomické cíle.

O tuto inovaci, optimalizaci výroby a výrobních pracovišť (obr. 1) se stará technologický projekt. Ten na základě vstupních požadavků, obvykle plánovaný objem výroby, upravuje faktory, jako jsou: operační časy, materiálový tok, technologie výroby, počet výrobních zařízení, dopravní zařízení, skladování materiálu, počet zaměstnanců, nebo bezpečnost a ergonomie pracovišť. Vytváří několik nových, zlepšených, návrhů uspořádání výroby, ze kterých se ten nejlepší zavádí.



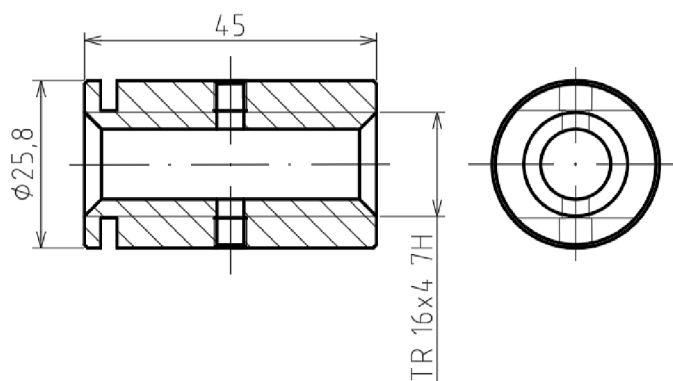
Obr. 1 Příklady výrobních pracovišť. [1, 2, 3, 4]

## 1 ROZBOR ZADÁNÍ [5, 6, 7]

Zadaným problémem je optimalizace a inovace výrobních postupů a pracovišť v malé zámečnické dílně, která se nachází ve Stříteži u Jihlavy a v oboru kovoobrábění působí již 25 let. Vlastníkem je pan Beneš, který podniká na živnostenské oprávnění a zaměstnává 3 zaměstnance.

Firma působí na poli lehkého strojírenství. Hlavním výrobním sortimentem jsou sériové rotační výrobky, třískově obráběné, z tyčového polotovaru. K této výrobě ještě podnik doplňuje případnou volnou kapacitu kusovou výrobou frézovaných, nebo vrtaných součástí.

V současné době začíná původní dispozice dílny značně zastarávat a nevyhovovat potřebám stávajícího provozu. Vyskytují se problémy zejména s pracovním prostorem kolem strojů. Je nutné také řešit manipulaci s materiálem a odpadem. Za účelem volby vhodného návrhu byl panem Benešem, ze sortimentu současné výroby zvolen představitel (obr. 2), pro který budou navrženy nové varianty uspořádání výroby, a následně bude vybrána nejvhodnější varianta. Výkres představitele lze nalézt v příloze 1.



Obr. 2 Představitel výroby: matice s trapézovým závitem.

### 1.1 Možnosti řešení [5, 6, 7]

Při sestavování návrhu nové výroby lze volit mezi dvěma postupy:

1. Navrhnout novou výrobu na tzv. „zelené louce“. Při tomto postupu řešení plánované výroby se počítá s kompletně novou výstavbou výrobní haly a jejich pomocných provozů. Výhodou je skutečnost, že projektant může navrhnout stavbu a rozložení pracovišť přímo pro chystanou výrobu, protože není omezen žádnou stávající zástavbou. Nevýhodou je značná finanční i časová náročnost takového projektu.
2. Racionalizovat stávající výrobu. Tento postup, jak již název napovídá, pracuje s již existujícím výrobním zařízením a pouze ho, na základě vstupní analýzy, upraví pro nově vzniklé potřeby. Výhodou je, že je možné provádět malé i rozsáhlé úpravy za využití podstatně nižších finančních prostředků oproti první metodě. Za nevýhodu lze považovat, že projektant je omezen rozměry a do určité míry i vnitřním rozložením stávajících budov.

Vzhledem k malému ročnímu obratu podniku pana Beneše nepřichází první varianta v úvahu. Pro řešení daného problému bude tedy využito druhého postupu. Ve kterém bude původní strojní vybavení z velké míry zachováno a předmětem optimalizace se stane zejména nové řešení rozmístění strojů a pracovišť, spolu se zlepšením pracovních podmínek a bezpečnosti práce.

## **2 TECHNOLOGICKÝ PROJEKT [5, 6, 8, 9]**

Je součástí technické přípravy výroby. Jedná se o soubor rozborových, plánovacích, organizačních a navrhovacích činností. Výsledkem je komplexní technologicko - organizační projekt výroby.

### **2.1 Obecný postup při sestavování návrhu projektu [5, 6, 8, 9]**

Sestavení dobrého návrhu vyžaduje dodržení správného postupu rozděleného do etap:

#### **a) diagnostika**

Je první etapou, jejímž cílem je všeobecné seznámení s daným objektem řešení. V této etapě se určí hlavní části problematiky, na které bude zaměřena největší pozornost. Toto určování může být složité a závislé na mnoha faktorech. Diagnostiku by tedy měli provádět pracovníci, kteří již mají zkušenosti s řešením podobné problematiky.

#### **b) sběr informací**

V této etapě je snahou shromáždit co největší množství relevantních informací o dané problematice, které budou dále využity. Metody sběru informací jsou dvě. První je pozorování, touto metodou se informace získávají složitěji, ale bývají aktuální a zaměřené na konkrétní problém. Druhou je získání dat z evidence, tato metoda je snadnější, ovšem data nemusí být aktuální, nebo správně zpracována. Získané informace je před použitím nutno dále upravit a zpracovat. Nejčastěji se jedná o matematické zpracování, jako je výpočet průměrů, nebo směrodatných odchylek.

#### **c) rozbor**

Na základně posbíraných informací lze sestavit rozbor. Tento rozbor musí být dostatečně komplexní a zahrnovat širokou oblast výrobního procesu. Z rozboru už se v této fázi také začínají objevovat první možné varianty řešení. Mezi základní prováděné rozborů patří například: rozbor vybavenosti výroby stroji, rozbor toku materiálu, rozbor standardizace.

#### **d) návrh**

Návrh je etapou, kde se uplatní a ukážou skutečné dovednosti projektanta. Při návrhu se využívá vzorových řešení i dílčích aplikací spolu s poznatky z literatury. Pomocí těchto informací a informací z rozboru je v této etapě vybrána nejlepší varianta a pro ni je zpracována technická dokumentace. Důležitou součástí je ekonomické zhodnocení návrhu, ve kterém se řeší výše investic a jejich přínos.

#### **e) realizace**

Realizační etapa spočívá v instalaci a zavedení navrhovaného projektu. Realizaci lze provést za pomoci dodavatele, vlastními silami a vybavením podniku, nebo kombinovaně. Před předáním projektu zákazníkovi probíhá zkušební provoz. Případné nedostatky a zanedbané aspekty projektové přípravy, včetně ekonomického hodnocení, se začnou v této fázi, nebo krátce po zvedení zkušebního provozu naplno projevit. Po dokončení zkušebního provozu se projekt předá zákazníkovi, tím je dovršen celý proces.

## **2.2 Analýza výrobního systému podniku [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]**

### **2.2.3 Výběr objektu projektování [5, 6, 9]**

Nejprve musíme znát konkrétní úkol nebo výkon, který se od nově navrhnutého stavu očekává.

Před započítáním konkrétní projektové činnosti je potřeba také stanovit rozsah objektu řešení. Tento objekt může být malý, jako je například pracoviště jednotlivce. Nebo rozsáhlý, obráběcí dílna nebo celý závod. V prvním případě je situace vcelku snadná a neměla by zabrat mnoho času nebo finančních prostředků. Druhý případ je složitější, vzhledem k tomu, že velký objekt je nutno rozdělit na dílčí celky, zkoumat jejich komponenty, vztahy a až na základě tohoto detailního zkoumání vytvořit optimalizovaný návrh. V tomto případě je tedy vytvoření nového návrhu náročná, zdlouhavá a nákladná činnost.

Úkolem projektanta je tento úkol splnit s co nejmenšími stavebními i provozními náklady.

### **2.2.1 Výrobek a typ výroby [5, 6, 9, 10]**

Výrobek a typ výroby má nejzásadnější vliv na způsob, jakým bude technologický projekt vytvořen. V závodě většinou bývá vyráběno více druhů výrobků, celý závod se charakterizuje podle převládající výroby. Výrobu dělíme na:

- kusovou výrobu – jak již název napovídá, při této výrobě se jednotlivé kusy vyrábějí jenom jednou, za využití univerzálního náradí. Strojní vybavení musí umožnit použití různých způsobů obrábění, jeho využití bývá kvůli nutnosti časté změny práce a seřizování malé. Stroje se rozmisťují podle jejich technologické příbuznosti. Pro kusovou výrobu je nutný kvalifikovaný personál;
- sériovou výrobu – výroba probíhá v sériích, malé série obsahují do 50 kusů, střední 50-500 kusů, velké nad 500. V tomto případě je již vhodné stroje rozmisťovat do předemných linek, kde stroje provádějí, na každém stanovišti, menší počet operací. Používané náradí je speciálně navrženo pro konkrétní úkony, tím se snižuje nutná kvalifikace pracovníků a zvyšuje produktivita;
- hromadnou výrobu – vyrábí se velký počet stejných výrobků. Stroje jsou také uspořádány v lince, každá operace je ale prováděna zvlášť, na jednom pracovišti v určitém taktu. Z toho vyplývá, že stroje i náradí jsou jednoúčelové, specializované na výrobu dané součásti. Jakákoliv změna výrobního programu znamená změnu dispozice linky. Nutná kvalifikace obsluhy je zde ještě nižší než při sériové výrobě a produktivita vyšší.

Kromě dělení na tyto tři typy lze také výrobu rozdělit dle váhy výrobku; na lehkou, středně těžkou a těžkou.

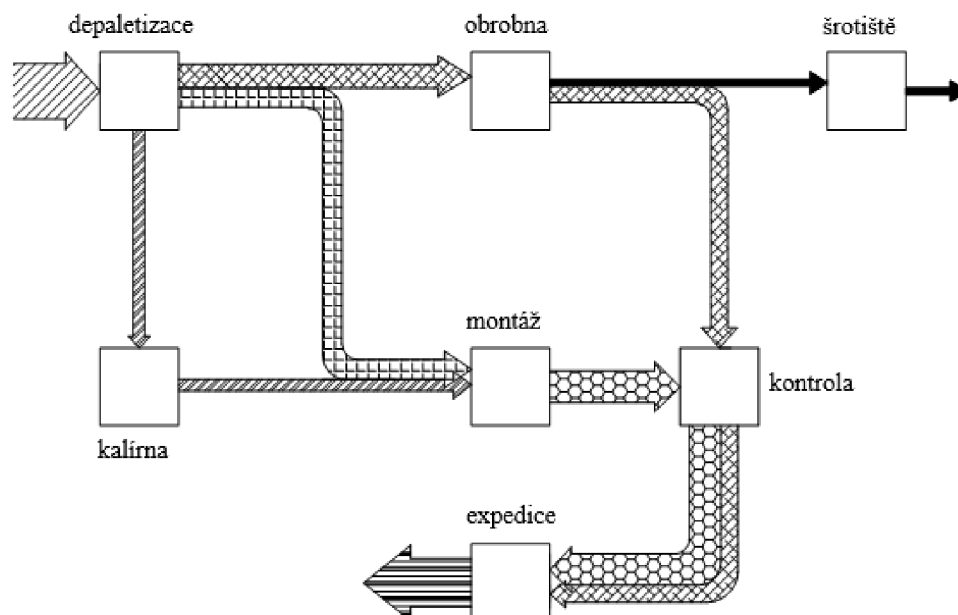
### **2.2.2 Analýza materiálových toků [5, 6, 7, 8, 9, 10]**

Základním prostředkem, sloužícím k rozboru výrobního procesu je tzv. šachovnicová tabulka (tab. 1). Tato tabulka znázorňuje přehled materiálové přepravy, uskutečněné za určité období, mezi jednotlivými pracovišti uvnitř závodu, případně mezi závodem a okolím. Do tabulky se vyplňuje četnost toku (většinou v tunách, případně kusech, za rok). Takto vyplněnou tabulku můžeme použít k seřazení a rozmístění strojů, pracovišť, nebo dílen podle intenzity materiálového toku.

Tab. 1 Šachovnicová tabulka. [9]

Odkud/Kam	Okolí	Depaletizace	Obrobna	Kalírna	Montáž	Kontrola	Šrotiště	Expedice	Suma
Okolí		70 t							70 t
Depaletizace			30 t	15 t	25 t				70 t
Obrobna						22 t	8 t		30 t
Kalírna					15 t				15 t
Montáž						40 t			40 t
Kontrola								62 t	62 t
Šrotiště	8 t								8 t
Expedice	62 t								62 t
Suma	70 t	70 t	30 t	15 t	40 t	62 t	8 t	62 t	

Intenzita toku materiálu mezi pracovišti, nebo výrobními objekty je graficky znázorněna pomocí Sankeyova diagramu, viz Obr. 3. Materiálový tok je znázorněn pomocí čar, jejichž tloušťka odpovídá intenzitě toku (v tunách, nebo počtu kusů), délka představuje vzdálenost přepravy a šipka na konci značí směr přepravy.



Obr. 3 Sankeyův diagram. [9]

### 2.3 Metody sestavování návrhů [5, 6, 9, 10]

Metody optimálního rozmístění lze rozdělit podle předem definovaných kritérií na: jednokritériální, kdy se určují vzájemné vzdálenosti pracovišť na základě jednoho parametru, jako je intenzita materiálového toku, nebo návaznost operací a vícekritériální, ty zahrnují více proměnných.

Další možnost rozdělení metod sestavování návrhů je na metody početní (metoda těžiště) a metody grafické (metoda kruhu). Nejčastěji používané metody jsou: trojúhelníková metoda, metoda těžiště, metoda návaznosti operací, metoda vyhodnocování mezidílných vztahů.

Při sestavování finálních návrhů nevyužívá projektant pouze jednu metodu, ale kombinaci několika metod.

### 2.3.1 Empirické metody [5, 6, 9, 10]

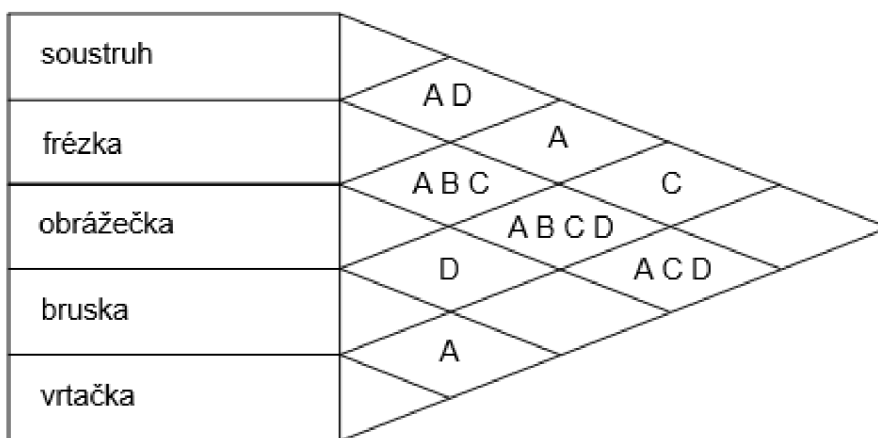
Metody vycházející z vlastních zkušeností a znalostí projektantů byly hojně využívány v minulosti, zejména kvůli nedostatku výpočetní techniky a nedostatku obecných metod. Empiricky vytvořené návrhy byly často ovlivněny nepodloženými domněnkami konstruktérů a subjektivními názory. Z toho důvodu se v těchto návrzích vyskytovaly chyby a bylo nutné přejít k používání obecného souboru metod, pomocí kterých lze sestavit optimální rozložení na základě několika vstupních kritérií i s méně zkušenostmi projektanta. Empirické metody ovšem neztratily své místo a dále se jich hojně využívá v kombinaci s obecnými metodami.

### 2.3.3 Metoda návaznosti operací [5, 6, 9, 10]

Tato metoda se používá především pro uspořádání pracovišť ve vícepředmětné lince. U této metody se využívá skutečnosti, že každá součást bude vyráběna podle předem daného technologického postupu a z něho vyplývajícího návaznosti operací. Cílem metody je tento sled operací seřadit tak, aby byl materiálový tok plynulý, co nejkratší, bez křížování a zpětného vrácení, nebo hromadění výrobků.

Při výrobě jednoho nebo dvou kusů je návrh linky vcelku jednoduchý a postačí pro něj logické myšlení. Pokud se jedná o výrobu většího množství různých součástí, nezbyvá než použít této analytické metody. Nástrojem analýzy je trojúhelníková tabulka vztahů (tab. 2). Do sloupců této tabulky se vyplňují jednotlivá pracoviště linky. Průsečkové čtverce potom budou vyplněny kódem součásti, která má postoupit mezi jednotlivými pracovišti.

Tab. 2 Trojúhelníková tabulka technologických návazností. [9].



Trojúhelníkovou tabulku technologických návazností je možno vyplnit více způsoby. Jedním, tím nejjednodušším je vyplnit ji pouze kódy součástí, kdy písmeno A znamená první součást, písmeno B druhou, C třetí, D čtvrtou. Nebo je možno tabulku zpřesnit a zlepšit její využitelnost tím, že se do čtvercových průsečíků vyplní i číselné hodnoty představující počet přepravovaných kusů, jejich hmotnost nebo násobek těchto dvou hodnot. Pokud je nutno pracovat s velkým počtem dílů nebo pracovišť, je metoda snadno algoritmizovatelná a řešitelná s využitím počítačové techniky. Zjednodušit se dá také tím, že se větší počty stejných strojů sloučí do skupin a svislé řádky se potom vyplní těmito skupinami.

Z uvedeného příkladu vidíme, že nejvíce návazností je mezi pracovištěm frézky a brusky. Také mezi frézku a obrážkou, stejně tak mezi frézku a vrtačkou je velký tok materiálu. To znamená, že tyto pracoviště by měly být umístěny blízko u sebe. Dvojice pracovišť, jako je soustruh a frézka, které mezi sebou nemají žádnou návaznost nebo pouze malou, mohou být umístěny dál od sebe.

### 2.3.4 Kapacitní propočet [5, 6, 9, 11, 12]

Tento propočet stanoví na základě vstupních parametrů teoretické množství potřebných prostředků pro dosažení cílového stavu. Ty mohou být použity pro:

- stanovení nového výrobního programu;
- optimalizace stávajícího programu;
- určení rozsahu investice;

Hlavními hledanými výstupními parametry propočtu jsou:

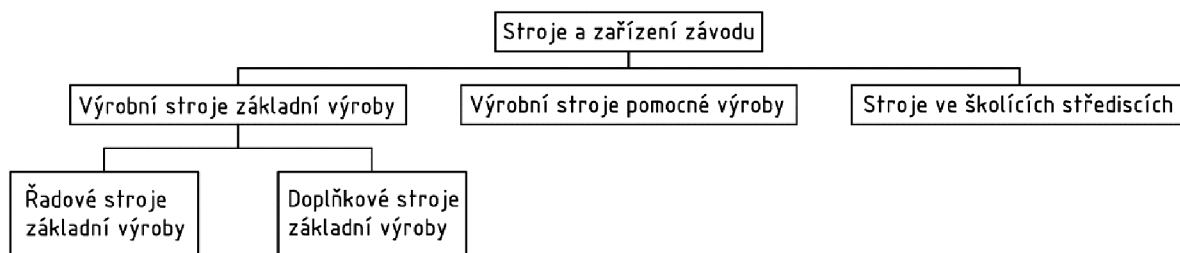
- počet strojů a zařízení;
- počet zaměstnanců, jak výrobních, tak inženýrsko-technických i administrativních;
- výměra potřebných ploch;
- objem zpracovaného materiálu;

Na základě povahy vstupních podkladů může být kapacitní propočet přímý, kdy je vycházeno z údajů, jako je roční hodnota výroby (zadána v milionech korun, tunách nebo počtu kusů), typ a charakteristika výrobku (výroba jednoduchých odlitků, nebo celého automobilu), směnnosti a souboru ukazatelů udávající roční výrobu na jeden metr plochy, či jeden stroj.

Druhou možností je nepřímý kapacitní propočet, který uvažuje také s hodnotou výroby, dále ovšem vychází z roční hodnoty vyplácených mezd, skutečných výdělků dělníků, směnnosti, plochy pracoviště a množství strojů.

### 2.4 Rozdělení pracovních strojů [5, 6, 9, 11]

Základní rozdělení výrobních strojů je možno vidět na obrázku 4. Výrobní stroje základní výroby jsou nasazeny přímo ve výrobním procesu. Řadové stroje základní výroby jsou naplno využívány po celou směnu. Doplnkové stroje základní výroby jsou pro výrobu nutné, ale výroba na nich probíhá nepravidelně a mají malé využití (pod 30 % za 24 h). Mezi výrobní stroje pomocné výroby patří stroje nacházející se v ostřírnách, pracovištích údržby apod. Stroje ve školících střediscích jsou využívány pro výuku učňů nebo školící kurzy pro zaměstnance.



Obr. 4 Rozdělení strojního zařízení závodu. [5]

### 2.5 Rozdělení pracovišť [5, 6, 9, 11, 13]

Pracoviště je místo, které dělník potřebuje pro výkon své práce. Toto místo musí být správně navrženo především z hlediska bezpečnosti práce a hygienicko - technických podmínek. Je také žádoucí, aby bylo při navrhování myšleno i na estetickou stránku. Vzhled a úroveň prostředí totiž ovlivňuje pracovní výkonnost.

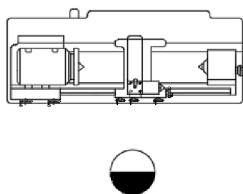


Pracoviště lze rozdělit na:

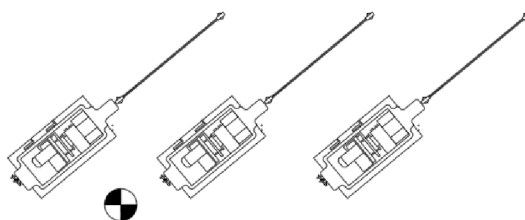
- Ruční pracoviště – obvykle bývá tvořeno zámečnickým stolem a prostorem pro obsluhu. V případě využití ručních pracovišť na výrobní lince může být univerzální stůl nahrazen specializovanou stanicí montáže (obr. 5) nebo kontroly. Typickým znakem je využívání ručního nářadí.
- Strojní pracoviště – je tvořeno plochou pro stroj, obsluhu a sklad materiálu, případně hotových výrobků. Podle počtu dělníků, kteří pracoviště obsluhují je možno je dále rozdělit na:
  - normální – jeden dělník má na starosti obsluhu jednoho stroje (obr. 6);
  - s víceobsluhou – jeden dělník se stará o chod několika strojů (obr. 7);
  - s méněobsluhou – v tomto případě je jeden stroj obsluhován více dělníky (obr. 8).



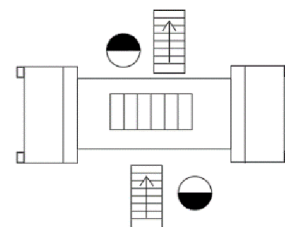
Obr. 5 Montážní pracoviště MPP4 firmy Enprag. [13]



Obr. 6 Normální strojní pracoviště. [5]



Obr. 7 Strojní pracoviště s víceobsluhou. [5]



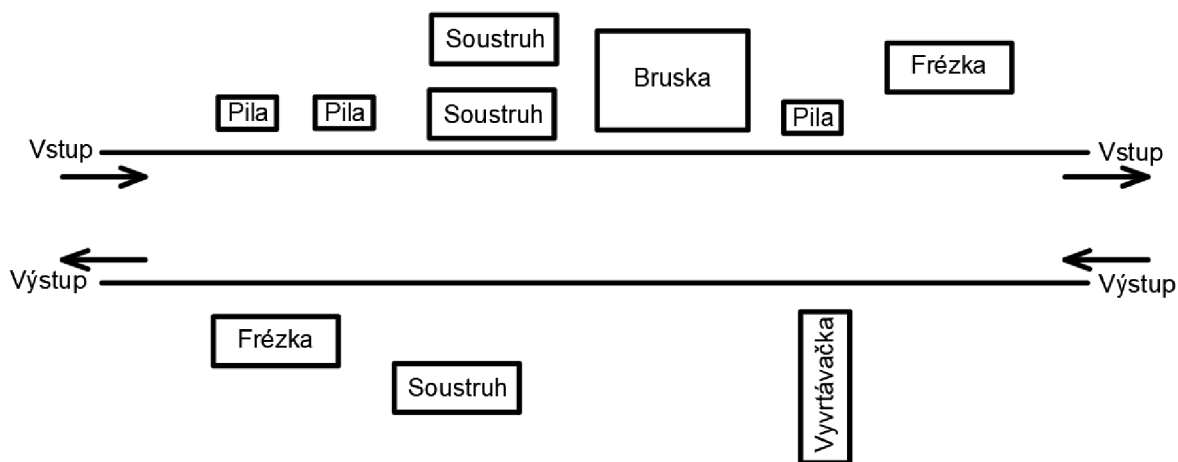
Obr. 8 Strojní pracoviště s méněobsluhou. [5]

## 2.6 Rozdělení uspořádání strojů [5, 6, 7, 9, 11, 12, 14]

Základním požadavkem na uspořádání strojů je hospodárnost výroby. Dalšími hledisky je přehlednost uspořádání, přímočarost materiálového toku, minimální zabraný prostor a bezpečnost práce. Mezi základní způsoby uspořádání patří: volné, technologické, předmětné, modulární, buňkové a jejich kombinace.

### 2.6.1 Volné uspořádání [5, 6, 8, 10, 11, 13]

Při tomto uspořádání jsou stroje umísťovány v podstatě náhodně tam, kde je v dílně zrovna místo, viz obr. 9. V sériové výrobě se nepoužívá. Využití nachází pouze výjimečně, a to v kusové výrobě, zejména v prototypových a údržbářských dílnách. Jinak řečeno ve výrobcích, kde nelze určit přesný materiálový tok.

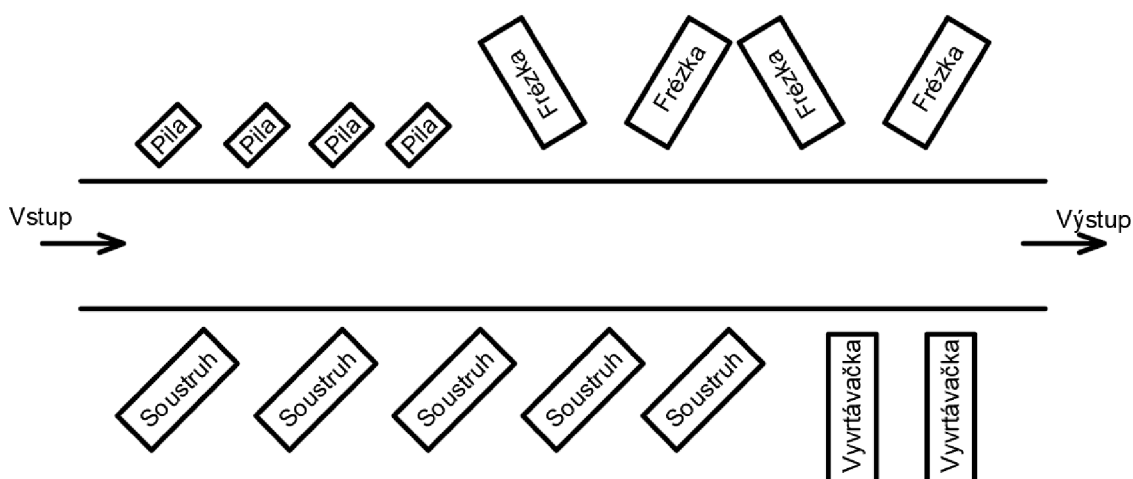


Obr. 9 Volné uspořádání strojů. [6]

### 2.6.2 Technologické uspořádání [5, 6, 7, 9, 11, 12, 14]

Stroje a operace jsou slučovány podle příbuznosti do skupin, soustruhy se umísťují do stejného prostoru s dalšími soustruhy, svařovací operace se provádějí ve svařovnách a podobně, viz obr. 10. Není zde možno určit směr materiálového toku, proto se toto uspořádání používá pro kusovou výrobu v těžkém strojírenství. Stroje spolu s nářadím jsou většinou univerzální a vyžadují kvalifikovanou obsluhu.

- Výhody: snadná změna výrobního programu, možnost vícestrojové obsluhy, porucha jednoho stroje nenaruší výrobu.
- Nevýhody: nelze určit materiálový tok, dlouhé dopravní cesty, velké nároky na výrobní plochu, potřeba velkých meziskladů.

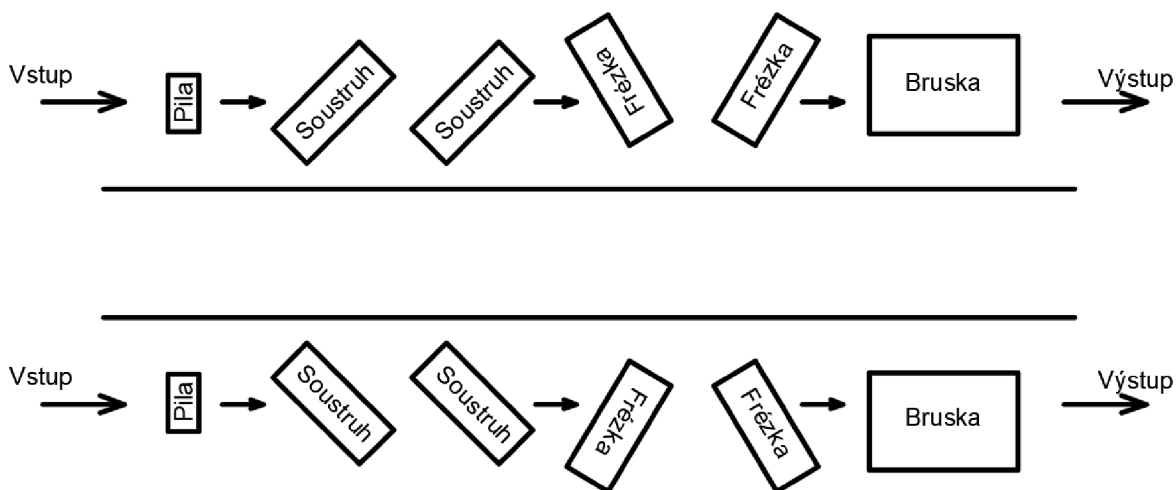


Obr. 10 Technologické uspořádání. [6]

### 2.6.3 Předmětné uspořádání [5, 6, 7, 9, 11, 12, 14]

Materiálový tok a návaznost operací je v tomto případě jasně daná technologickým postupem výroby konkrétní součásti nebo skupiny tvarově podobných součástí, viz obr. 11. Stroje a pracoviště jsou potom podle této návaznosti umisťovány do výrobních linek. Používají se speciální stroje i nářadí, obsluha může být nekvalifikovaná, údržba a seřízení strojů zajišťují seřizovači. Tento způsob uspořádání strojů je vhodný pro středně těžké strojírenství a vyšší sériovost výroby.

- Výhody: zkrácení manipulačních drah a mezioperačních časů, potřeba menší výrobní plochy, není potřeba meziskladu.
- Nevýhody: změna výrobního programu vyžaduje změnu v uspořádání nebo počtu strojů, stroje jsou speciální, jednoúčelové vhodné k výrobě pouze konkrétní součásti.

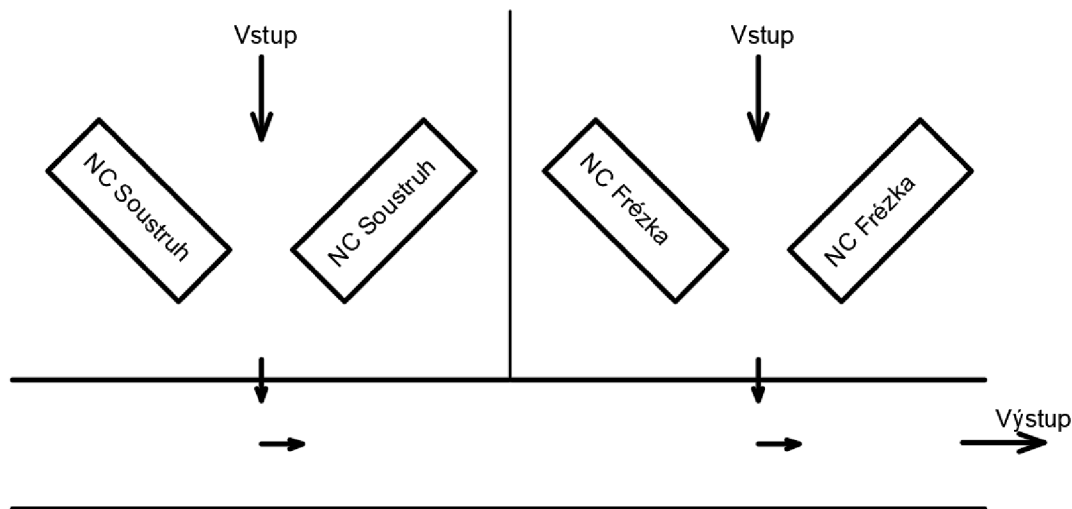


Obr. 11 Předmětné uspořádání. [6]

### 2.6.4 Modulární uspořádání [5, 6, 9, 11, 12, 14]

V tomto případě jsou stroje seskupovány do stejných technologických bloků, z nichž každý plní více funkcí, to je umožněno využitím moderních NC strojů, viz obr. 12. Z těchto bloků je pak složen celý provoz. Takto uspořádaná pracoviště mají větší produktivitu než výše zmíněné způsoby, proto mívají v dílnách prioritní postavení z hlediska údržby nebo zásobování materiálem. Využívá se v malosériové a kusové výrobě, ve středně těžkém i těžkém strojírenství. Obsluha strojů musí být kvalifikována, navzdory tomu, že technická příprava výroby i programování strojů probíhá mimo pracoviště.

- Výhody: vysoká produktivita, krátké mezioperační časy a zkrácení průběžné doby výroby.
- Nevýhody: vysoká cena strojů a zařízení, větší nároky na technologickou přípravu výroby



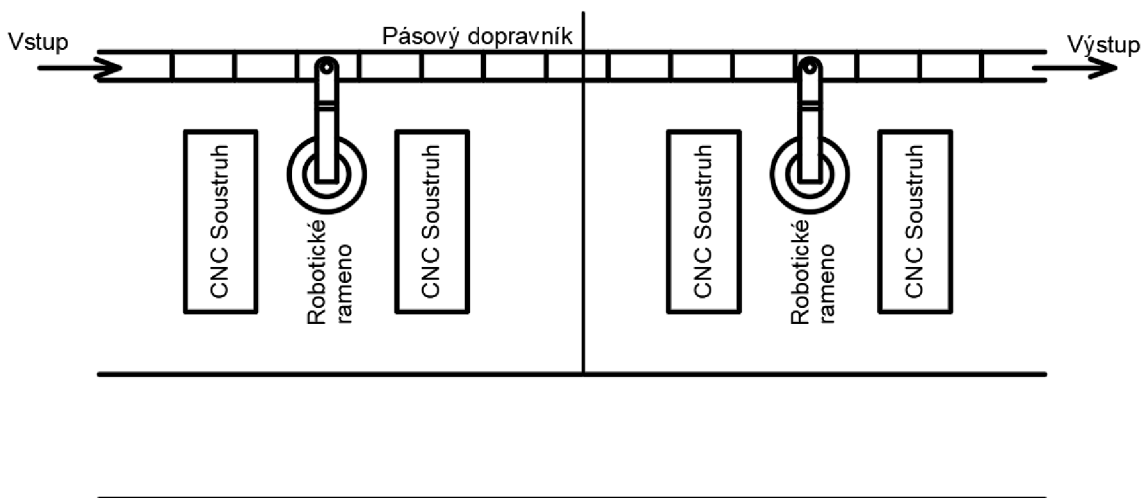
Obr. 12 Modulární uspořádání. [6]

### 2.6.5 Buňkové a hnízdové uspořádání [5, 6, 7, 9, 11, 12, 14]

V základním principu jde o modifikaci modulárního pracoviště. Stroje jsou zde také uspořádány do technologických bloků a každý plní více funkcí, viz obr. 13. Rozdíl spočívá v okolním vybavení, kdy je pracovník plně nahrazen pomocnými automatickými stroji, těmito stroji jsou například robotická ramena pro zakládání výrobků nebo automatické dopravníky.

Pokud je buňkové pracoviště plně automatizované a mechanizované, je označováno jako AVS – automatizovaný výrobní systém. Toto uspořádání se používá pro malosériovou výrobu. Vzhledem k velkým pořizovacím nákladům by měla být co nejvíce vytižena, přednostně zásobována materiálem a pracovat ve třech směnách.

- Výhody: vysoká produktivita, minimální manipulace s materiálem, vysoká kvalita výroby díky vyloučení lidského faktoru obsluhy.
- Nevýhody: vysoká cena strojů a zařízení, větší nároky na technologickou přípravu výroby.

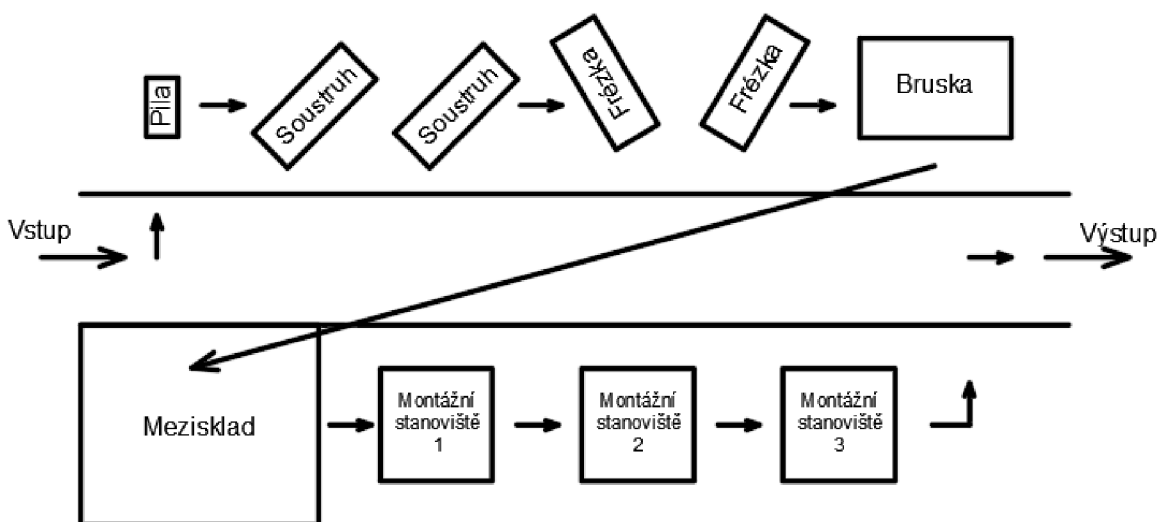


Obr. 13 Buňkové uspořádání. [6]

### 2.6.6 Kombinované uspořádání [5, 6, 8, 10, 11, 13]

Využití pouze jednoho způsobu uspořádání je málokdy výhodné, obvykle přímo nemožné. Je tedy nutné využít kombinace více způsobů rozmístování pracovišť. V praxi se nejčastěji využívá vhodné kombinace technologického a předmětného uspořádání (obr. 14). Používá se pro střední i těžké strojírenství, výrobu je vhodné plánovat v malých dávkách. Stroje i nástroje jsou univerzální, obsluha je z větší části nekvalifikovaná.

Kombinací více způsobů rozmístování lze ponechat výhody jednotlivých způsobů, přičemž se minimalizuje množství jejich nevýhod.



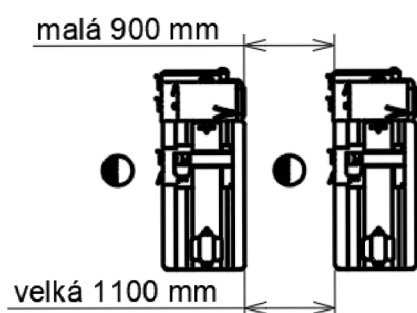
Obr. 14 Kombinované uspořádání. [5]

### 2.7 Zásady rozmístování strojů [5, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17]

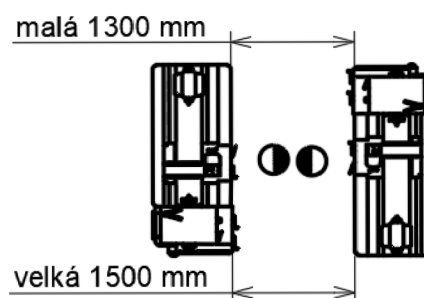
Při technologickém projektování je nutné, aby projektant dodržel bezpečnostní předpisy pro rozmístování strojů a zařízení. V dispozičním řešení se stroj zakresluje v jeho reálné podobě, nebo jako maketa s tím, že v obou případech musí být zakresleny krajní polohy pohybujících se částí. Kromě samotných strojů se kreslí i jejich příslušenství jako jsou rozvodové skříně a také obsluhu stroje znázorněnou půleným kroužkem. Správně rozmístěné stroje by měly zabírat co nejmenší výrobní plochu, ale zároveň vyhovět všem zásadám a předpisům. Tyto předpisy stanovují rozměry pochodových komunikací a také stanovují vzdálenost strojů.

- Vzdálenosti strojů při jednostrojové obsluze umístěných:
  - a) Za sebou (obr. 15);
  - b) Čelními stranami k sobě (obr. 16);
  - c) Zadními stranami k sobě (obr. 17);
  - d) Bočními stranami k sobě (obr. 18).
- Vzdálenosti strojů při vícestrojové obsluze umístěných:
  - e) Čelními stranami k sobě, obsluha tří strojů (obr. 19);
  - f) Čelními stranami k sobě, obsluha dvou strojů (obr. 20).
- Vzdálenost automatů umístěných:
  - g) Šikmo vedle sebe (obr. 21);
  - h) Rovnoběžně naproti sebe (obr. 22).

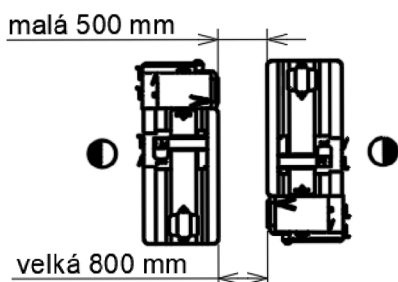
- Vzdálenost strojů od dopravních cest:
  - i) Čelní stranou k cestě (obr. 23);
  - j) Zadní stranou k cestě (obr. 24).
- Vzdálenost strojů od stěn:
  - k) Zadní strana u stěny (obr. 25);
  - l) Čelní strana u stěny (obr. 26);
  - m) Boční strana u stěny (obr. 27);
  - n) Pohyblivá část směřuje ke stěně (obr. 28).
- Vzdálenost strojů od sloupů:
  - o) Boční a zadní strana u sloupu (obr. 29);
  - p) Zadní strana u sloupu (obr. 30).



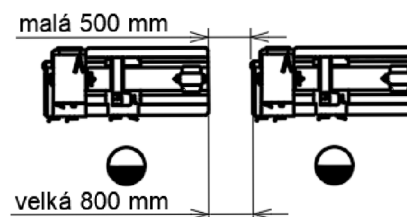
Obr. 15 Stroje za sebou. [5]



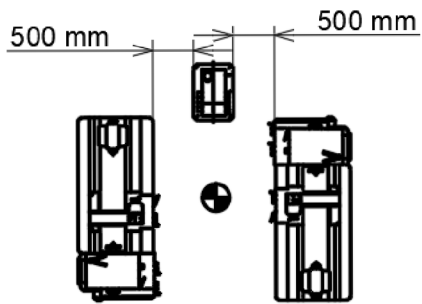
Obr. 16 Stroje čelními stranami k sobě. [5]



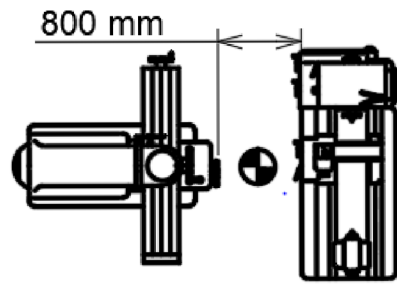
Obr. 17 Stroje zadními stranami k sobě. [5]



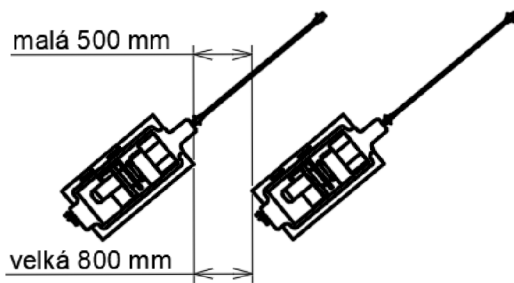
Obr. 18 Stroje bočními stěnami k sobě. [5]



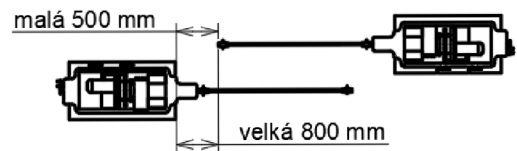
Obr.19 Stroje čelními stranami k sobě, obsluha tří strojů. [5]



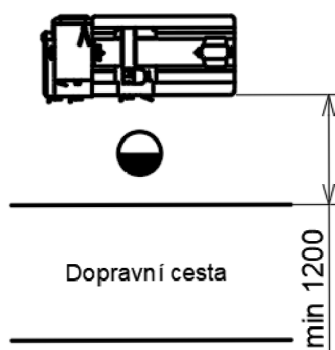
Obr. 20 Stroje čelními stranami k sobě, obsluha dvou strojů. [5]



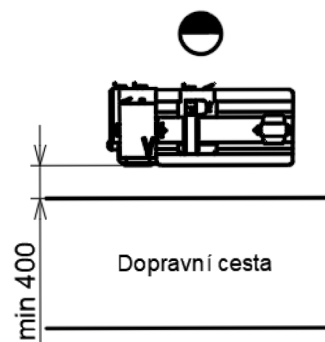
Obr. 21 Automaty šikmo vedle sebe. [5]



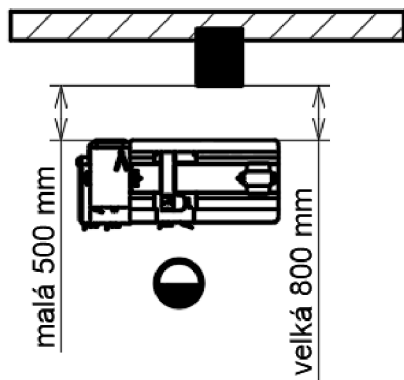
Obr. 22 Automaty rovnoběžně naproti sobě. [5]



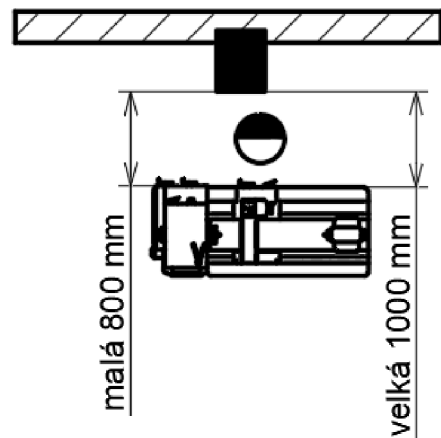
Obr. 23 Stroj čelní stranou k cestě. [5]



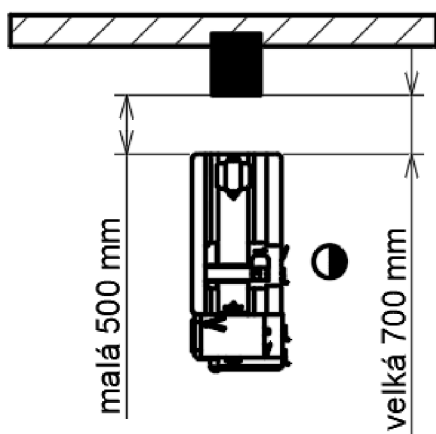
Obr. 24 Stroj zadní stranou k cestě. [5]



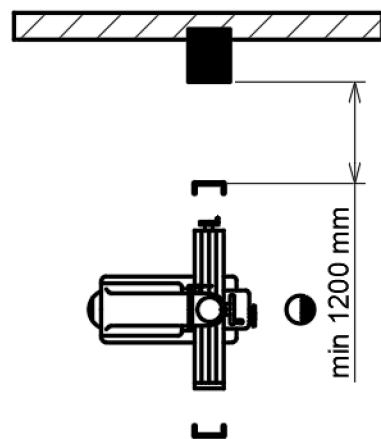
Obr. 25 Zadní strana stroje u stěny.  
[5]



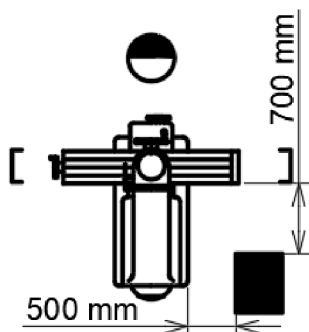
Obr. 26 Čelní strana stroje u stěny.  
[5]



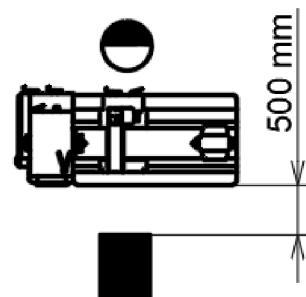
Obr. 27 Boční strana stroje u stěny.  
[5]



Obr. 28 Stroj s pohyblivou  
částí směřující ke stěně. [5]



Obr. 29 Stroj s boční a zadní  
stranou u sloupu. [5]

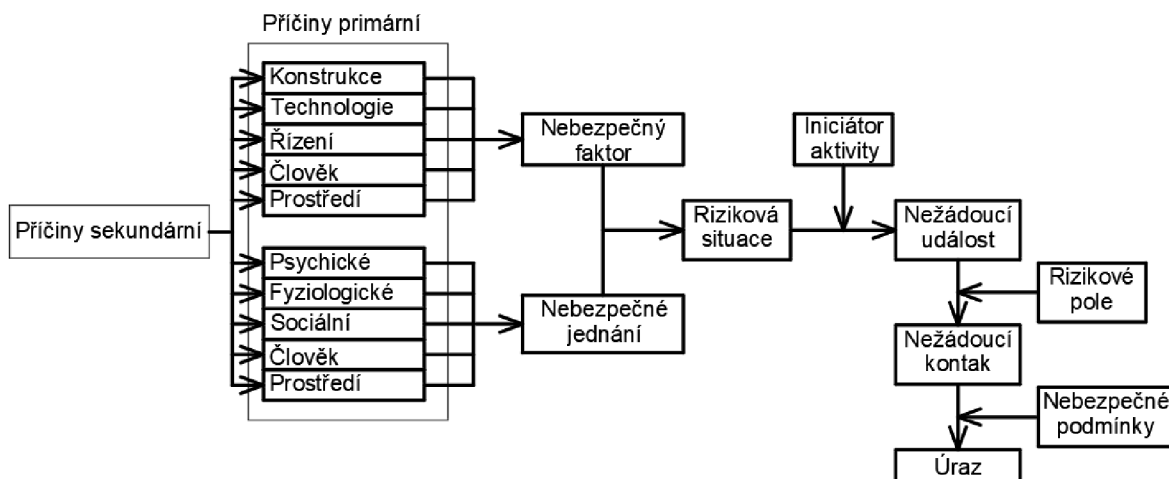


Obr. 30 Stroj se zadní stranou  
u sloupu. [5]



## 2.8 Bezpečnost práce [5, 6, 8, 9, 14, 18]

Dodržování všech předpisů a nařízení v oblasti bezpečnosti práce, které stanoví norma ČSN, nebo zákoník práce je základním předpokladem pro kvalitní práci dělníka. Těmito předpisy se musí řídit jak pracovník při samotné výrobě, tak i projektant při tvorbě návrhu. Kromě přesných nařízení je vhodné, aby při navrhování pracoviště bylo hleděno na ergonomii a vzhled. Tím je nejlépe dosaženo spokojenosti a výkonnosti pracovníka a především maximálně sníženo riziko vzniku úrazu. Model vzniku úrazu je zobrazen na obrázku 31.



Obr. 31 Model vzniku úrazů. [5]

Bylo zjištěno, že příčinou úrazů je téměř vždy kombinace několika příčin, výskytu těchto příčin nelze zabránit, je ovšem dobré znát často se vyskytující způsoby vzniku úrazu a při návrhu se jim vyhnout. Těmi jsou:

- nevhodná technologie práce;
- špatný stav stroje;
- nízká úroveň technologického řešení pracoviště;
- špatná organizace práce;
- nepořádek;
- nedodržování bezpečnostních předpisů a nepoužívání OPP.

Dalšími faktory ovlivňujícími zdraví člověka je působení škodlivin, jako jsou hluk, prach, výpary nebezpečných látek, sálavé teplo, špatné klimatické podmínky a špatné osvětlení.

Nejčastější příčinou úrazu při třískovém obrábění je mechanické ohrožení dělníka výrobním zařízením. Nebezpečné jsou rotující části strojů, které je nutno zakrytovat a také ohrožení odletujícími částicemi materiálu, proti kterým je nutno se chránit OPP v kombinaci s použitím ochranných štítů umístěných na stroji.

### 3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

V této části bude představena budova a současná dispozice výrobní haly spolu s rozбором strojního vybavení. U každé plochy se nachází popis jejího využití, spolu s poukázáním na určité nedostatky v ergonomii pracovišť, uspořádání strojů a skladování materiálu.

#### 3.1 Výrobní hala

Budova, ve které se nyní nachází výrobní dílna byla, původně postavena v roce 1950 a využívána jako zemědělský objekt, přesněji kravín. V roce 1995 tento objekt zakoupil pan Beneš a přestavěl na zámečnickou dílnu. Fotka exteriéru budovy je na obrázku 32.



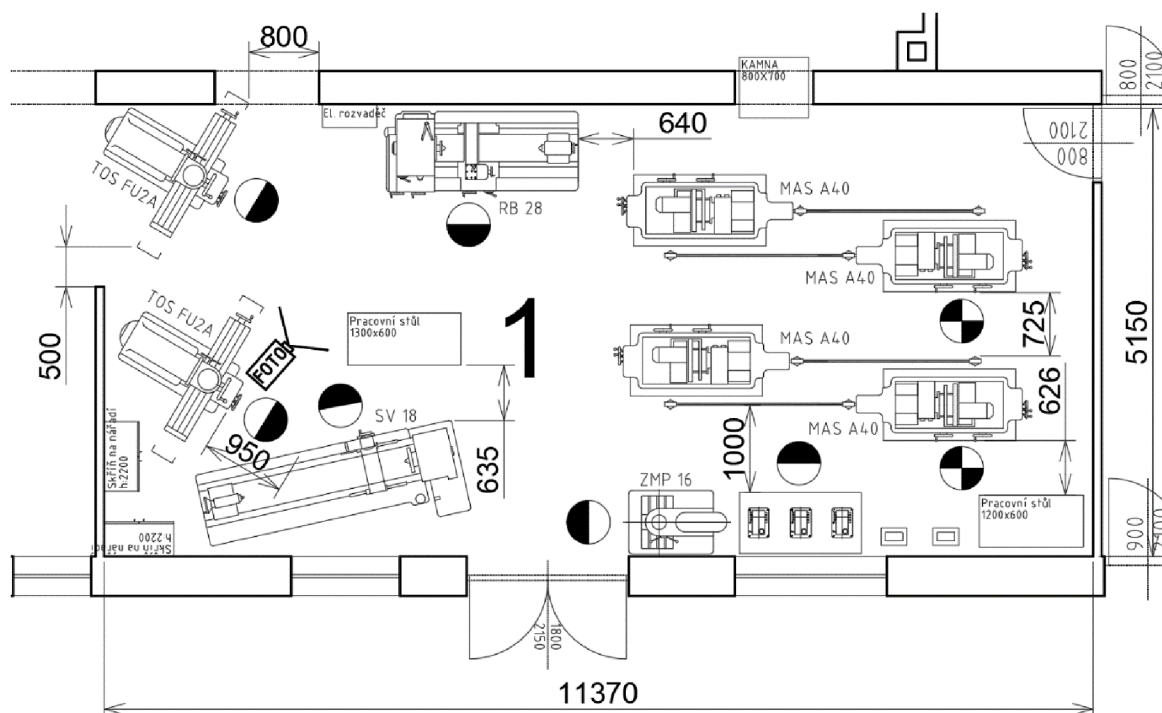
Obr. 32 Exteriér výrobní dílny.

Výkres vnitřního rozložení tvoří přílohu 2. Hala je obdélníkového půdorysu s celkovou plochou 210 m<sup>2</sup>. Její délka je 17,6 m a šířka 11,9 m. Má dvě patra, využíváno je pouze přízemní patro, druhé patro slouží jako sklad náhradních dílů pro stroje a obráběcích přípravků. Hlavní sklad materiálu se nachází v oddělené budově, vzdálené přibližně 70 m. Jako vstup do budovy se používají vrata v přední části dílny.

Mezioperační sklad není na výrobní ploše zřízen a jak polotovary, v podobě tyčí, tak hotové výrobky jsou skladovány volně, mezi stroji a v dopravních uličkách. Rozložení strojů ve výrobní hale je volné. Stroje byly doposud umístěovány tam, kde bylo zrovna místo.

Místnost číslo 1 (obr. 33) zabírá plochu 33 m<sup>2</sup> a je v ní umístěna většina manuálně obsluhovaných strojů, spolu se 4 automaty MAS A40. Pro vytvoření správné představy o podmínkách je prostor zobrazen tak, jako by byl plně obsazen pracovníky. Vzhledem k tomu, že se zde pohybuje největší množství pracovníků, tak by mělo být dbáno na dostatečně velké průchodové uličky, uložení materiálu by nemělo ohrožovat procházející pracovníky a rozmístění strojů by mělo odpovídat daným normám. Toto bohužel v mnoha případech není splněno.

Problémem je zejména vzdálenost mezi frézku FU2A a příčkou oddělující místnosti, kdy je nutné mít pracovní stůl posunut do krajní polohy, aby vůbec bylo možné kolem stroje pohodlně projít. Problém je i mezi druhou frézku a soustruhem SV18, kde je vzdálenost od jednoho stroje ke druhému nedostatečná. Průchodové uličky a prostor na obsluhu není dostatečný ani kolem žádného z automatů MAS. Nevyhovující vzdálenosti jsou na detailu zobrazeny kótami. V této místnosti se také nachází kamna na dříví, kterým je vytápěn celý objekt, toto řešení není ideální, protože zejména v zimě klesá teplota v objektu až na 8°C a zaměstnanci přicházející na ranní směnu musí nejprve zatopit a poté několik hodin pracovat v nevhodných klimatických podmínkách, než se vzduch v hale ohřeje. Dále se v místnosti nachází několik pracovních stolů a skříně na nářadí.



Obr. 33 Místnost č. 1.

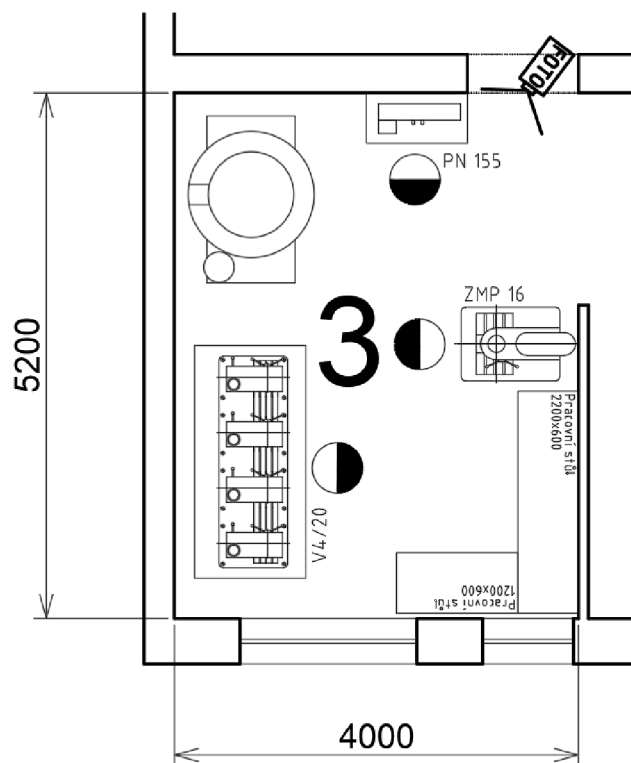
Na obrázku 34 je fotografie z této místnosti (místo pořízení fotografie je označeno ve výřezu obrázkem kamery). Ta zobrazuje některé výše zmíněné problémy s průchodností uliček, také je na ní možno pozorovat nebezpečné skladování materiálu, kde jsou tyče umístěny v hlavní cestě, nijak nezajištěny proti pádu, a navíc blokují přístup k elektrickému rozvaděči. Je také možno si všimnout značného nepořádku v pracovním prostoru. Stejně tak způsobu skladování hotových součástí. Ty jsou uskladněny a poté předávány zákazníkům v papírových krabicích, ve kterých se do supermarketů dodává zelenina.



Obr. 34 Fotografie z místnosti č. 1.

Místnost číslo 2 má plochu 14,6 m<sup>2</sup> a měla by sloužit pouze jako průchod pro zaměstnance z vnějšku budovy do denní místnosti. V současné době je ovšem využívána pro sklad obalového materiálu, kterým je kompletně zaplněna. K jinému účelu není využívána, proto není detailní pohled nutný.

Třetí místnost (obr. 35) je od první oddělena pouze krátkou přepážkou, na ploše 18,6 m<sup>2</sup> jsou zde další stroje, které mají manuální obsluhu. Jedná se především o sériovou vrtačku V4/20 a odstředivku na kovové třísky CR 30, nad ní je vybudován krátký závěsný dopravník, určený pro snadné vysypávání kontejnerů s třískami do odstředivky. Jsou zde také dva pracovní stoly sloužící pro skladování přípravků a nástrojů. Rozložení strojů a vzdálenosti mezi nimi jsou zde v pořádku. Jedinou výjimku tvoří pila PN155, která je na výřezu zakreslena ve skladované pozici. Pokud je využívána, je různě přesouvána po ploše místnosti, viz obr. 36.

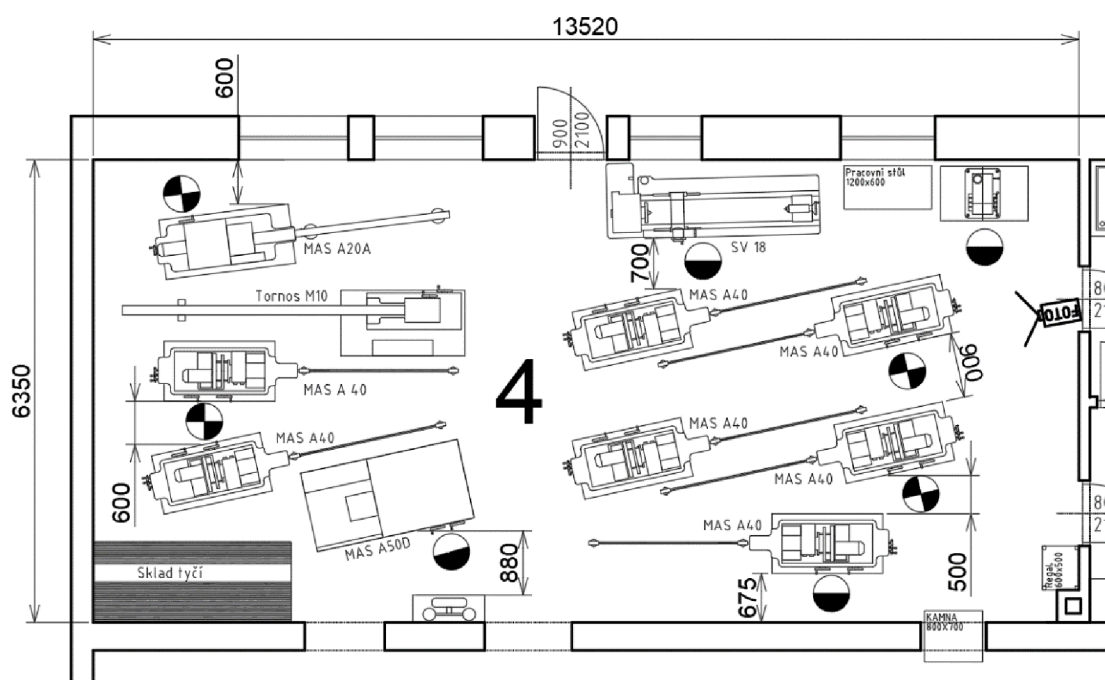


Obr. 35 Místnost č. 3.

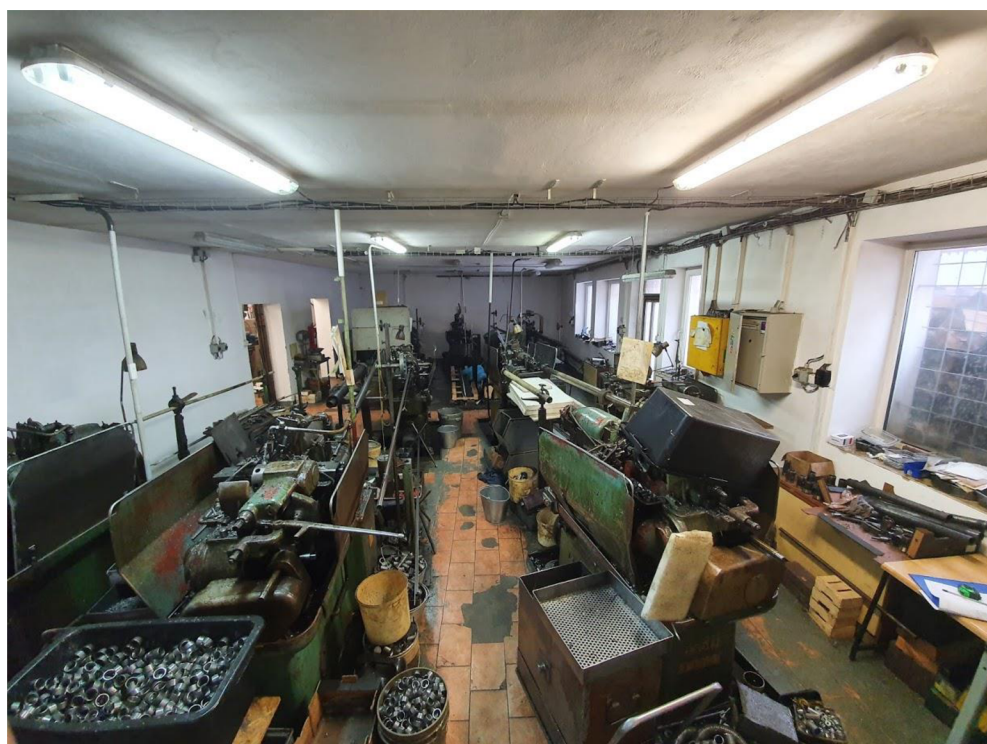


Obr. 36 Fotografie z místnosti č. 3.

Místnost číslo 4 (obr. 37) je největší v celé hale, má plochu 85,7 m<sup>2</sup>. Do této místnosti vede samostatný, zadní vchod, který je nevyužívaný. Je v ní umístěno 10 soustružnických automatů, z toho 7 automatů MAS A40, které zajišťují většinu produkce podniku. Dále se zde nachází jeden soustruh SV 18 a stolní vrtačka. V levém rohu místnosti jsou skladovány tyče určené k pozdějšímu zpracování. Rozmístění strojů zde také vykazuje značné nedostatky, průchodové uličky nejsou dostatečně velké, obsluha nemá prostor pro manipulaci jak se strojem, tak s tyčemi, ani obroběnými kusy. Problémová místa jsou opět vyznačena kótami. Na obrázku 38 je potom fotografie místnosti.



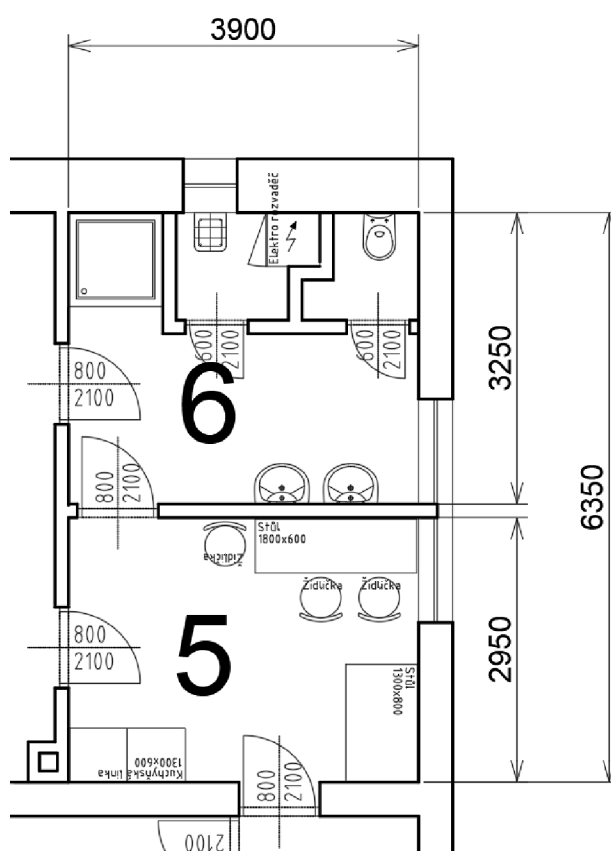
Obr. 37 Místnost č. 4.



Obr. 38 Fotografie z místnosti č. 4.

Pátá místnost (obr. 39) slouží jako šatna, svačárna a prostor na odpočinek. Plocha je 11,3 m<sup>2</sup>. Vybavení tvoří malá kuchyňská linka a dva jídelní stoly. Velkým nedostatkem je zde absence šatních a osobních skříněk pro zaměstnance, kteří své oblečení odkládají právě na výše zmíněné jídelní stoly.

Poslední, šestou místností výrobní haly je umývárna (obrázek 39), její plocha je 14,3 m<sup>2</sup>. Nachází se zde dvě umyvadla, sprchový kout, úklidová komora a jedna toaleta.



Obr. 39 Výřez místností č. 5 a 6.

### 3.2 Strojní vybavení

Dílna pana Beneše používá pro výrobu zejména ověřené soustružnické automaty od firmy MAS. Jedná se o starší, vačkově řízené stroje, jejichž údržba a opravy jsou řádově levnější než u CNC. Konvenční stroje, vyžadující stálou obsluhu, jsou také hojně využívány, zejména pro dokončovací práce, ale také pro kusovou výrobu malých sérií, pro kterou by se nevyplatilo nastavování automatů. Kompletní seznam strojů lze najít v tabulce 3.

Tab. 3 Seznam strojního vybavení.

Číslo	Název stroje	Počet [ks]	Charakteristika	Výrobce
1	A40	11	Jednovřetenový soustružnický automat	MAS
2	A20A	1	Jednovřetenový soustružnický automat	MAS
3	A50D	1	Jednovřetenový soustružnický automat	MAS
4	M10	1	Dlouhotočný soustružnický automat	Tornos
5	SV 18 RA	2	Univerzální soustruh	TOS
6	RB 28	1	Revolverový soustruh	Pittler
7	FU2A	2	Svislá konzolová frézka	TOS
8	ZMP 16	2	Jednovřetenový závitořez	ZYS
9	V 4/20	1	Řadová čtyřvrtačka	TOS
10	V 20	1	Jednovřetenová stolní vrtačka	TOS
11	V 13	3	Jednovřetenová stolní vrtačka	TOS
12	PN 155	1	Pásová pila na kov	Josef Novotný
13	CR 30	1	Odstředivka	Kovo Bzenec

## 4 KAPACITNÍ PROPOČET [5], [6], [8], [9], [12], [15], [19], [20]

Stanoví teoretický počet potřebných strojů, dělníků a výrobních ploch pro zajištění výroby v podniku. Vzhledem k rozsáhlému sortimentu byl majitelem vybrán představitel výroby, který svým pracovním postupem (tab. 4) nejlépe odpovídá všem vyráběným součástem. Výkres této matice lze nalézt v příloze 1. Objem produkce je stanoven na 100 000 kusů za rok.

Tab. 4 Výrobní postup matice.

Výrobní postup: Matice TR16x4 P			
Operace	Pracoviště	Kusový čas [min]	Popis práce
1	Automat A40	3	Upnout, zarovnat čelo, vrtat průchozí otvor $\varnothing 12,2$ mm, srazit vnější hrany, srazit vnitřní hranu, upíchnout na celkovou délku 45 mm.
2	Řadová vrtačka V4/20	0,3	Vrtat průchozí otvor $\varnothing 4,2$ mm.
3	Řadová vrtačka V4/20	0,1	Zahloubit otvor $\varnothing 4,2$ mm do hloubky 0,5 mm
4	Závitořez ZMP16	0,3	Řezat závit M5 do hloubky 4,6 mm
5	Frézka FU2A	1	Frézovat drážky 2,5 mm do hloubky 4,6 mm.
6	Stolní vrtačka V20	0,2	Zahloubit otvor $\varnothing 12,2$ mm do hloubky 2 mm.
7	Soustruh SV18	1	Řezat závit TR16x4 7H.
8	Ruční	0,2	Kontrola

### 4.1 Časové fondy [5], [6], [8], [9], [12]

Roční fond ručního pracoviště v jedné směně.

$$E_r = 251 \cdot 8 = 2008 \text{ hod/rok} \quad (4.1)$$

Roční fond strojního pracoviště v jedné směně.

$$E_s = E_r - (0,06 \cdot E_r) = 2008 - (0,06 \cdot 2008) = 1887 \text{ hod/rok} \quad (4.2)$$

$E_r$  – roční časový fond ručního pracoviště

Efektivní časový fond dělníka.

$$E_d = E_r - (20 + 15) \cdot 8 = 2008 - (20 + 15) \cdot 8 = 1768 \text{ hod/rok} \quad (4.3)$$



## 4.2 Počet strojních a ručních pracovišť [5], [6], [8], [9], [12]

Výpočet potřebného počtu strojů pro první operaci.

$$P_{th1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{3 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2} = 2,21 \text{ ks} \rightarrow P_{sk1} = 3 \text{ ks} \quad (4.4)$$

$P_{th1}$  – teoreticky vypočtený počet strojů pro 1. operaci [ks]

$P_{sk1}$  – zvolený počet strojů pro 1. operaci [ks]

$t_{k1}$  – kusový čas pro 1. operaci [min]

$N$  – počet vyráběných kusů za rok [ks]

$E_s$  – roční časový fond strojního pracoviště při jedné směně [h]

$S_s$  – směnnost strojní [-]

$k_{pns}$  – koeficient překračování norem strojního pracoviště [-]

Výpočet potřebného počtu strojů pro druhou operaci.

$$P_{th2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{0,3 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,22 \text{ ks} \rightarrow P_{sk2} = 1 \text{ ks} \quad (4.5)$$

$P_{th2}$  – teoreticky vypočtený počet strojů pro 2. operaci [ks]

$P_{sk2}$  – zvolený počet strojů pro 2. operaci [ks]

$t_{k2}$  – kusový čas pro 2. operaci [min]

Výpočet potřebného počtu strojů pro třetí operaci.

$$P_{th3} = \frac{t_{k3} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{0,1 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,07 \text{ ks} \rightarrow P_{sk3} = 1 \text{ ks} \quad (4.6)$$

$P_{th3}$  – teoreticky vypočtený počet strojů pro 3. operaci [ks]

$P_{sk3}$  – zvolený počet strojů pro 3. operaci [ks]

$t_{k3}$  – kusový čas pro 3. operaci [min]

Výpočet potřebného počtu strojů pro čtvrtou operaci.

$$P_{th4} = \frac{t_{k4} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{0,3 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,22 \text{ ks} \rightarrow P_{sk4} = 1 \text{ ks} \quad (4.7)$$

$P_{th4}$  – teoreticky vypočtený počet strojů pro 4. operaci [ks]

$P_{sk4}$  – zvolený počet strojů pro 4. operaci [ks]

$t_{k4}$  – kusový čas pro 4. operaci [min]

Výpočet potřebného počtu strojů pro pátou operaci.

$$P_{th5} = \frac{t_{k5} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{1 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,73 \text{ ks} \rightarrow P_{sk5} = 1 \text{ ks} \quad (4.8)$$

$P_{th5}$  – teoreticky vypočtený počet strojů pro 5. operaci [ks]  
 $P_{sk5}$  – zvolený počet strojů pro 5. operaci [ks]  
 $t_{k5}$  – kusový čas pro 5. operaci [min]

Výpočet potřebného počtu strojů pro šestou operaci.

$$P_{th6} = \frac{t_{k6} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{0,2 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,14 \text{ ks} \rightarrow P_{sk6} = 1 \text{ ks} \quad (4.9)$$

$P_{th6}$  – teoreticky vypočtený počet strojů pro 6. operaci [ks]  
 $P_{sk6}$  – zvolený počet strojů pro 6. operaci [ks]  
 $t_{k6}$  – kusový čas pro 6. operaci [min]

Výpočet potřebného počtu strojů pro sedmou operaci.

$$P_{th7} = \frac{t_{k7} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{1 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,73 \text{ ks} \rightarrow P_{sk7} = 1 \text{ ks} \quad (4.10)$$

$P_{th7}$  – teoreticky vypočtený počet strojů pro 7. operaci [ks]  
 $P_{sk7}$  – zvolený počet strojů pro 7. operaci [ks]  
 $t_{k7}$  – kusový čas pro 7. operaci [min]

Celkový počet strojů

$$P_{sk} = P_{sk1} + P_{sk2} + P_{sk3} + P_{sk4} + P_{sk5} + P_{sk6} + P_{sk7} = 3 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 9 \text{ ks} \quad (4.11)$$

Výpočet potřebného počtu ručních pracovišť pro osmou operaci.

$$P_{r8} = \frac{t_{k8} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot S_r \cdot k_{pnr}} = \frac{0,2 \cdot 100000}{60 \cdot 2008 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,13 \text{ ks} \rightarrow P_r = 1 \text{ ks} \quad (4.12)$$

$P_{r8}$  – teoreticky vypočtený počet ručních pracovišť pro 8. operaci [ks]  
 $P_r$  – zvolený počet ručních pracovišť pro 8. operaci [ks]  
 $t_{k8}$  – kusový čas pro 8. operaci [min]  
 $E_r$  – roční časový fond ručního pracoviště při jedné směně [h]  
 $S_r$  – směnnost ručních pracovišť [–]  
 $k_{pnr}$  – koeficient překračování norem ručního pracoviště [–]

Pro zajištění výroby je zapotřebí devíti strojů a jednoho ručního pracoviště.

### 4.3 Procentuální využití pracovišť [5]

Využití soustružnických automatů A40 pro první operaci.

$$\eta_1 = \frac{P_{th1}}{P_{sk1}} \cdot 100 = \frac{2,21}{3} \cdot 100 = 74\% \quad (4.13)$$

Využití stolní vrtačky V4/20 pro druhou operaci.

$$\eta_2 = \frac{P_{th2}}{P_{sk2}} \cdot 100 = \frac{0,22}{1} \cdot 100 = 22\% \quad (4.14)$$

Využití stolní vrtačky V4/20 pro třetí operaci.

$$\eta_3 = \frac{P_{th3}}{P_{sk3}} \cdot 100 = \frac{0,07}{1} \cdot 100 = 7\% \quad (4.15)$$

Využití závitorezu ZMP16 pro čtvrtou operaci.

$$\eta_4 = \frac{P_{th4}}{P_{sk4}} \cdot 100 = \frac{0,22}{1} \cdot 100 = 22\% \quad (4.16)$$

Využití frézky FU2A pro pátou operaci.

$$\eta_5 = \frac{P_{th5}}{P_{sk5}} \cdot 100 = \frac{0,73}{1} \cdot 100 = 73\% \quad (4.17)$$

Využití stolní vrtačky V20 pro šestou operaci.

$$\eta_6 = \frac{P_{th6}}{P_{sk6}} \cdot 100 = \frac{0,14}{1} \cdot 100 = 14\% \quad (4.18)$$

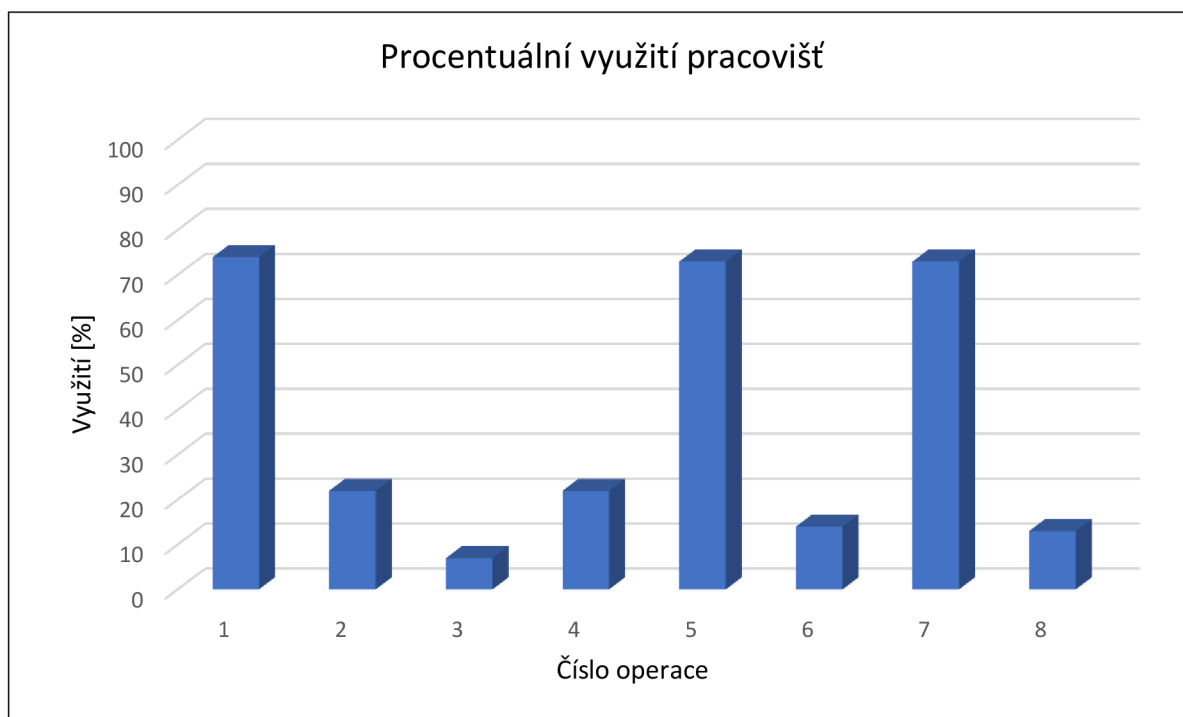
Využití soustruhu SV18 pro sedmou operaci.

$$\eta_7 = \frac{P_{th7}}{P_{sk7}} \cdot 100 = \frac{0,73}{1} \cdot 100 = 73\% \quad (4.19)$$

Využití ručního pracoviště pro osmou operaci.

$$\eta_8 = \frac{P_{r8}}{P_r} \cdot 100 = \frac{0,13}{1} \cdot 100 = 13\% \quad (4.20)$$

Z výpočtu využití jednotlivých pracovišť vychází, že nejvíc vytížené jsou pracoviště zajišťující první, pátou a sedmou operaci. Zatímco využití pracovišť 2, 3, 4, 6, 8 je nízké. Pro lepší využití všech pracovišť by bylo vhodné na vytížených místech zavést dvousměnný provoz, nebo přesčasovou práci. Graf zobrazující stav využití je na obrázku 40.



Obr. 40 Graf využití pracovišť

#### 4.4 Výpočet potřebného množství pracovníků [5], [6], [8], [9], [12]

Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro první operaci.

$$D_{vst1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns} \cdot a_1} = \frac{3 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 3} = 0,73 \cong 1 \text{ dělník} \quad (4.21)$$

$a_1$  – koeficient víceobsluhy pro první operaci

Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro druhou operaci.

$$D_{vst2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns} \cdot a_{27}} = \frac{0,3 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1} = 0,22 \cong 1 \text{ dělník} \quad (4.22)$$

$a_{27}$  – koeficient víceobsluhy pro druhou až sedmou operaci

Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro třetí operaci.

$$D_{vst3} = \frac{t_{k3} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns} \cdot a_{27}} = \frac{0,1 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1} = 0,07 \cong 1 \text{ dělník} \quad (4.23)$$

Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro čtvrtou operaci.

$$D_{vst4} = \frac{t_{k4} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns} \cdot a_{27}} = \frac{0,3 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1} = 0,22 \cong 1 \text{ dělník} \quad (4.24)$$

Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro pátou operaci.

$$D_{vst5} = \frac{t_{k5} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns} \cdot a_{27}} = \frac{1 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1} = 0,73 \cong 1 \text{ dělník} \quad (4.25)$$

Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro šestou operaci.

$$D_{vst6} = \frac{t_{k6} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns} \cdot a_{27}} = \frac{0,2 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1} = 0,14 \cong 1 \text{ dělník} \quad (4.26)$$

Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro sedmou operaci.

$$D_{vst7} = \frac{t_{7k} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns} \cdot a_{27}} = \frac{1 \cdot 100000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1} = 0,73 \cong 1 \text{ dělník} \quad (4.27)$$

Celkový počet strojních dělníků.

$$D_{vst} = D_{vst1} + D_{vst2} + D_{vst3} + D_{vst4} + D_{vst5} + D_{vst6} + D_{vst7} = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 7 \text{ dělníků} \quad (4.28)$$

- $D_{vst1}$  – potřebný počet dělníků pro první operaci [ks]
- $D_{vst2}$  – potřebný počet dělníků pro druhou operaci [ks]
- $D_{vst3}$  – potřebný počet dělníků pro třetí operaci [ks]
- $D_{vst4}$  – potřebný počet dělníků pro čtvrtou operaci [ks]
- $D_{vst5}$  – potřebný počet dělníků pro šestou operaci [ks]
- $D_{vst6}$  – potřebný počet dělníků pro šestou operaci [ks]
- $D_{vst7}$  – potřebný počet dělníků pro sedmou operaci [ks]

Pro obsluhu strojů bude zapotřebí 7 pracovníků.

Výpočet potřebného počtu ručních dělníků pro osmou operaci.

$$D_{vr} = \frac{t_{k8} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot S_r \cdot k_{pns}} = \frac{0,2 \cdot 100000}{60 \cdot 2008 \cdot 1,2} = 0,13 \cong 1 \text{ dělník} \quad (4.29)$$

Pro obsluhu ručního pracoviště je potřeba jeden pracovník.

Celkový počet výrobních dělníků

$$D_v = D_{vst} + D_{vr} = 7 + 1 = 8 \text{ dělníků} \quad (4.30)$$

- $D_{vst}$  – potřebný počet strojních dělníků [ks]
- $D_{vr}$  – potřebný počet ručních dělníků pro osmou operaci [ks]

Pro zajištění chodu výroby v jedné směně je zapotřebí 8 pracovníků. Efektivní časové fondy jsou ovšem rozdílné pro dělníky a stroje pracoviště. Z tohoto důvodu je nutné vypočítat celkový počet pracovníků v evidenci.

Evidenční počet strojních dělníků.

$$D_{evst} = \sum_{i=1}^n D_{vsti} \cdot \frac{E_s}{E_d} = 7 \cdot \frac{1887}{1768} = 7,47 \cong 8 \text{ dělníků} \quad (4.31)$$

Evidenční počet ručních dělníků.

$$D_{evr} = D_{vr} \cdot \frac{E_r}{E_d} = 1 \cdot \frac{2008}{1768} = 1,13 \cong 2 \text{ dělníci} \quad (4.32)$$

Výpočet počtu pracovníků kontroly.

$$D_K = 0,06 \cdot D_{vst} = 0,06 \cdot 7 = 0,42 \cong 1 \text{ pracovník} \quad (4.33)$$

$D_{vst}$  – počet strojních dělníků [ks]

Výpočet pomocného personálu.

Počet pomocných dělníků.

$$D_p = 0,35 \cdot D_v = 0,35 \cdot 8 = 2,8 \cong 3 \text{ dělníci} \quad (4.34)$$

$D_v$  – celkový počet výrobních dělníků [ks]

Evidenční počet pomocných dělníků.

$$D_{evp} = 1,1 \cdot D_p = 1,1 \cdot 3 = 3,3 \cong 4 \text{ dělníci} \quad (4.35)$$

$D_p$  – počet pomocných dělníků [ks]

Počet pracovníků pomocné obsluhy.

$$D_{pop} = 0,02 \cdot (D_{evst} + D_{evr}) = 0,02 \cdot (8 + 2) = 0,2 \cong 1 \text{ pracovník} \quad (4.36)$$

$D_{evst}$  – evidenční počet strojních dělníků [ks]

$D_{evr}$  – evidenční počet ručních dělníků [ks]

Počet ITA pracovníků.

$$ITA = 0,2 \cdot (D_{evst} + D_{evr} + D_{evp}) = 0,2 \cdot (8 + 2 + 4) \cong 3 \text{ pracovníci} \quad (4.37)$$

$D_{evp}$  – evidenční počet pomocných dělníků [ks]

Celkový počet pracovníků.

$$P_c = D_{evst} + D_{evr} + D_{evp} + D_{pop} + D_K + ITA = 8 + 2 + 4 + 1 + 1 + 3 = 19 \text{ pracovníků} \quad (4.38)$$

$D_{pop}$  – počet pracovníků pomocné obsluhy [ks]

ITA – počet inženýrsko – technických pracovníků [ks]

$D_K$  – počet pracovníků kontroly [ks]

Z výpočtu pro zjištění počtu pracovníků vychází, že na zajištění výroby je potřeba 19 evidenčních pracovníků, 16 skutečně přítomných. Toto číslo se zdá vcelku vysoké a s přihlédnutím na nízká využití jednotlivých pracovišť lze předpokládat, že při realizaci nového návrhu bude počet zaměstnaných pracovníků znatelně nižší.

#### 4.5 Výpočet ploch [5], [6], [8], [9], [12]

Plocha jednotlivých strojních pracovišť (tab. 5) byla zjištěna graficky, v programu AutoCad a pomocí návodu k seřizování soustružnických automatů. Vychází z půdorysu strojů, zvětšených o manipulační prostor pro obsluhu a průchodové uličky. Pro ruční pracoviště je vyhrazena plocha 6 m<sup>2</sup>.

Tab. 5 Plocha strojních pracovišť.

Plocha strojních pracovišť						
Stroj	A40	V4/20	ZMP 16	FU2A	V20	SV18
Plocha [m <sup>2</sup> ]	10 m <sup>2</sup>	11 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>	11 m <sup>2</sup>

Plocha strojních pracovišť  $F_s = 74 \text{ m}^2$

Plocha ručního pracoviště  $F_r = 6 \text{ m}^2$

Celková výrobní plocha haly.

$$F_v = F_s + F_r = 74 + 6 = 80 \text{ m}^2 \quad (4.39)$$

$F_s$  – plocha strojních pracovišť [m<sup>2</sup>]

$F_r$  – plocha ručního pracoviště [m<sup>2</sup>]

Výpočet pomocné podlahové plochy.

$$F_{pt} = 0,6 \cdot F_v = 0,6 \cdot 80 = 48 \text{ m}^2 \quad (4.40)$$

$F_v$  – celková výrobní plocha [m<sup>2</sup>]

Plocha pro hospodaření s nářadím.

$$F_{phn} = 0,14 \cdot F_{pt} = 0,14 \cdot 48 \cong 7 \text{ m}^2 \quad (4.41)$$

$F_{pt}$  – teoretická pomocná podlahová plocha [m<sup>2</sup>]

Pomocná plocha údržby.

$$F_{pú} = 0,14 \cdot F_{pt} = 0,14 \cdot 48 \cong 7 \text{ m}^2 \quad (4.42)$$

Pomocná plocha skladů.

$$F_{pskl} = 0,31 \cdot F_{pt} = 0,31 \cdot 48 \cong 15 \text{ m}^2 \quad (4.43)$$

Pomocná plocha vnitřních dopravních cest.

$$F_{pdc} = 0,34 \cdot F_{pt} = 0,34 \cdot 48 \cong 17 \text{ m}^2 \quad (4.44)$$

Pomocná plocha kontroly.

$$F_{pk} = 0,07 \cdot F_{pt} = 0,7 \cdot 48 \cong 4 \text{ m}^2 \quad (4.45)$$

Celková skutečná pomocná podlahová plocha.

$$F_p = F_{phn} + F_{pú} + F_{pskl} + F_{pdc} + F_{pk} = 7 + 7 + 15 + 17 + 4 = 50 \text{ m}^2 \quad (4.46)$$

$F_{phn}$  – plocha pro hospodaření s nářadím [ $\text{m}^2$ ]

$F_{pú}$  – pomocná plocha údržby [ $\text{m}^2$ ]

$F_{pskl}$  – pomocná plocha skladů [ $\text{m}^2$ ]

$F_{pdc}$  – pomocná plocha vnitřních dopravních cest [ $\text{m}^2$ ]

$F_{pk}$  – pomocná plocha kontroly [ $\text{m}^2$ ]

Výpočet celkové provozní plochy.

$$F_{pr} = F_v + F_p = 80 + 50 = 130 \text{ m}^2 \quad (4.47)$$

$F_p$  – pomocná podlahová plocha [ $\text{m}^2$ ]

Výpočet správní plochy.

$$\begin{aligned} F_{spr} &= (T \cdot 5 + A \cdot 4,5 + K \cdot 10) \cdot 1,4 = (1 \cdot 5 + 1 \cdot 4,5 + 1 \cdot 10) \cdot 1,4 = \\ &= 27,3 \cong 28 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (4.48)$$

T – počet technologů [ks]

A – počet administrativních pracovníků [ks]

K – počet konstruktérů [ks]



Výpočet sociálních ploch.

Plocha šaten.

$$F_{\text{šat}} = 0,8 \cdot (D_{\text{evst}} + D_{\text{evr}} + D_{\text{evp}} + D_{\text{pop}}) \cdot 1,4 = 0,8 \cdot (8 + 2 + 4 + 1) = 12 \text{ m}^2 \quad (4.49)$$

Plocha umýváren.

$$F_{\text{um}} = 0,3 \cdot (D_v + D_p + D_{\text{pop}}) = 0,3 \cdot (8 + 3 + 1) = 3,6 \cong 4 \text{ m}^2 \quad (4.50)$$

Plocha WC.

$$F_{\text{wc}} = 2 + (0,4 \cdot 2) = 2,8 \cong 3 \text{ m}^2 \quad (4.51)$$

Celková sociální plocha.

$$F_{\text{soc}} = F_{\text{šat}} + F_{\text{um}} + F_{\text{wc}} = 12 + 4 + 3 = 19 \text{ m}^2 \quad (4.52)$$

$F_{\text{šat}}$  – plocha šaten [ $\text{m}^2$ ]

$F_{\text{um}}$  – plocha umýváren [ $\text{m}^2$ ]

$F_{\text{wc}}$  – plocha WC [ $\text{m}^2$ ]

Plocha celého útvaru.

$$F_{\text{útv}} = F_{\text{pr}} + F_{\text{spr}} + F_{\text{soc}} = 130 + 28 + 19 = 177 \text{ m}^2 \quad (4.53)$$

$F_{\text{pr}}$  – plocha provozní [ $\text{m}^2$ ]

$F_{\text{spr}}$  – plocha správní [ $\text{m}^2$ ]

$F_{\text{soc}}$  – plocha sociální [ $\text{m}^2$ ]

## 4.6 Srovnání se současným stavem

Inovovaný strojní park, vypočítaný kapacitním propočtem, je méně obsáhlý než stávající. Velká změna je především v počtu soustružnických automatů. Místo současných 14 využívá nový návrh pouze 3. Také nepočítá s využitím strojů pomocné výroby, jako je odstředivka na kovové třísky. Není v něm započítána ani pila, hojně využívána pro dělení materiálu.

Vypočítaný počet 16 potřebných pracovníků značně převyšuje současný stav, kdy se na výrobě podílí 4 dělníci. Rozdíl je tvořen zejména absencí ITA pracovníků, spolu se skutečností, že provoz nevyužívá pomocných dělníků. Jejich činnost přebírají výrobní zaměstnanci, když zrovna nejsou vytíženi obsluhou strojů. Výměra ploch se v nově vypočítaném i stávajícím stavu téměř shoduje. Rozdíl tvoří zanedbatelných 30  $\text{m}^2$ , o který je nový stav menší.

## 5 NÁVRH NOVÉHO USPOŘÁDÁNÍ HALY

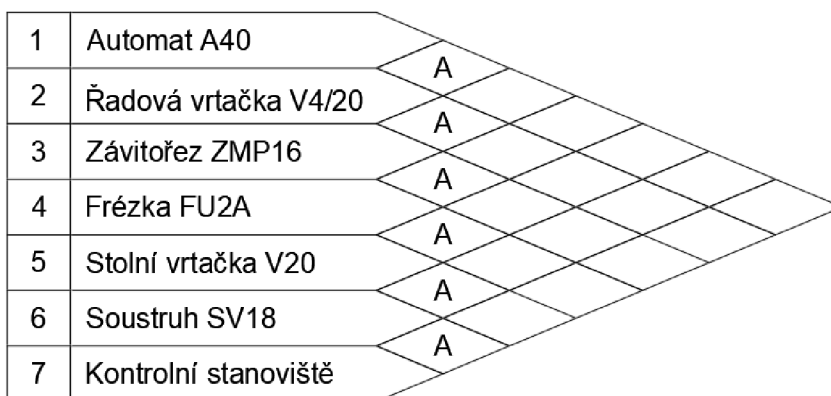
V této kapitole budou představeny dva nové návrhy uspořádání výrobní dílny. Tyto návrhy vycházejí z údajů zjištěných pomocí kapacitního propočtu a také z výrobního postupu představitele výroby. Díky tomu, že se firma specializuje především na výrobu rotačních dílů typu čep, jsou nově navrhovaná rozmístění strojů použitelná i pro výrobu ostatního sortimentu podniku.

Základním cílem nových uspořádání je zlepšení pracovních a bezpečnostních podmínek, které ve stávajícím stavu nejsou vhodné. Aktuální stav také postrádá skladovací plochu, která je v nových návrzích jasně vyhrazena. Pro skladování výrobků byla pro obě varianty zvolena ohradová paleta. Manipulaci s paletami bude zajišťovat ruční paletový vozík.

### 5.1 Varianta A

Tato varianta počítá s použitím předmětného uspořádání výrobních strojů, podle pořadí ve výrobním postupu a tabulky návaznosti operací (tab. 6). Nejsou zde naplánovány žádné stavební úpravy stávajících výrobních prostor, ani se nepočítá s nákupem nového strojního vybavení. Pouze se upraví pozice a počet výrobních strojů tak, aby bylo v co nevyšší míře vyhověno normám, které upravují umístění strojů.

Tab. 6 Tabulka návaznosti operací.



V novém návrhu zůstává denní místnost a umývárna zachována v původní podobě, průchozí chodba pro zaměstnance je vyklizena od obalového materiálu, vybavena osobními skříňkami, židlemi na sezení a využívána jako šatna.

Inhed za vstupními dveřmi byla vytvořena skladová plocha. V ní se nachází konzolový regál a vyhrazené místo pro skladování palet s obrobekými kusy. Skladová plocha je prvek, který původnímu rozložení výrobní dílny scházet patrně nejvíce. Kamna na vytápění byla přesunuta a uvolněný průchod mezi místnostmi bude používán pro dopravu tyčí ze skladu rovnou k soustružnickým automatům. Těch je v novém návrhu větší počet, než byl stanoven kapacitním propočtem a je možné je využít pro doplňkovou výrobu. Následuje pracoviště s řadovou vrtačkou a závitořezem. Za dalším průchodem je odstředivka na špony, spolu s frézkou. Závěrečná část výroby se odehrává ve vstupní místnosti, kde je stolní vrtačka, soustruh SV 18 a nakonec ruční, kontrolní pracoviště. Navíc je tu umístěno pracoviště vybavené strojní pilou a také revolverový soustruh.

Výhodou této varianty je skutečnost, že nevyžaduje žádné stavební úpravy, využívá původní rozložení místností a stroje by bylo nutné na jejich nové pozice pouze přesunout.

Nevýhodou je zachování malého počtu strojů, příkladem je redukce na pouze 5 z původních 14 soustružnických automatů.

## 5.2 Varianta B

V tomto návrhu je využito technologického rozmístění strojů, stroje tedy nejsou uspořádány ve výrobní lince, ale seskupeny podle technologické příbuznosti. Také se počítá s určitými stavebními úpravami. Mezi ně patří přesunutí sociálních ploch do výhodnější pozice, která nevyžaduje přístupovou chodbu a stěna, uprostřed výrobní plochy byla nahrazena nosnými sloupy. Tyto dvě zásadní změny umožňují při zachování stejného půdorysu vytvořit mnohem větší užitnou výrobní plochu. Z kapacitního propočtu se v tomto návrhu vychází jen v omezené míře, jeho cílem je zachování co největšího množství z původního strojního vybavení, při dodržení stanovených podmínek.

Skladová plocha je opět umístěna ihned za vstupními dveřmi a vybavena regálem pro uložení tyčí, spolu s místem pro uložení palet. Za průchodovou cestou jsou umístěny frézky, spolu s pracovištěm strojní pily. V horní části dílny našlo místo 8 soustružnických automatů. Jinak nevyužitou část vedle podavačů tyčí se podařilo zaplnit dvěma pracovišti s ručními vrtačkami. Po celé levé části dílny je umístěna řada strojních pracovišť vyžadující stálou obsluhu, která je ukončena ručním pracovištěm kontroly. Tento návrh také zlepšuje klimatické podmínky v dílně. Vytápění bude řešeno s využitím plynového kotle a rozvodu teplé vody do instalovaných radiátorů.

Výhodou varianty je lepší využitelnost výrobní plochy, díky které je možno zachovat větší množství původního strojního vybavení. Také sociální zázemí se zlepšilo díky dvojnásobnému počtu WC a sprch.

Nevýhodou jsou značné náklady na přestavbu a dlouhá odstávka výroby. Množství zachovaného a vyřazeného počtu strojů lze nalézt v tabulce 7.

Tab. 7 Porovnání strojních vybavení v navrhovaných variantách

Název stroje	Charakteristika	Výrobce	Počet v aktuálním stavu [ks]	Počet ve variantě A [ks]	Počet ve variantě B [ks]
A40	Jednovřetenový soustružnický automat	MAS	11	5	8
A20A	Jednovřetenový soustružnický automat	MAS	1	0	0
A50D	Jednovřetenový soustružnický automat	MAS	1	0	0
M10	Jednovřetenový soustružnický automat	Tornos	1	0	0
SV 18 RA	Univerzální soustruh	TOS	2	1	1
RB 28	Revolverový soustruh	Pittler	1	1	1
FU2A	Svislá konzolová frézka	TOS	2	1	2
ZMP 16	Jednovřetenový závitořez	ZYS	2	1	2
V 4/20	Řadová čtyřvrtačka	TOS	1	1	1
V 20	Jednovřetenová stolní vrtačka	TOS	1	0	1
V 13	Jednovřetenová stolní vrtačka	TOS	3	0	3
PN 155	Pásová pila na kov	Josef Novotný	1	1	1
CR 30	Odstředivka	Kovo Bzenec	1	1	0

## 6 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ [20]

V této kapitole budou zhodnoceny náklady na realizaci jednotlivých změn rozložení výrobní dílny, popsaných v předchozí kapitole. Je také nutné posoudit počty potřebných pracovníků s přihlédnutím na cenu jednoho vyráběného kusu. Cenové odhady stavebních prací laskavě poskytl Bc. Jakub Kohout z Vysoké školy technické a ekonomické v Českých Budějovicích. Náklady na stěhování a nové přípojky strojů vychází ze zkušeností pana Beneše.

Stěhování strojů bude probíhat s využitím zaměstnanců a vybavení dílny. Úpravu rozvodů energie, případně dalších přípojek specifických pro daný stroj zajistí specializovaná osoba. Návrh B počítá také se stavebními úpravami, jako jsou nové rozvody topení, přesun a renovace umývárny, spolu se svačínovou místností. Nejdražší položkou je úprava stěn, především zbourání nosné stěny uprostřed výrobní plochy a její nahrazení sloupy. To je odhadováno mezi 100 až 200 tisíci Korun českých. Kompletní odhad nákladů na:

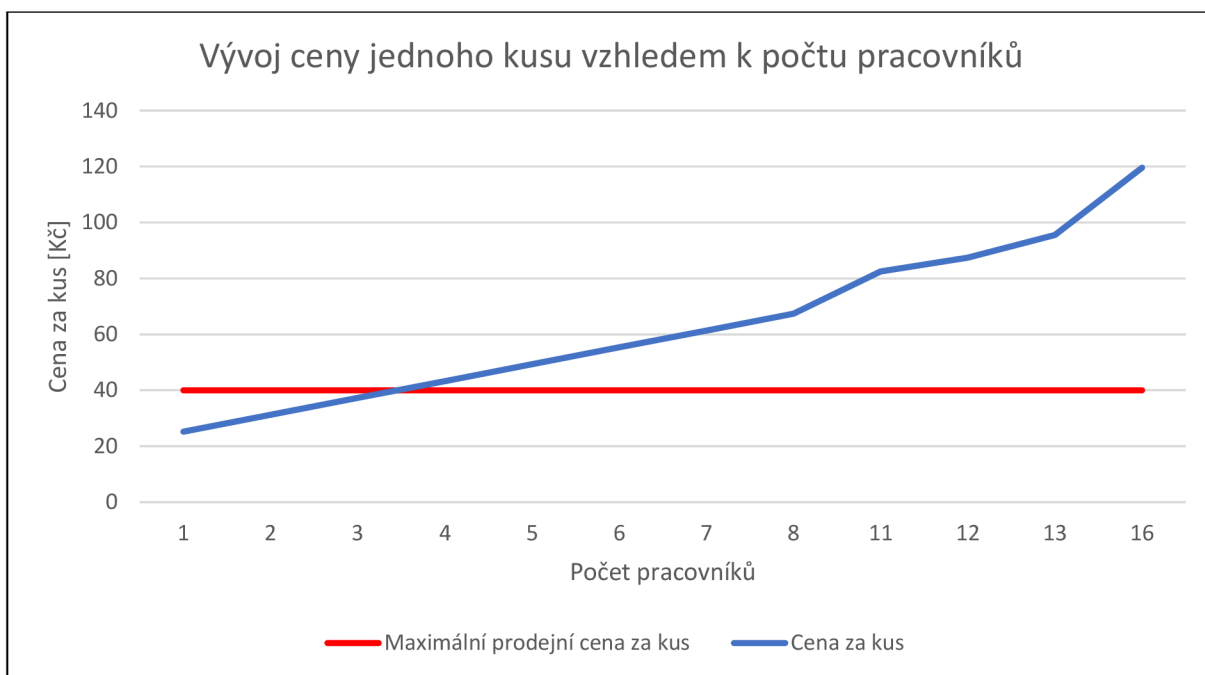
- variantu A: Přesun strojů: 15 000 Kč  
 Úprava rozvodů energie: 70 000 Kč  
**Celkem: 85 000 Kč**
- variantu B: Přesun strojů: 15 000 Kč  
 Úprava rozvodů: 100 000 Kč  
 Přesun umývárny: 100 000 Kč  
 Přesun svačínárny: 50 000 Kč  
 Přestavba stěn: 150 000 Kč  
**Celkem: 415 000 Kč**

Pomocí kapacitního propočtu byl stanoven počet potřebných pracovníků, přítomných na pracovišti na 16. Toto číslo je nutné ověřit z ekonomického pohledu, protože každý jeden zaměstnanec, v takto malém měřítku, značně ovlivní koncovou cenu vyráběného zboží. Náklady na jednotlivá pracoviště a pozice zobrazuje tabulka 8.

Tab. 8 Hodinové náklady na jednotlivá pracoviště.

Operace	Pracoviště/pozice	Počet [ks]	Náklady na pracoviště [Kč/hod]	Náklady na mzdy [Kč/hod]	Celkové hodinové náklady [Kč/hod]
1	Automat A40	3	150	100	750
2	Řadová vrtačka V4/20	1	50	300	350
3	Řadová vrtačka V4/20	1	50	300	350
4	Závitořez ZMP16	1	50	300	350
5	Frézka FU2A	1	100	300	400
6	Stolní vrtačka V20	1	50	300	350
7	Soustruh SV18	1	100	300	400
8	Ruční	1	25	300	325
-	Pomocný dělník	3	10	250	780
-	Pomocná obsluha	1	10	250	260
-	Pracovník kontroly	1	10	400	410
-	ITA pracovník	3	10	400	1230

Obr. 41 zobrazuje vývoj ceny výrobku s rostoucím počtem zaměstnanců. Aktuálně si firma účtuje 37 korun za jednu matici. Maximální cena, za kterou je zákazník ochotný výrobek ještě odkoupit se pohybuje kolem 40 Kč, ta je vyznačena červenou čarou. S přihlédnutím na cenu materiálu, která činí 6,5 Kč za kus a skutečnosti, že pro firmu je nutné dosahovat výtěžku, vyplývá z grafu počet tří pracovníků, podílejících se na výrobě představitele, jako maximální možný. Pohledem na zpět obrázek 40, který zobrazuje využití pracovišť si lze ověřit, že doporučené množství pracovníků je schopno výrobu zajistit.



Obr. 41 Vývoj ceny jednoho kusu vzhledem k počtu pracovníků

## 7 ZÁVĚR

Řešeným problémem této práce byla optimalizace pracovišť v malém podniku pana Beneše. Výrobní sortiment tvoří z větší části rotační součástky do průměru 40 mm. Předmětem zlepšování tedy byly zejména soustružnické pracoviště a jim přidružený provoz.

V první části byly nastíněny postupy, které se při plánování technologického projektu využívají. Popsány postupy analýzy, početní metody vytvoření nového návrhu, grafické i analytické metody rozmístování strojů, konkrétní příklady správného umístění strojů a základní pokyny k bezpečnosti práce.

Analýzou současného stavu bylo zjištěno, že není potřeba optimalizovat pouze pracoviště, ale značné nedostatky lze nalézt ve všech oblastech provozu. Zásadním problémem je umístění příliš velkého počtu strojů na příliš malý prostor a z toho plynoucích nedostatků místa jak pro obsluhu těchto strojů, která je ohrožována okolními stroji, tak pro skladování polotovárů i hotových součástí. Přeprava materiálu je realizována ručně, protože jakýkoliv manipulační prostředek se mezi stroje nevejde. Nedostatek lze také najít v úklidu, který probíhá pravidelně pouze jednou za rok a ve všeobecné organizaci výroby, kdy chybí vyhrazená místa pro skladování nástrojů nebo přípravků. Ty jsou pak uloženy volně mezi stroji tam, kde je zrovna místo.

Postup k sestavení nových návrhů byl zahájen kapacitním propočtem, který dal na základě vstupních parametrů představu o potřebném množství personálu a rozloze výrobních a pomocných ploch. Vypočítané hodnoty těchto ploch se téměř shodovaly se stávajícím stavem dílny, díky tomu bylo zřejmé, že je možné tuto výrobu realizovat v daných prostorách. Počet nutných zaměstnanců vyšel násobně vyšší, než je stávající stav. To lze přisoudit skutečnosti, že kapacitní propočet je obecný a není v něm prostor pro přizpůsobení konkrétní situaci. Příkladem je vypočítaný počet tří inženýrsko - technických pracovníků, které firma vůbec nepotřebuje zaměstnávat.

První novou variantou, pojmenovanou varianta A, je pouze úprava rozmístění strojů tak, aby bylo vyhověno požadavkům na prostor pro jejich obsluhu, průchodové uličky a skladovací plochu. Stroje jsou zde umístěny do předmětné výrobní linky. V této variantě je zachována pouze polovina z původního strojního vybavení, ale její provedení je levné a časově nenáročné.

Druhá varianta, pojmenována varianta B, počítá s nutností stavebních úprav celého výrobního i pomocného prostoru. Přesunem sociálního zařízení a přeměnou centrální zdi na nosné sloupy umožňuje tato varianta zachovat větší část strojního vybavení a zároveň zlepšit podmínky pro zaměstnance. Stavební úpravy si ovšem vyžádají násobně vyšší investici a dlouhou odstávku provozu, kterou si firma nemůže dovolit.

V poslední části byly nové návrhy zhodnoceny z ekonomického hlediska. Došlo ke stanovení konkrétních cen přestavby a také byl určen konkrétní počet pracovníků, které je možno zaměstnat, aby výroba součástí byla ekonomicky přínosná.

S přihlédnutím k výše popsaným skutečnostem bylo panu Benešovi doporučeno zachovat stávající počet 4 zaměstnanců. A pro uspořádání strojů využít novou variantu A, která svou menší finanční i časovou náročností více vyhovuje požadavkům provozu.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [21]

1. Jihlavský Bosch nasadí automatické stackery. *Logistika Ihned* [online]. Jihlava: Idnes, 2018 [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-66134070-jihlavsky-bosch-nasadi-automaticke-stackery>
2. Co je štihlá výroba pracovního nábytku? *České stavby* [online]. Praha: České stavby, 2018 [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/co-je-stihla-vyroba-pracovniho-nabytku-25925.html>
3. Vizualizace montážní linky. *3D Vizualizace* [online]. Ostrava: 3D Vizualizace, 2018 [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://www.3d-vizualizace.cz/3d/reference/vizualizace-montazni-linky/>
4. OBRAZEM: Škodovka slavila, do fabriky přišly desetitisíce fandů. *Týden.cz* [online]. Mladá Boleslav: EMPRESA MEDIA, 2011 [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: [https://www.tyden.cz/rubriky/auta/obrazem-skodovka-slavila-do-fabriky-prisly-desetitisice-fandu\\_199300.html?showTab=nejctenejsi-24](https://www.tyden.cz/rubriky/auta/obrazem-skodovka-slavila-do-fabriky-prisly-desetitisice-fandu_199300.html?showTab=nejctenejsi-24)
5. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I.* 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
6. RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty.* 1.vyd. Brno: VUT-FSI, 1991, 185 s. ISBN 80-214-0385-3.
7. *Volba umístění a prostorové uspořádání provozu* [online]. [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.dobreznamky.cz/volba-umisteni-a-prostorove-usporadani-provozu/>
8. HLAVENKA, Bohumil. *Manipulace s materiálem (Systémy a prostředky manipulace s materiálem).* 1. vyd. Brno: VUT-FSI, 1990, 164 s. ISBN 80-214-0068-4.
9. KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o, 2015, 183 stran: ilustrace. ISBN 978-80-214-5260-2.
10. HLAVENKA, Bohumil. *Manipulace s materiálem, cvičení.* 3. Brno: PC-DIR Real s.r.o, 2000. ISBN 80-214-1724-2.
11. ZELENKA, Antonín. *Projektování výrobních procesů a systémů.* 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
12. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů, cvičení.* 2. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1988.
13. Montážní pracoviště MPP4. *Enprag* [online]. Praha: Enprag, 2019 [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.kovovynabytek.cz/montazni-pracoviste-mpp4/pMPP4/>
14. SAMEK, Jaroslav. *Modely optimálního rozmístění výroby.* 1.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.
15. *Průručka pro obsluhu a seřizování soustružnických automatů MAS.* Sezimovo Ústí, 1957.
16. ČSN 26 9010. *Manipulace s materiálem. Šířky a výšky cest a uliček.* Praha: Český normalizační institut, 1993.
17. ČSN 73 5105. *Výrobní průmyslové budovy.* Praha: Český normalizační institut, 1993.

18. Zvýšení bezpečnosti na pracovišti zavedením metody 5S. In: *BOZP info* [online]. Praha, 9.3.2017 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/zvyseni-bezpecnosti-na-pracovisti-zavedenim-metody-5s>
19. Plánovací kalendář 2020. *Kalendář Beda* [online]. 2020 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://www.kalendar.beda.cz/rocni-planovaci?year=2020&type=s1>
20. Technologický postup jednoduché součásti. In: *Odbor technologie obrábění, VUT* [online]. Brno: Odbor technologie obrábění, VUT, 2019 [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=podklady>
21. *Citace PRO* [online]. Brno [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.citace.com/citace-pro>



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Počet administrativních pracovníků	[ks]
$a_1$	Koeficient víceobsluhy pro první operaci	[-]
$a_{27}$	Koeficient víceobsluhy pro druhou až sedmou operaci	[-]
$D_{evp}$	Evideční počet pomocných dělníků	[ks]
$D_{evr}$	Evidenční počet ručních dělníků	[ks]
$D_{evst}$	Evideční počet strojních dělníků	[ks]
$D_K$	Počet pracovníků kontroly	[ks]
$D_P$	Počet pomocných dělníků	[ks]
$D_{pop}$	Počet pracovníků pomocné obsluhy	[ks]
$D_v$	Celkový počet výrobních dělníků	[ks]
$D_{vr}$	Potřebný počet ručních dělníků pro osmou operaci	[ks]
$D_{vst}$	Celkový počet strojních dělníků	[ks]
$D_{vsti}$	Potřebný počet dělníků pro danou operaci	[ks]
$E_d$	Efektivní časový fond dělníka	[hod]
$E_r$	Roční časový fond ručního pracoviště	[hod]
$E_s$	Roční fond strojního pracoviště v jedné směně.	[hod]
$F_p$	Celková skutečná pomocná podlahová plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_{pdc}$	Pomocná plocha vnitřních dopravních cest	[m <sup>2</sup> ]
$F_{phn}$	Plocha pro hospodaření s náradím	[m <sup>2</sup> ]
$F_{pk}$	Pomocná plocha kontroly	[m <sup>2</sup> ]
$F_{pr}$	Celková provozní plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_{pskl}$	Pomocná plocha skladů	[m <sup>2</sup> ]
$F_{pt}$	Pomocná podlahová plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_{pů}$	Pomocná plocha údržby	[m <sup>2</sup> ]
$F_r$	Plocha ručního pracoviště	[m <sup>2</sup> ]
$F_s$	Plocha strojních pracovišť	[m <sup>2</sup> ]
$F_{soc}$	Celková sociální plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_{spr}$	Správní plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{šat}}$	Plocha šaten	[m <sup>2</sup> ]
$F_{um}$	Plocha umýváren	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{útv}}$	Plocha celého útvaru	[m <sup>2</sup> ]
$F_v$	Celková výrobní plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_{WC}$	Plocha WC	[m <sup>2</sup> ]
ITA	Počet inženýrsko-technických pracovníků	[ks]
K	Počet konstruktérů	[ks]
$k_{pnr}$	Koeficient překračování norem ručního pracoviště	[-]
$k_{pns}$	Koeficient překračování norem strojního pracoviště	[-]
N	Počet vyráběných kusů za rok	[ks]
$P_c$	Celkový počet pracovníků	[ks]
$P_r$	Zvolený počet ručních pracovišť pro 8. operaci	[ks]
$P_{r8}$	Teoreticky vypočtený počet ručních pracovišť pro 8. operaci	[ks]
$P_{sk}$	Celkový počet strojů	[ks]
$P_{ski}$	Zvolený počet strojů pro danou operaci	[ks]
$P_{thi}$	Teoreticky vypočtený počet strojů pro danou operaci	[ks]
$S_r$	Směnnost ručních pracovišť	[-]
$S_s$	Směnnost strojních pracovišť	[-]
T	Počet technologů	[ks]
$t_{ki}$	kusový čas pro danou operaci	[min]
$\eta_i$	Využití stroje pro danou operaci	[%]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklady technických pracovišť [1, 2, 3, 4] .....	10
Obr. 2 Představitel výroby: matice s trapézovým závitem .....	12
Obr. 3 Sankeyův diagram [9].....	14
Obr. 4 Rozdělení strojního zařízení závodu [5].....	16
Obr. 5 Montážní pracoviště MPP4 firmy Enprag [13] .....	17
Obr. 6 Normální strojní pracoviště [5].....	17
Obr. 7 Strojní pracoviště s více obsluhou [5] .....	17
Obr. 8 Strojní pracoviště s méně obsluhou [5] .....	17
Obr. 9 Volné uspořádání strojů [6] .....	18
Obr. 10 Technologické uspořádání [6] .....	18
Obr. 11 Předmětné uspořádání [6].....	19
Obr. 12 Modulární uspořádání [6].....	20
Obr. 13 Buňkové uspořádání [6].....	20
Obr. 14 Kombinované uspořádání [5] .....	21
Obr. 15 Stroje za sebou [5] .....	22
Obr. 16 Stroje čelními stranami k sobě [5].....	22
Obr. 17 Stroje zadními stranami k sobě [5].....	22
Obr. 18 Stroje bočními stěnami k sobě [5] .....	22
Obr. 19 Stroje čelními stranami k sobě, obsluha tří strojů [5].....	23
Obr. 20 Stroje čelními stranami k sobě, obsluha dvou strojů [5] .....	23
Obr. 21 Automaty šikmo vedle sebe [5].....	23
Obr. 22 Automaty rovnoběžně naproti sobě [5] .....	23
Obr. 23 Stroj čelní stranou k cestě [5] .....	23
Obr. 24 Stroj zadní stranou k cestě [5] .....	23
Obr. 25 Zadní strana stroje u stěny [5] .....	24
Obr. 26 Čelní strana stroje u stěny [5].....	24
Obr. 27 Boční strana stroje u stěny [5] .....	24
Obr. 28 Stroj s pohyblivou částí směřující ke stěně [5].....	24
Obr. 29 Stroj s boční a zadní stranou u sloupu [5] .....	24
Obr. 30 Stroj se zadní stranou u sloupu [5] .....	24
Obr. 31 Model vzniku úrazů [6] .....	25
Obr. 32 Exteriér výrobní dílny.....	26
Obr. 33 Místnost č. 1 .....	27
Obr. 34 Fotografie z místnosti č. 1 .....	28
Obr. 35 Místnost č. 3 .....	28
Obr. 36 Fotografie z místnosti č. 3 .....	29
Obr. 37 Místnost č. 4 .....	29
Obr. 38 Fotografie z místnosti č. 4 .....	30
Obr. 39 Místnosti č. 5 a 6.....	30
Obr. 40 Graf využití pracovišť.....	36
Obr. 41 Vývoj ceny jednoho kusu vzhledem k počtu pracovníků.....	45

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Šachovnicová Tab. [8].	14
Tab. 2 Trojúhelníková Tab. technologických návazností [9].	15
Tab. 3 Seznam strojního vybavení.	31
Tab. 4 Výrobní postup matice.	32
Tab. 5 Plocha strojních pracovišť.	39
Tab. 6 Tab. návaznosti operací.	42
Tab. 7 Porovnání strojních vybavení v navrhovaných variantách.	43
Tab. 8 Hodinové náklady na jednotlivá pracoviště.	44

## SEZNAM ROVNIC

Rovnice 4.1 Roční fond ručního pracoviště v jedné směně.	31
Rovnice 4.2 Roční fond strojního pracoviště v jedné směně.	31
Rovnice 4.3 Efektivní časový fond dělníka	31
Rovnice 4.4 Výpočet potřebného počtu strojů pro první operaci	32
Rovnice 4.5 Výpočet potřebného počtu strojů pro druhou operaci	32
Rovnice 4.6 Výpočet potřebného počtu strojů pro třetí operaci	32
Rovnice 4.7 Výpočet potřebného počtu strojů pro čtvrtou operaci	32
Rovnice 4.8 Výpočet potřebného počtu strojů pro pátou operaci	33
Rovnice 4.9 Výpočet potřebného počtu strojů pro šestou operaci	33
Rovnice 4.10 Výpočet potřebného počtu strojů pro sedmou operaci	33
Rovnice 4.11 Celkový počet strojů	33
Rovnice 4.12 Výpočet potřebného počtu ručních pracovišť	33
Rovnice 4.13 Využití soustružnických automatů A40 pro první operaci	34
Rovnice 4.14 Využití stolní vrtačky V4/20 pro druhou operaci	34
Rovnice 4.15 Využití stolní vrtačky V4/20 pro třetí operaci	34
Rovnice 4.16 Využití závitořezu ZMP16 pro čtvrtou operaci	34
Rovnice 4.17 Využití frézky FU2A pro pátou operaci	34
Rovnice 4.18 Využití stolní vrtačky V20 pro šestou operaci	34
Rovnice 4.19 Využití soustruhu SV18 pro sedmou operaci	34
Rovnice 4.20 Využití ručního pracoviště pro osmou operaci	34
Rovnice 4.21 Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro první operaci	35
Rovnice 4.22 Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro druhou operaci	35
Rovnice 4.23 Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro třetí operaci	35
Rovnice 4.24 Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro čtvrtou operaci	35
Rovnice 4.25 Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro pátou operaci	36
Rovnice 4.26 Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro šestou operaci	36
Rovnice 4.27 Výpočet potřebného počtu strojních dělníků pro sedmou operaci	36
Rovnice 4.28 Celkový počet strojních dělníků	36
Rovnice 4.29 Výpočet potřebného počtu ručních dělníků pro osmou operaci	36
Rovnice 4.30 Celkový počet výrobních dělníků	36
Rovnice 4.31 Evidenční počet strojních dělníků	37
Rovnice 4.32 Evidenční počet ručních dělníků	37
Rovnice 4.33 Výpočet počtu pracovníků kontroly	37
Rovnice 4.34 Počet pomocných dělníků	37
Rovnice 4.35 Evidenční počet pomocných dělníků	37
Rovnice 4.36 Počet pracovníků pomocné obsluhy	37
Rovnice 4.37 Počet ITA pracovníků	37
Rovnice 4.38 Celkový počet pracovníků	38

Rovnice 4.39 Celková výrobní plocha haly .....	38
Rovnice 4.40 Výpočet pomocné podlahové plochy.....	38
Rovnice 4.41 Plocha pro hospodaření s náradím .....	38
Rovnice 4.42 Pomocná plocha údržby .....	39
Rovnice 4.43 Pomocná plocha skladů .....	39
Rovnice 4.44 Pomocná plocha vnitřních dopravních cest.....	39
Rovnice 4.45 Pomocná plocha kontroly .....	39
Rovnice 4.46 Celková skutečná pomocná podlahová plocha.....	39
Rovnice 4.47 Výpočet celkové provozní plochy .....	39
Rovnice 4.48 Výpočet správní plochy .....	39
Rovnice 4.49 Plocha šaten .....	40
Rovnice 4.50 Plocha umýváren .....	40
Rovnice 4.51 Plocha WC.....	40
Rovnice 4.52 Celková sociální plocha.....	40
Rovnice 4.53 Plocha celého útvaru.....	40

## SEZNAM VÝKRESŮ

Matice s trapézovým závitem	BP-01-2020-200358-D6017762A
Aktuální stav	BP-02-2020-200358-Aktualni_stav
Varianta A	BP-03-2020-200358-Varianta_A
Varianta B	BP-04-2020-200358-Varianta_B