VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH OPTIMALIZACE TECHNOLOGICKÝCH PRACOVIŠŤ V MALÉM STROJÍRENSKÉM PODNIKU

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
Bc. Jan Vávra

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jan Vávra

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

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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:

Návrh optimalizace technologických pracovišť v malém strojírenském podniku

v anglickém jazyce:

Optimal layout proposal of technological workplaces in a small mechanical engineering company

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce je analyzovat současný stav ve zvolené strojírenské firmě. Kapacitní propočet 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 diplomové práce:

1. Analýza současného stavu firmy.
2. Inovovaný kapacitní propočet výrobní haly v porovnání se stávajícím.
3. Návrh variant uspořádání haly a skladu na základě inovovaného strojního vybavení včetně grafického řešení.
4. Volba vhodné varianty a její technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam odborné literatury:

1. HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
2. HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem (Systémy a prostředky manipulace s materiálem). 1. vyd. Brno: VUT-FSI, 1990, 164 s. ISBN 80-214-0068-4.
3. RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. 1.vyd. Brno: VUT-FSI, 1991, 185 s. ISBN 80-214-0385-3.
4. SAMEK, Jaroslav. Modely optimálního rozmístění výroby. 1.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.
5. 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.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marek Štroner, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 3.2.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá optimalizací uspořádání technologických pracovišť ve firmě Petr Bližňák - Kovovýroba. Pro optimalizaci jsou použity metodiky technologického projektování. Procesu vlastního řešení návrhu předchází literární rešerše dané problematiky a vysvětlení základních pojmů v oblasti projektování. Dále následuje analýza vnitřního a vnějšího okolí firmy a zhodnocení současného stavu firmy. Návrhy variant řešení jsou podloženy kapacitním propočtem s ohledem na minimalizaci manipulačních vzdáleností a snižování výrobních nákladů. Závěrem byl proveden výběr nejvýhodnější varianty a její technicko-ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova

Optimalizace, technologické projektování, analýza firmy, kapacitní propočet, uspořádání pracovišť.

ABSTRACT

This thesis deals with the optimization of technological layout of workplaces in company Petr Bližňák – Metal Fabrication. For optimization are used methods of technological designing. Process of our solution proposal is preceded by a literature search of the issue and explanation of basic concepts in designing. It is followed an analysis of the internal and external environment of the company and assess the current state of the company. Proposals for solution variants are based on calculations of capacitance to minimize manipulation distances and reduce production costs. In conclusion have been selected most advantageous variant and its technical-economic evaluation.

Keywords

Optimization, technological project, analysis of company, capacitive calculation, arrangement of workplaces.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VÁVRA, Jan. *Návrh optimalizace technologických pracovišť v malém strojírenském podniku.* Brno 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 87 s. Vedoucí práce Ing. Marek Štroner, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh optimalizace technologických pracovišť v malém strojírenském podniku** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

26.5.2014

Datum

Bc. Jan Vávra

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Marku Štronerovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce, dále panu Petru Bližňákovi za umožnění spolupráce na tomto projektu a ochotu poskytnou potřebné informace pro vypracování práce. V neposlední řadě bych také rád poděkoval svým rodičům a blízkým za podporu v rámci celého studia.

OBSAH

ABSTRAKT 4
PROHLÁŠENÍ 5
PODĚKOVÁNÍ 6
OBSAH 7
ÚVOD 11
1 SHRNUTÍ PROBLÉMU 12
2 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ 13
2.1 Výrobek a typy výroby 13
2.1.1 Kusová výroba 13
2.1.2 Hromadná výroba 13
2.1.3 Sériová výroba 14
2.2 Projekt výroby 14
2.3 Postup při sestavování návrhů výroby 14
2.4 Rozbor současného stavu výroby 16
2.5 Analytické a grafoanalytické metody rozborů toku materiálu 16
2.5.1 Tok materiálu 16
2.5.2 Metody rozboru v závislosti na charakteru výroby 16
2.5.3 Metody užívané pro sestavování návrhů 18
2.6 Typy strojního vybavení 19
2.7 Možnosti uspořádání strojů 20
2.7.1 Volné uspořádání strojů 20
2.7.2 Technologické uspořádání strojů 21
2.7.3 Předmětné uspořádání strojů 22
2.7.4 Modulární uspořádání 23
2.7.5 Buňkové a hnízdové uspořádání strojů 24
2.7.6 Kombinované uspořádání strojů 24
2.8 Zásady rozmísťování jednotlivých strojů pro dispoziční řešení 25
2.8.1 Vzdálenost stroje a dopravních cest: 26
2.8.2 Vzdálenost stroje od sloupů a stěn: 26
2.9 Kapacitní propočet 27
2.9.1 Stanovení představitele výrobku 28
2.9.2 Stanovení časových fondů 28
2.9.3 Výpočet strojních pracovišť a jejich využití 29
2.9.4 Výpočet ručních pracovišť a jejich využití 30

2.9.5 Výpočet pracovníků 30
2.9.5.1 Výpočet výrobních dělníků 30
2.9.5.2 Výpočet pomocných dělníků a obslužného personálu 32
2.9.5.3 Výpočet pracovníků kontroly 32
2.9.5.4 Celkový počet pracovníků útvaru: 33
2.9.6 Výpočet ploch 33
2.9.6.1 Výpočet výrobních ploch: 33
2.9.6.2 Výpočet pomocné podlahové plochy 34
2.9.6.3 Výpočet provozní podlahové plochy 34
2.9.6.4 Sociální plochy 34
2.9.6.5 Plocha útvaru 35
2.10 Bezpečnost práce a hygiena pracoviště 36
2.10.1 Bezpečnost na pracovišti 36
2.10.2 Hygiena pracoviště 38
3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU FIRMY 39
3.1 Představení firmy 39
3.2 Analýza stávajících tržních možností 40
3.2.1 Externí analýza – Porter, SLEPTE 41
3.2.2 Interní analýza – SWOT 42
3.2.3 Návrh optimalizace firemních cílů a strategie 44
3.3 Rozbor výrobní haly 44
3.4 Rozbor strojního vybavení 46
3.4.1 Hlavní strojní vybavení 46
3.4.2 Další strojní vybavení 46
3.5 Nástroje 47
3.6 Výroba 47
3.7 Zaměstnanci 48
3.8 Současné uspořádání pracovišť v hale 48
3.9 Skladové prostory 49
3.10 Rozvoj firmy v současné době 49
4 KAPACITNÍ PROPOČET 51
4.1 Využitelné časové fondy v roce 2015 51
4.2 Varianta A 52
4.2.1 Výpočet strojních a ručních pracovišť 52
4.2.1.1 Využití strojních a ručních pracovišť 54

4.2.2 Výpočet pracovníků 55
4.2.2.1 Výpočet strojních dělníků 55
4.2.2.2 Výpočet ručních dělníků 56
4.2.2.3 Výpočet pomocných dělníků a obslužného personálu 57
4.2.2.4 Celkový počet pracovníků útvaru: 57
4.2.3 Výpočet ploch 58
4.2.3.1 Výpočet výrobních ploch 58
4.2.3.2 Výpočet pomocné podlahové plochy 59
4.2.3.3 Výpočet provozní podlahové plochy 60
4.2.3.4 Sociální plochy 60
4.2.3.5 Plocha útvaru 61
4.3 Varianta B 61
4.3.1 Výpočet strojních a ručních pracovišť 62
4.3.1.1 Využití strojních a ručních pracovišť 63
4.3.2 Výpočet pracovníků 64
4.3.2.1 Výpočet strojních dělníků 64
4.3.2.2 Výpočet ručních dělníků 65
4.3.2.3 Výpočet pomocných dělníků a obslužného personálu 65
4.3.2.4 Celkový počet pracovníků útvaru: 66
4.3.3 Výpočet ploch 66
4.3.3.1 Výpočet výrobních ploch 66
4.3.3.2 Výpočet pomocné podlahové plochy 67
4.3.3.3 Výpočet provozní podlahové plochy 68
4.3.3.4 Sociální plochy 68
4.3.3.5 Plocha útvaru 69
4.3.4 Srovnání variant A a B s reálným stavem 69
5 NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ HALY 70
5.1 Varianta A 70
5.2 Varianta B 71
5.2.1 Varianta B1 73
5.2.2 Varianta B2 74
6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ 76
6.1 Volba vhodné varianty 76
6.2 Náklady na realizaci návrhu 78
ZÁVĚR 81

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 82
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 84
SEZNAM PŘÍLOH 87

ÚVOD

V současné době je na trhu silná konkurence a proto je důležité ji eliminovat nebo se jí alespoň vyrovnat výrobou produktů s nižšími náklady, ale při zachování požadované kvality. Významným kritériem je i schopnost rychle a pružně reagovat na potřeby zákazníka. Pro vylepšení nebo udržení pozice na trhu je nutné neustále zlepšovat výrobní postupy a rozšiřovat výrobní sortiment. Problematika optimalizace výroby a snižování nákladů spojených s výrobou je velice důležitá, zvláště v době ekonomické recese a nejistoty.

Tímto směrem se vydala i firma Petr Bližňák – Kovovýroba, působící na trhu necelé čtyři roky, tudíž se jedná o poměrně mladou firmu. Navzdory své krátké působnosti se firma prezentuje vysokou kvalitou výroby a letitými zkušenostmi v oboru strojírenské výroby, jejíž snahou je postupná modernizace nejen výrobních strojů a systémů, ale i v oblasti nástrojů a výrobních postupů. Firma se zabývá zakázkovou a malosériovou výrobou a od jejího vzniku v období recese neustále přibývá zakázek a řeší se, zda je vhodné v této době rozšiřovat výrobní kapacity a nabírat nové pracovníky.

Předmětem této diplomové práce je zhodnotit současný stav firmy a navrhnout vhodné dispoziční řešení zaručující optimální uspořádání technologických pracovišť.

1 SHRNUTÍ PROBLÉMU

Úkolem diplomové práce je analyzovat současný stav firmy Petr Bližňák - Kovovýroba při aplikaci známých marketingových analýz a detailního rozboru výrobní haly a firemního vybavení. Dále na základě kapacitního propočtu vhodně navrhnout uspořádání technologických pracovišť ve výrobní hale a najít optimální rozmístění pracovišť s ohledem na inovované strojní vybavení. Účelem je minimalizace manipulačních vzdáleností a snižování výrobních a provozních nákladů.

Pro optimalizaci technologických pracovišť byly shromažďovány informace o výrobě součástí a o výrobních strojích firmy Petr Bližňák - Kovovýroba.

Při návrhu uspořádání a následném řešení je zapotřebí aplikovat některé z metod technologického projektování, které jsou popsány v rešeršní části práce.

Závěrem je nutné zhodnotit návrh a provést cenovou kalkulaci.

2 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ

Hlavním cílem technologického projektu, musí být zabezpečení efektivnosti výroby v každém čase, to znamená s respektováním dynamiky výrobního procesu [1].

Technologické projektování je možno chápat jako kontinuální tvůrčí činnost technicko-ekonomického charakteru, která spočívá především v analyzování, plánování, navrhování a zpracování podmínek pro optimální využití všech hmotných zdrojů – materiálů, energie, prostoru, výrobních, manipulačních i kontrolních prostředků, pracovních sil atd., které ovlivní efektivnost celého výrobního procesu [3].

2.1 Výrobek a typy výroby

Výrobek a typ výroby má vliv na zpracování technologického projektu. Vzhledem k tomu, že v jednom závodě, někdy i jednom provozu mohou být vyráběny různé druhy výrobků, charakterizujeme celý závod podle převládající výroby. Ve strojírenské výrobě dělíme výrobu dle typu na: kusovou, sériovou a hromadnou; dle váhy výrobků pak na: těžkou, středně těžkou a lehkou. V těžkých provozech je obvykle typ výroby kusový, v lehkých provozech vyrábíme vyššími typy výroby, kde je možno nasadit progresivnější technologie a způsoby manipulace s materiálem. Samozřejmě tato skutečnost má podstatný vliv na zpracování technologického projektu, hlavně pak na volbu strojů a zařízení, manipulačních prostředků a dispoziční uspořádání strojů a zařízení [1].

2.1.1 Kusová výroba

Je charakterizována tím, že jednotlivé kusy různé konstrukce se vyrábějí jen jednou, zpravidla univerzálním nářadím a strojním vybavením. Strojní park je nutno volit tak, aby

umožňoval použití různých způsobů obrábění. Technologický postup je zhuštěn tak, aby na jednom stroji bylo provedeno co největší množství operací. Využití strojů v kusové výrobě je vlivem různorodosti práce (nutnosti neustálého seřizování) a obtížné organizace práce nižší než v sériové výrobě. Stroje se umisťují dle technologické příbuznosti. Kusová výroba vyžaduje kvalifikovanou pracovní sílu [1,3].

2.1.2 Hromadná výroba

Uplatňuje se při výrobě velkého množství stejných výrobků (dílů). V technologických postupech jsou operace rozloženy tak, aby bylo možno každou operaci provádět na jednom pracovišti v určitém taktu. Stroje jsou jednoúčelové, specializované na provádění jedné jednoduché operace. Stroje jsou uspořádány v lince. Linka je zásobována materiálem,

nářadím, dokumentací, dle předem připravených plánů. Každá změna konstrukce nebo technologie výroby vyvolává potřebu přestavby linky. Kvalifikace pracovníků je nízká, produktivita práce vysoká. Postup práce na jednotlivých pracovištích je řešen podrobně, až do návrhu jednotlivých pohybů, s využitím poznatků ergonomie. Seřizování strojů provádí kvalifikovaní specialisté [1,3].

2.1.3 Sériová výroba

Je charakterizována vyšším počtem výrobků vyráběných v dávce. Přitom s ohledem na tvar a velikost výrobku je např. za malou sérii považována výroba 5-50 kusů, do střední série je počítána výroba 50-500 kusů a velká série má přes 500 kusů. Stroje se zde mohou rozmísťovat již předmětně do linek. Technologický postup je zde dělen tak, aby se na každém pracovišti prováděl určitý (menší) počet operací. Stroje jsou progresivnější, upínače, řezné nářadí i měřidla jsou specializované, plánování a organizace výroby jsou jednodušší. Kvalifikace pracovníků sériové výroby je nižší než v kusové výrobě a produktivita práce je vyšší [1,3].

2.2 Projekt výroby

Při projektování výrobního procesu je nutné počítat s tím, že každý výrobní organismus obecně tvoří systém, složený z prvků a vztahů [1].

Za prvky výrobního systému lze považovat zejména [1]:

- pracovníky, s jejich kvalifikačními a ostatními vlastnostmi,
- stroje a zařízení, výrobní i obslužné,
- materiál či subdodávky, z nich je výrobním procesem vytvářen finální výrobek.

Vztahy výrobního systému jsou složeny z [1]:

- výrobní postupy, technologické vazby a principy,
- energie potřebné k chodu výrobního systému,
- konstrukční charakter výrobku,
- organizační vztahy.

2.3 Postup při sestavování návrhů výroby

Pracoviště tvoří technologicky a kapacitně určený, prostorově ohraničený a relativně samostatný pracovní prostředek, nebo soubor pracovních prostředků, který tvoří z hlediska řízení výroby základní, dále již nedělitelný prvek výrobního systému [6].

Výrobní systém vzniká sloučením všech činitelů výroby, kterými jsou pracovní prostředky, jenž člověk vkládá mezi sebe a pracovní předmět za účelem dosažení účinnějšího a mnohostranného působení na předmět. Soustava pracovišť tvořících výrobní a organizační celek je nazývána výrobním úsekem. Sdružením několika výrobních úseků vzniká výrobní jednotka [7].

Důležitým předpokladem sestavení návrhu uspořádání pracoviště je správný metodický postup. Příprava návrhu je činnost cyklická a je tvořena posloupností pracovních etap:

1. Diagnostika

V této etapě jde o prvotní a rychlé seznámení s objektem řešení, jeho nedostatky nebo problémy. Slouží k zajištění racionálního přístupu k řešení problému [1,3].

2. Sběr informací

Etapa sloužící ke shromažďování informací. Sběr informací lze provádět buď pozorováním, nebo vyhledáváním v záznamech. První způsob je časově náročnější a obtížněji proveditelný avšak získané informace jsou aktuální a lze s nimi přesně identifikovat žádaný objekt nebo činnost. V druhém případě, kdy je nutné informace získat z evidence dat, je jejich sběr rychlejší a dostupnější. Nicméně je nutné získaná data přepočítávat nebo upravovat [1,3].

3. Rozbor (Analýza současného stavu)

Na základě získaných informací o objektu řešení je nutno provést detailní rozbor dané problematiky (rozbor vybavenosti stroji, technického stavu, úrovně mechanizace a automatizace, rozbor nákladů, toku materiálu, vlastnosti výrobku atd.). V rozboru již vznikají první možné varianty řešení zadaného problému bez podrobného rozpracování. Při výběru optimální varianty je potřeba zaměřit se na hlediska přinášející úsporu času a projektových kapacit. Nejdůležitějšími prvky při tvorbě projektu jsou kapacitní propočty, které stanovují potřeby budoucího systému. Jsou to například:

- počet strojů a technologických zařízení,
- počet dělníků výroby a strojních zařízení,
- velikost potřebných ploch výrobních a pomocných,
- spotřeba materiálu,
- spotřeba energie [1,3].

4. Návrh

V návrhové etapě je možno v maximální míře uplatnit tvůrčí talent projektanta s ohledem na cit a intuici a samozřejmě s využitím vhodných metod k sestavování návrhů [1,3].

5. Realizace

Realizační etapa spočívá v instalaci a zavedení navrhovaného projektu. Důležitou součástí každého projektu je ekonomické zhodnocení návrhů, v němž porovnáme náklady a přínosy. Při závěrečném hodnocení porovnáváme úkol s výsledkem. Porovnávacím měřítkem jsou náklady, čas, prostor a námaha. Účelem dobrého projektování je zpracování návrhu, který plní zadané parametry s nejmenšími provozními náklady, nejmenší spotřebou času i lidské námahy a má nejmenší prostorové nároky [1,3].

2.4 Rozbor současného stavu výroby

Analýza současného stavu je jedním z nejdůležitějších kroků předprojektové přípravy. Poskytuje přehled o výrobkové základně, o výrobním programu, materiálovém toku a technologických a výrobních vazbách. Používané metody se tedy využívají nejen v analytické části, ale jsou používány i ve fázi samotného zpracování nového návrhu [3].

2.5 Analytické a grafoanalytické metody rozborů toku materiálu

2.5.1 Tok materiálu

Rozbor toku materiálu je důležitou součástí projektových prací všude tam, kde hlavní součástí výrobního procesu je pohyb materiálu, zejména v případech, je-li materiál těžký, velký nebo početný, nebo tam, kde jsou náklady na dopravu či manipulaci mnohem vyšší ve srovnání s náklady na výrobní operace. Rozbor toku materiálu je jedním ze základních kroků, které by si měl každý projektant osvojit [3].

2.5.2 Metody rozboru v závislosti na charakteru výroby

Nesprávné rozmístění technologických pracovišť souvisejících s daným výrobních procesem může způsobit uživateli zbytečné trvalé režijní náklady, které je po zaběhnutí výroby velice obtížné snížit, protože zpravidla souvisí s přemísťováním technologických pracovišť nebo výrobních zařízení. Tok materiálu ve výrobním procesu představuje složitý průběh od jeho vstupu do závodu až po expedici hotových výrobků. Složitost a průběh toku materiálu je ovlivněna především následujícími ukazateli [1]:

a) charakterem výroby,

b) výrobním množstvím, velikostí výrobních dávek,

c) složitostí a technologickou náročností operací,

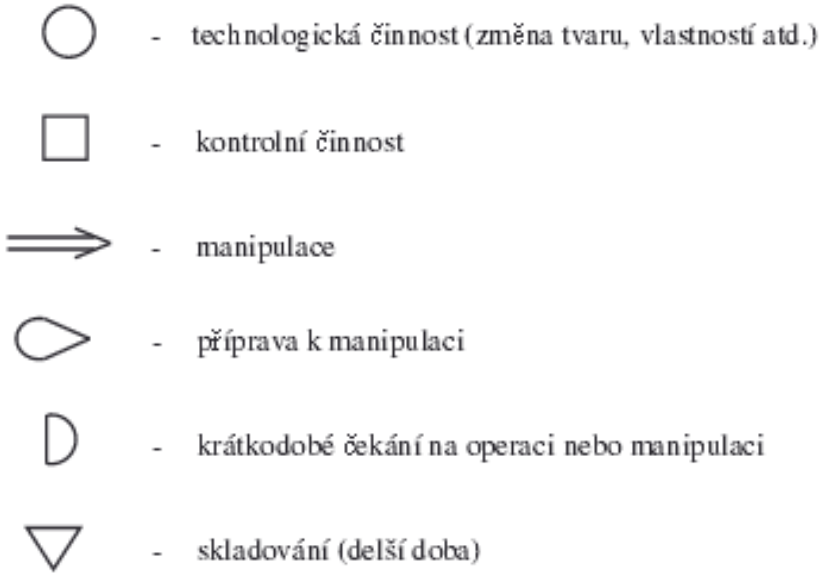
d) celkovou úrovní zavedené technologie a dopravně-manipulačních cest,

e) plošným a prostorovým omezením,

f) návazností na okolní dopravní systém [1].

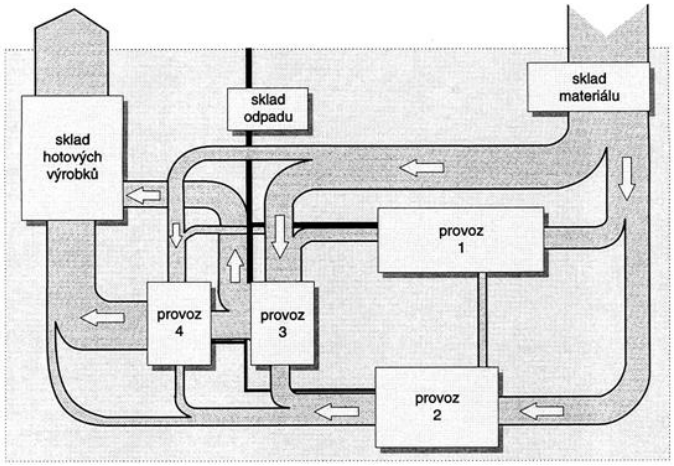
Výchozím předpokladem pro rozbor materiálového toku je technologický postup nebo alespoň sled technologických operací. Řešení materiálového toku v již zavedených výrobách bývá složitější než při výstavbě nového provozu. Důvodem je respektování četných omezení. Účelné řešení výroby úzce souvisí s optimálním řešením materiálového toku. Dispoziční řešení, které nezabezpečí optimální přípravu materiálu nebo stavební řešení může mít za důsledek snížení efektivnosti výroby [1,3].

a) Metoda postupového grafu - postupový graf je grafické znázornění postupových listů, které vychází z podrobné znalosti technologického postupu každého výrobku. Jsou zde znázorněny údaje o pohybu sledovaného materiálu. Hodnoty v postupovém grafu nebo listu lze použít ke sledování a vyhodnocování materiálového toku, nebo použít k výpočtu nákladů na manipulaci s materiálem či při řešení rozmístění pracovišť [1,3,8].



Obr. 1 Symboly užívané v postupovém grafu [10].

b) Sankeyův diagram – poskytuje grafické znázornění intenzity materiálového toku k jednotlivým pracovištím. V Sankeyově digramu je materiálový tok znázorněn pomocí čar, jejichž délka může reprezentovat vzdálenost přepravy v proporcích, šipka pak její směr. Tloušťkou čáry je definována intenzita toku, tedy hmotnost nebo počet kusů v čase [1,3,8].



Obr. 2 Příklad Sankeyova digramu [9].

2.5.3 Metody užívané pro sestavování návrhů

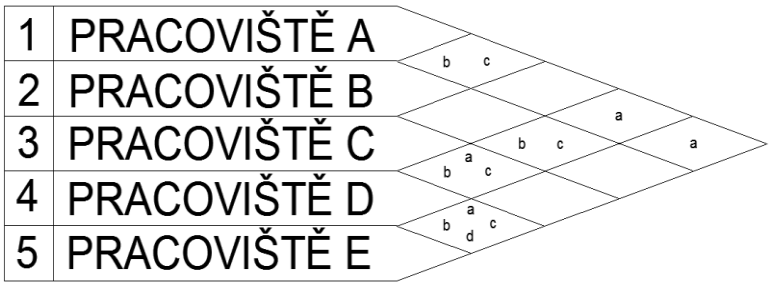
Dříve používal technologický projektant pro sestavení návrhů dispozičního řešení více intuice a citu. V dnešní době existuje celá řada metod, které napomáhají projektantovi najít a sestavit optimální dispozici řešení. Při návrhů však nepoužívá pouze jednu metodu, ale jejich různé kombinace. Mezi nejpoužívanější metody patří [1,3]:

Metoda návaznosti operací, metoda těžiště, trojúhelníková metoda prostá, metoda souřadnic, trojúhelníková metoda s využitím hodnocení vztahů, metoda SLP, kruhová metoda, metoda využívající schématu vícepředmětného sledu činností, metoda k posouzení vytváření speciálních dílen, metoda CRAFT.

Metoda návazností operací - její aplikace je výhodná při rozmísťování pracovišť v dílnách s výrobou více součástí. Pracuje s předpokladem, že každá součást prochází výrobou v daném sledu operací. Cílem metody je seřadit pracoviště tak, aby materiálový tok, daný součtem mezioperačních pohybů, byl co nejkratší a plynulý. Nevhodné jsou zejména vratné toky, křižování a hromadění výrobků. K analýze návazností použijeme křížovou tabulku vztahů. Do sloupce se vypisují pracoviště dílny. Do čtvercových průsečíků se uvedou bezprostředně po sobě jdoucí výrobky. Rozbor materiálového toku lze dále zpřesnit tím, že se k jednotlivým výskytům výrobku na pracovišti uvede její celkový objem, hmotnost případně počet kusů.

Nachází-li se ve zkoumané dílně značný počet různých strojů, lze situaci zjednodušit pomocí definování skupin např. technologický shodných pracovišť.

Do trojúhelníkové tabulky vztahů se vypíší pracoviště dílny a do průsečíků čtverečků vztahů se vypíší součásti, které spolu mají bezprostředně následný postup mezi danými pracovišti. Součásti zde vypisujeme kódem, např. a, b, c, d apod. [1].



Obr. 3 Metoda návaznosti operací [1].

Z uvedeného příkladu (obr. 3) je patrné, že nejsilnější návaznost je mezi pracovišti D-E, mezi kterými prochází všechny čtyři výrobky. Slabší návaznosti je mezi pracovišti C-D, kudy prochází tři součásti. Následují pracoviště B-D a A-B se dvěma výrobky. Pracoviště, mezi kterými prochází pouze jeden výrobek, jsou pracoviště A-D a A-E. Mezi ostatními není žádná návaznost [1].

Z vyhodnocení této situace vidíme, že vhodně rozmístění strojů by bylo v tomto případě E, D, B, A.

Pro sestavení návrhu využijeme metody návazností operací. Rozbor dalších metod uvedených v kapitole 2.5.3, přesahuje možnosti této práce.

2.6 Typy strojního vybavení

Stroje se dělí na stroje výrobní a pomocné. Výrobní stroje se přímo podílí na hlavním výrobním procesu. Zatímco stroje pomocné do hlavního výrobního procesu zařazeny nejsou. Jde například o stroje v údržbách apod. [3].

Posouzení vhodnosti výrobního zařízení je prováděno na základě kritérií technologických a ekonomických. Od zařízení se očekává, že splňuje základní požadavky [3]:

- druh a způsob použité technologie,
- jakost výroby,
- požadavky na údržbu a spolehlivost provozu,
- výrobní množství,

- růst produktivity výroby,
- ekonomický přínos [3].

2.7 Možnosti uspořádání strojů

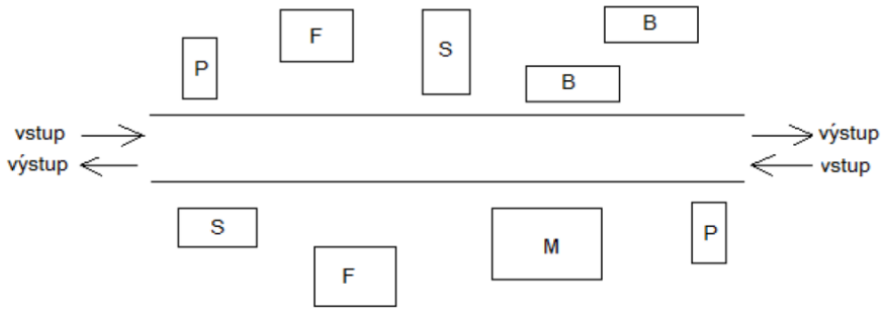
Optimální rozmístění strojů a jiných výrobních zařízení se řeší vzhledem k plynulému a nevratnému toku materiálu, k jednoduchosti, přímočarosti a hospodárnosti výroby. Taktéž je nutné dbát na minimální nároky na manipulaci a potřebný prostor a v neposlední řadě dodržet zásady bezpečnosti práce [3].

Druh a úroveň zaměření výrobního procesu, materiálový tok a průběh výrobního procesu v čase ovlivňují formy rozmístění pracovišť [3]:

- volné,
- technologické,
- předmětné,
- kombinace technologické a předmětné,
- modulární,
- buňkové.

2.7.1 Volné uspořádání strojů

Stroje a pracoviště jsou v tomto případě seskupeny náhodným způsobem. Toto uspořádání je možné vidět tam, kde před umístěním strojů nebylo možné určit materiálový tok, návaznost operací, řídící a organizační vztahy. Často se používá v dílnách, kde je především kusový charakter výroby. Při zavádění nového stroje do výrobního provozu, se stroj umístí tam, kde je místo. Tento způsob uspořádání je z hlediska minimalizace výrobních nákladu zcela nevyhovující [1].



Obr. 4 Schéma volného uspořádání [1].

2.7.2 Technologické uspořádání strojů

Stroje a operace jsou slučovány podle příbuznosti – všechny operace spojené se svařováním se provádí ve svařovně, obrábění v obrobně, kování v kovárně apod. Tyto jednotlivé skupiny je možné rozdělit na další technologické podskupiny, např. v obrobně jsou těmito podskupinami soustruhy, frézky, brusky, hoblovky atd.[1,3]

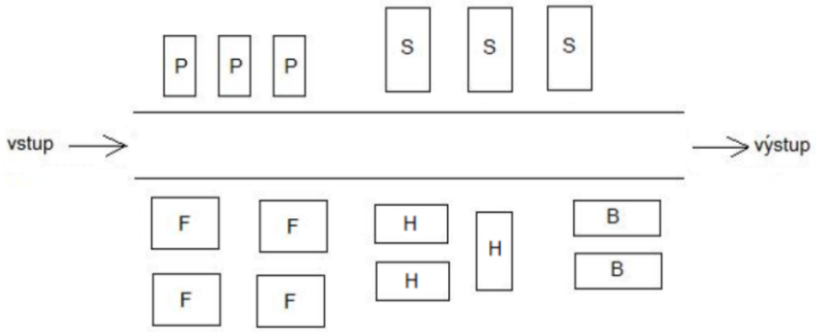
Při tomto způsobu uspořádání tedy vytváříme skupiny stejných druhů strojů. Sortiment vyráběných součástí je značně různorodý a není možné určit jednotný směr materiálového toku. S technologickým uspořádáním se nejčastěji setkáme v malosériové a kusové výrobě středního a těžkého strojírenství nebo v údržbářských prototypových dílnách a učňovských dílnách [1].

Výhody:

- lepší využití strojů,
- snadné zavádění vícestrojové obsluhy,
- změna výrobního programu nenaruší výrobu,
- poruchy jednotlivých strojů nenaruší výrobu,
- možnost specializace mistrů podle profesí,
- snadnější údržba,
- nižší potřeba nástrojového vybavení [1].

Nevýhody:

- rostou náklady na dopravu,
- větší nároky na výrobní plochu,
- vyšší náklady na centrální mezisklad,
- dlouhý a komplikovaný tok materiálu,
- dlouhá průběžná doba,
- zvyšuje se objem oběžných prostředků [1].



Obr. 5 Schéma technologického uspořádání [1].

2.7.3 Předmětné uspořádání strojů

Charakteristickým znakem tohoto uspořádání je, že jednotlivá pracoviště jsou seřazena podle technologického postupu výrobku. Vhodné využití je při opakované malosériové výrobě nebo při vyšší sériovosti výroby. Pohyb součástí zde sleduje stejný směr a tím vzniká výrobní proud. K uplatnění progresivnějšího předmětného uspořádání pracovišť je zapotřebí mít na vysoké úrovni technickou přípravu výroby a plánování výroby, což umožní vytvoření podmínek pro zavedení proudové výroby [1,3].

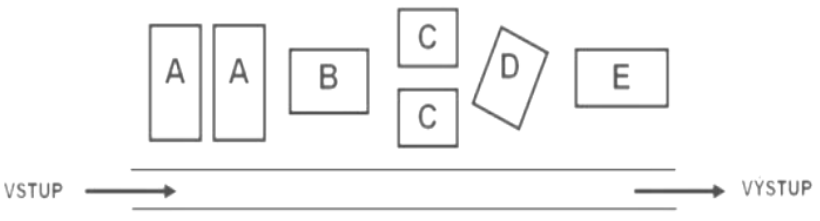
Při středně sériové výrobě se v obrobnách zpravidla vyskytuje větší množství součástek, které nemají totožný směr operací. Volí-li se v takovém případě právě předmětné uspořádání, pak nebude tok materiálu zcela ideální. Uspořádání strojů a jednotlivých pracovišť se volí podle nejpočetnější skupiny výrobků, nebo podle nejhmotnějšího či nejrozměrnějšího výrobku. Tímto způsobem vznikají vícepředmětné linky [1,3].

Výhody:

- zkrácení manipulačních drah,
- snížení rozpracovanosti,
- zkrácení průběžné doby výroby,
- zmenšená spotřeba výrobních ploch,
- zkrácení mezioperačních času a nákladů na manipulaci,
- zlepšení operativního řízení výroby,
- snížení nákladů na skladování [1].

Nevýhody:

- změna výrobního programu vyvolá značné změny ve strojním zařízení i uspořádání strojů,
- snížením objemu výroby poklesne využití strojů,
- vyžaduje konstrukci speciálních víceúčelových strojů [1].



Obr. 6 Schéma předmětného uspořádání [3].

2.7.4 Modulární uspořádání

Jedná se nově vzniklé uspořádání strojů a zařízení, které se rozšířilo se vznikem moderní techniky – NC strojů. Je charakteristické seskupováním stejných technologických bloků, z nichž každý plní více technologických funkcí. Provoz jako celek se skládá ze stejných nebo podobných modulů – skupin pracovišť [1,3].

Modulární pracoviště mají vyšší produktivitu práce. Z tohoto důvodu mají v dílně prioritní postavení z hlediska obsluhy strojů nářadím, materiálem, výkresovou dokumentací, systémem plánování a řízení přípravy zakázek. S ohledem na vyšší produktivitu je vhodné respektive nutné využít pracoviště ve dvousměnném nebo třísměnném provozu [1,3].

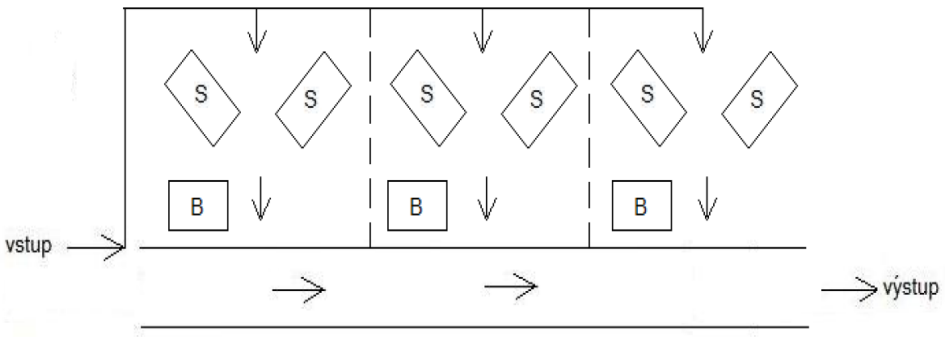
Toto uspořádání se používá ve všeobecném, středně těžkém i těžkém strojírenství, v kusové i malosériové výrobě. V modulu se používají progresivní stroje i nářadí. Je důležité pečlivě a detailně projektovat každé pracoviště. Na mezioperační manipulaci jsou používány manipulátory [1,3].

Výhody:

- zkrácení operačních i mezioperačních časů,
- zkrácení průběžné doby výroby,
- zkrácení manipulačních drah,
- vysoká produktivita práce,
- zlepšení organizace práce a řízení výroby [1].

Nevýhody:

- vysoká cena strojů a zařízení (cena často neodpovídá zvýšené produktivitě práce),
- větší nároky na technickou přípravu výroby [1].



Obr. 7 Schéma modulárního uspořádání [1].

2.7.5 Buňkové a hnízdové uspořádání strojů

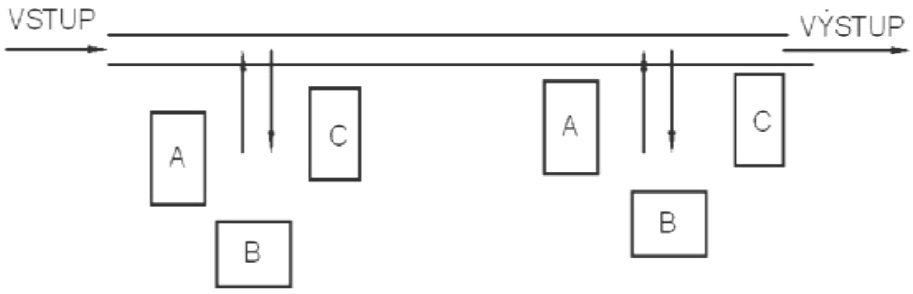
Jedná se o modifikaci modulárního uspořádání. Buňku obvykle tvoří vysoce produktivní stroj s mechanizovaným nebo automatizovaným okolím. Příkladem může být plně automatizované nebo robotizované pracoviště [3].

Výhody:

- vysoká produktivita práce,
- minimalizovaná manipulace s materiálem,
- přesné dodržování technologické kázně a s tím spojené zvýšení kvality výroby [1].

Nevýhody:

- prakticky stejné jako u modulárního uspořádání [3].



Obr. 8 Schéma buňkového nebo hnízdového uspořádání [11].

2.7.6 Kombinované uspořádání strojů

Při projektování větších celků nemusí projektant volit jen jeden způsob uspořádání pracovišť, ale může použít kombinaci více způsobů. Nejčastěji se v praxi kombinují například technologické a předmětné uspořádání. V tomto uspořádání je snaha využít výhody a minimalizovat nevýhody jednotlivých uspořádání [1].

V rámci návrhů rozmístění jednotlivých pracovišť ve výrobní hale bude využito kombinovaného uspořádání strojů. Toto uspořádání je v souladu s firemními cíly, s ohledem na počet strojů v hale, charakterem a rozsahem výroby. Budou využity kombinace zahrnující výše uvedené způsoby rozmísťování strojů (viz. kapitola 2.7).

2.8 Zásady rozmísťování jednotlivých strojů pro dispoziční řešení

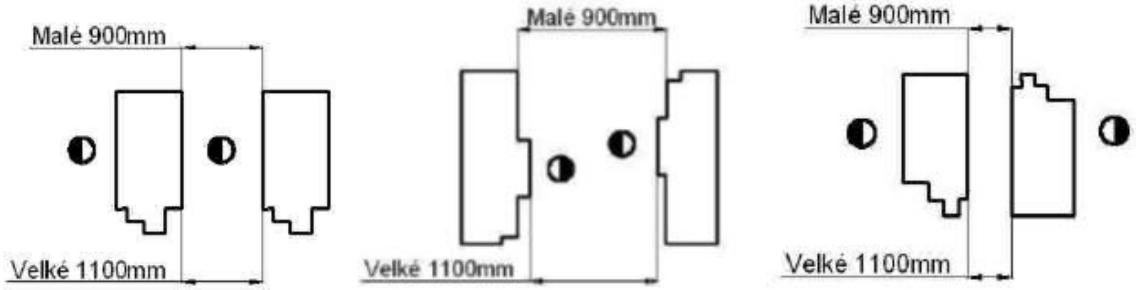
V dispozičním řešení zakreslujeme stroj jeho krajními rozměry, včetně vyznačení jeho krajní polohy pohybující se části stroje. I když při rozmísťování chceme sestavit návrh tak, abychom zabrali co nejmenší plochu, musíme dodržovat základní projektantské zvyklosti a normy, které jsou stanoveny z hlediska bezpečnosti a hygieny práce. Projektant musí znát stroj, vědět, kde je pracovní místo dělníka a ze které strany je stroj napojen na elektrický proud. V dispozici kreslíme i jeho všechno příslušenství, skříňky na nářadí, regály, odkládací prostory i pracoviště dělníka [1,3].

Pro lehké obrobny počítáme na stroj 8 až 12 m^2, pro středně těžké zařízení 20 až 25 m^2, pro zvláště těžkou výrobu 50 i 70 m^2. Rozmístění strojů kótujeme od sloupů ke krajnímu obrysu stroje. [1]

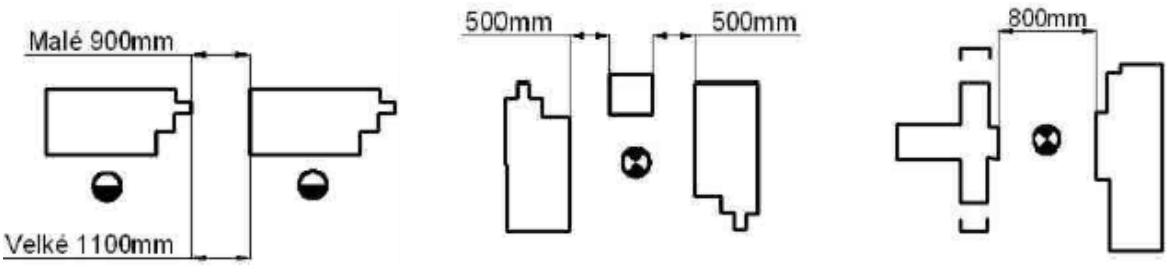
V zásadě se může každý stroj situovat vzhledem k ose lodi, tak že [1]:

- hlavní osa stroje je rovnoběžná s osou lodě,
- hlavní osa stroje je kolmá na osu lodě,
- hlavní osa stroje svírá s osou lodě určitý úhel.

Jednotlivé způsoby rozmístění strojů je znázorněno na obr. 10.



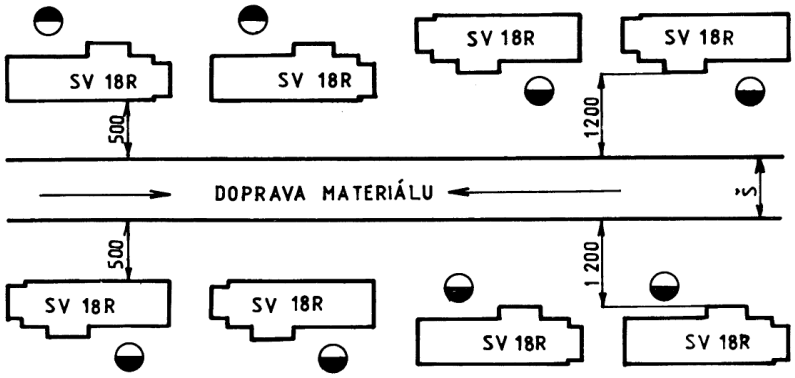
a) stroje za sebou, b) stroje čelem k sobě, c) stroje se zadními stěnami k sobě,



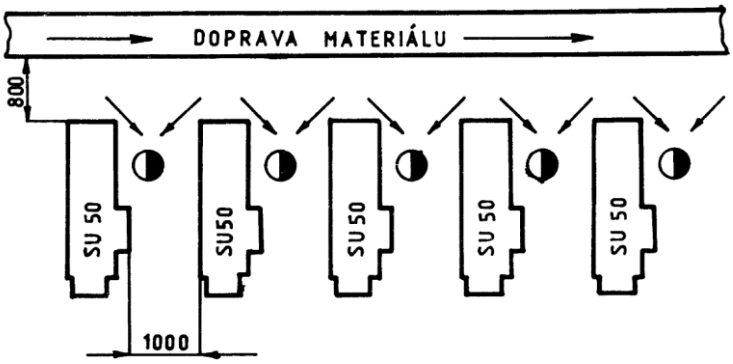
d) stroje s bočními stěnami k sobě, e) vícestrojová obsluha, f) vícestrojová obsluha,

Obr. 9 Způsoby rozmístění strojů [3].

2.8.1 Vzdálenost stroje a dopravních cest:

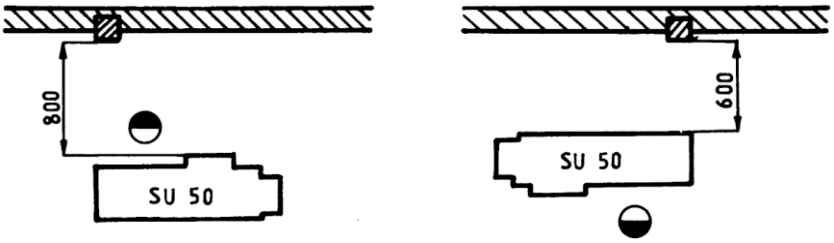


Obr. 10 Vzdálenosti stroje a dopravních cest [8].

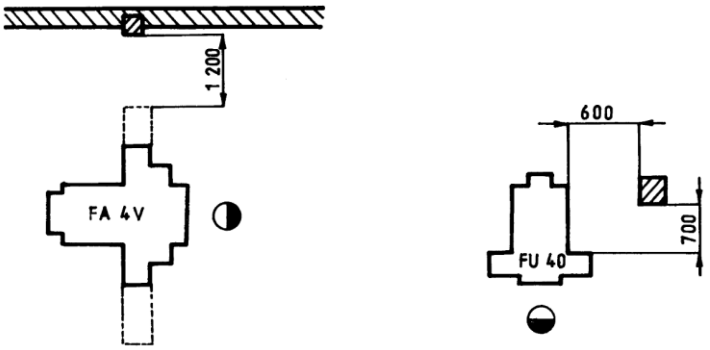


Obr. 11 Vzdálenosti stroje a dopravních cest [8].

2.8.2 Vzdálenost stroje od sloupů a stěn:



Obr. 12 Soustruh [8].



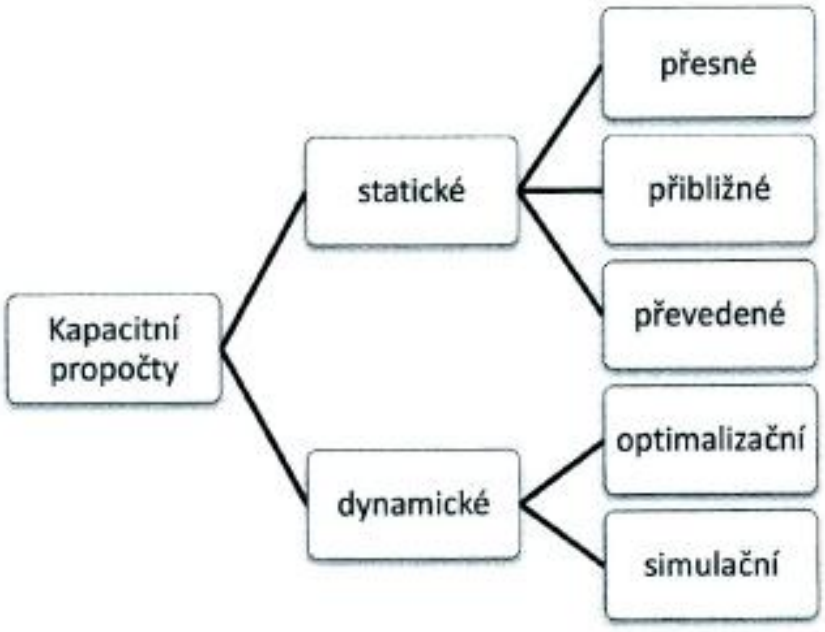
Obr. 13 Frézka [8].

2.9 Kapacitní propočet

Důležitou části analýzy stávající dílny je rozbor kapacity výroby. Konkrétní postup výpočtu bude různý podle uspořádání výroby a potřeb propočítávané veličiny. Postup pro výpočet výrobních kapacit lze formulovat takto [5]:

- Určení množství vyráběných kusů jednotlivých výrobků za určité období, obvykle za rok.
- Určení pracnosti jednotlivých výrobků na pracovištích v hodinách,
- Určení časových fondů strojů a pracovišť v hodinách,
- Určení vytížení pracovišť výrobky v hodinách, případně v procentech,
- Určení podílu výrobků na spotřebě časového fondu pracoviště, v hodinách nebo v procentech,
- Určení vytížení pracoviště v procentech.

K ekonomickému posouzení vhodnosti dalších investic do rozšiřování výrobní plochy závodu lze použít ukazatel v podobě ročního objemu výroby na jednotku plochy např. v ks/m^2, Kč/m^2, Nh/m^2. Tyto ukazatele nelze posuzovat izolovaně, ale vždy v kontextu výkonu celého závodu. Zjistí-li se například, že produkce na jednotku plochy po rozšíření závodu je nižší než původní, automaticky to neznamená, že investice do rozšíření je chybná. Celkový zisk z výroby může totiž růst i tak [5].



Obr. 14 Rozdělení kapacitních propočtů [5].

2.9.1 Stanovení představitele výrobku

Děláme-li kapacitní propočet na provoz vyrábějící málo druhů výrobků, provádíme kapacitní propočty jednotlivé pro každý druh. Vyrábí-li projektovaná organizace mnoho druhů výrobků, určíme si jednoho nebo více představitelů a kapacitní propočet provádíme na technologii daného představitele. Samozřejmostí je, že je volen takový výrobek, který charakterizuje celou skupinu, kterou zastupuje [1].

Přepočtený počet kusů můžeme počítat přepočtem z výkonových norem (2.1):

$$N_p = \frac{n_1 \cdot t_1 + n_1 \cdot t_1 \ldots n_m \cdot t_m}{t_p} = \frac{\sum_1^m n_i \cdot t_i}{t_p} \quad (2.1)$$

Kde: N_p … přepočtený počet kusů představitele [ks/rok],

n_i … počet i-tého výrobku [ks/rok],

t_i … pracnost i-tého výrobku [Nh],

t_p … pracnost představitele [Nh],

m … počet vyráběných druhů výrobků [ks] [1].

2.9.2 Stanovení časových fondů

K určení potřebného počtu pracovišť, strojů, zařízení a dělníků potřebujeme znát jejich časové možnosti, kolik hodin v roce budou pracovat. Hovoříme zde o tzv. efektivních časových fondech, které jsou jiné pro ruční pracoviště, stroj a dělníka [1].

- E_r - Roční fond ručního pracoviště v jedné směně je stejný jako celkový roční počet pracovních hodin ve směně. U ručního pracoviště se nepočítá s odstavením na opravy. Jde se o násobek počtu pracovních dní v roce a počtu hodin za směnu [1].

$$E_r = (365 - 52 - 52 - 10) \cdot 8 \quad (2.2)$$

- E_s - Efektivní časový fond stroje [h/rok] při jedné směně. Z celkového počtu pracovních dnů bývá stroj průměrně 12 dnů odstaven z důvodu plánované opravy a údržby a 3 dny z důvodu neplánované opravy (poruchy). Z celkového počtu pracovních dnů to činí asi 6%. U velkých strojů pak 10% [1].

$$E_s = E_r - (0{,}04 \div 0{,}08) \cdot E_r \quad (2.3)$$

- E_d - Při výpočtu fondu dělníka musíme počítat se snižováním fondu o průměrnou délku dovolené a o tzv. neplánovanou absenci [1].

$$E_d = E_r - (20+15) \cdot 8 \quad (2.4)$$

2.9.3 Výpočet strojních pracovišť a jejich využití

Potřebný počet strojů stanovíme z celkového potřebného času na provedení dané operace u všech kusů za rok a času, který máme k dispozici na jednom stroji za rok. Výpočet se provádí u všech strojních pracovišť. Jednotlivé operace rozlišíme jejich pořadovým číslem z technologického postupu [1].

Pro výpočet teoretického počtu strojů použijeme vzorec (2.5) [1]:

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} \tag{2.5}$$

kde: P_{th} … teoretický počet strojů [ks],

t_k … kusový čas na danou operaci [Nh],

E_s … efektivní fond stroje v jedné směně [h/rok],

N … počet vyráběných kusů [ks],

s_s … směnnost strojních pracovišť,

k_{pns} … koeficient překračování norem strojního pracoviště.

Pro zajištění možných přesunů a jiná opatření a hodnocení nám slouží rozbor využití operace. Ze vzájemného poměru Pth/Psk vynásobeného 100, pak získáme předpokládané využití stroje η v dané operaci v procentech, dle vztahu (2.6) [1]:

$$\eta = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100[\%] \tag{2.6}$$

kde: η … využití strojů dané operace [%],

P_{th} … teoreticky vypočtený počet strojů [ks],

P_{sk} … skutečný počet strojů [ks].

Z takto získaných hodnot lze vypočítat skupinové využití strojů, pro jednotlivé typy (vrtačky, soustruhy, tvářecí stroje, pece, frézky, brusky atd.) a rovněž celkové využití všech použitých strojů podle vztahu (2.7) [1]:

$$\eta_k = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\eta_i \cdot P_{ski})}{\sum_{i=1}^{n} P_{ski}} \tag{2.7}$$

kde: η_k … procentuální využití, stroje, skupiny strojů [%],

P_{sk}… počet strojů daného typu, či pro danou operaci pro rozlišení bude použito dolního indexu, např.: *sou* pro soustruhy, *fr* pro frézky [ks].

2.9.4 Výpočet ručních pracovišť a jejich využití

Potřebný počet ručních pracovišť stanovíme podobně jako u strojních pracovišť z celkového potřebného času na provedení dané operace u všech kusů za rok a času, který máme k dispozici na jednom ručním pracovišti za rok. Výpočet se provádí u všech ručních pracovišť. Jednotlivé operace rozlišíme jejich pořadovým číslem z technologického postupu [1].

Pro výpočet teoretického počtu ručních pracovišť použijeme vzorec (2.8) [1]:

$$P_r = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} \tag{2.8}$$

kde: P_r … teoretický počet pracovišť [ks],

t_k … kusový čas na danou operaci [Nh],

E_r … roční časový fond ručního pracoviště v jedné směně [h/rok],

N … počet vyráběných kusů [ks],

s_r … směnnost ručních pracovišť,

k_{pnr} … koeficient překračování norem ručního pracoviště.

Stejně jako u strojního pracoviště je třeba znát využití i u ručního pracoviště (2.9) [1]:

$$\eta = \frac{P_r}{P_{rsk}} \cdot 100[\%] \tag{2.9}$$

kde: η … využití ručního pracoviště [%],

P_r … teoretický počet pracovišť [ks],

P_{rsk} … skutečný počet ručních pracovišť [ks].

2.9.5 Výpočet pracovníků

2.9.5.1 Výpočet výrobních dělníků

Je nutné vypočítat potřebný počet dělníků, pro každé pracoviště, celkově, nebo pro jednu směnu. (Vzorec pak dělíme počtem směn strojních, nebo ručních). Z tohoto počtu pak rovněž vycházíme při určování počtu výrobních dělníků pro další případné směny.

Pro výpočet strojních a ručních dělníků pro jednu směnu počítáme dle vztahů [1]:

$$D_{VSTi} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot k_{pns}} \tag{2.10}$$

$$D_{VRi} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot k_{pnr}} \tag{2.11}$$

Celkový počet strojních a ručních dělníků pro jednu směnu počítáme dle vztahů [1]:

$$D_{VST} = \sum_{i=1}^{n} D_{VSTi} \qquad (2.12) \qquad D_{VR} = \sum_{i=1}^{n} D_{VRi} \qquad (2.13)$$

Kde: D_{VST}… počet výrobních strojních dělníků v jedné směně,

D_{VR} … počet výrobních dělníků ručních v jedné směně.

Evidenční počet strojních a ručních dělníků

Výpočtem evidenčních stavů dělníků jsou zohledněny rozdíly mezi jednotlivými časovými fondy E_r, E_S, E_d.

Pro výpočet evidenčního počtu strojních a ručních dělníků použijeme vztahy [1]:

$$D_{eVST} = \sum_{i=1}^{n} D_{VSi} \cdot \frac{E_S}{E_d} \qquad (2.14) \qquad D_{eVR} = \sum_{i=1}^{n} D_{VRi} \cdot \frac{E_r}{E_d} \qquad (2.15)$$

kde: D_{VSi} … počet výrobních strojních dělníků v jedné směně,

D_{VRi} … počet výrobních dělníků ručních v jedné směně,

D_{eVST} … evidenční počet výrobních strojních dělníků v jedné směně,

D_{eVR} … evidenční počet výrobních dělníků ručních v jedné směně,

E_s … roční časový fond strojního pracoviště v jedné směně [h/rok],

E_d … roční časový fond dělníka v jedné směně [h/rok],

E_r … roční časový fond ručního pracoviště v jedné směně [h/rok].

Celkový počet výrobních dělníků [1]**:**

$$D_V = D_{eVST} + D_{eVR} \qquad (2.16)$$

kde: D_{eVST} … evidenční počet výrobních strojních dělníků v jedné směně,

D_{eVR} … evidenční počet výrobních dělníků ručních v jedné směně,

D_V ... celkový počet výrobních dělníků.

Evidenční počet výrobních dělníků [1]**:**

$$D_{eVC} = D_{eVST} + D_{eVR} + D_{eP} \qquad (2.17)$$

kde: D_{eVST} … evidenční počet výrobních strojních dělníků v jedné směně,

D_{eVR} … evidenční počet výrobních dělníků ručních v jedné směně,

D_{eP} … evidenční počet pomocných dělníků ručních v jedné směně,

D_{eVC} … evidenční počet výrobních dělníků v jedné směně.

2.9.5.2 Výpočet pomocných dělníků a obslužného personálu

Stanovíme ho jako procentuální hodnotu z výrobních dělníků a následně rozdělíme rovnoměrně do všech směn (obvykle volíme 35%).

Počet pomocných dělníků [1]**:**

$$D_P = 0{,}35 \cdot D_V \tag{2.18}$$

kde: D_v … celkový počet výrobních dělníků ručních v jedné směně,

D_p … počet pomocných dělníků v jedné směně.

Evidenční počet pomocných dělníků pak navýšíme o 10%.

Evidenční počet pomocných dělníků [1]**:**

$$D_{eP} = 1{,}1 \cdot D_P \tag{2.19}$$

kde: D_p … počet pomocných dělníků v jedné směně,

D_{eP} … evidenční počet pomocných dělníků v jedné směně.

Počty pomocného personálu stanovíme opět poměrem z celkového evidenčního počtu dělníků (1.5 až 3%) a přepočítáme na evidenční hodnotu zvýšením o 10%.

Počet pomocného personálu [1]**:**

$$D_{POP} = 0{,}02 \cdot D_{eVC} \tag{2.20}$$

kde: D_{eVC} … evidenční počet výrobních dělníků v jedné směně,

D_{POP} … počet pomocného personálu v jedné směně.

Evidenční počet pomocného personálu [1]**:**

$$D_{ePOP} = 1{,}1 \cdot D_{POP} \tag{2.21}$$

kde: D_{ePOP} … evidenční počet pomocného personálu v jedné směně,

D_{POP} … počet pomocného personálu v jedné směně.

2.9.5.3 Výpočet pracovníků kontroly

Stanovíme opět jako procentuální hodnotu ze strojních dělníků (pokud neprovedeme přímo výpočet z časů kontrolních operací) obvykle volíme 5-7%. Dle vztahu [1]:

$$D_K = 0{,}06 \cdot D_{VST} \tag{2.22}$$

kde: D_{VST}… počet výrobních strojních dělníků v jedné směně,

D_K… počet pracovníků kontroly v jedné směně.

2.9.5.4 Celkový počet pracovníků útvaru:

Stanovíme jako součet všech pracovníků jednotlivých skupin dle vztahu [1]:

$$P_C = D_{eVC} + ITA + D_{ePOP} \tag{2.23}$$

kde: D_{eVC} … evidenční počet výrobních dělníků v jedné směně,

ITA … počet administrativních pracovníků, konstruktérů, operativní řízení,

D_{POP} … počet pomocného personálu v jedné směně,

P_c … celkový počet pracovníků útvaru.

2.9.6 Výpočet ploch

Při návrhu projektu je pro všechna pracoviště potřeba stanovit pracovní plochu.

2.9.6.1 Výpočet výrobních ploch:

Celková výrobní plocha [1]**:**

$$F_V = F_R + F_S \tag{2.24}$$

kde: F_R … výrobní plocha ručního pracoviště [m^2],

F_S … výrobní plocha strojního pracoviště [m^2],

F_V … celková výrobní plocha [m^2].

Pro jedno ruční pracoviště je potřeba přibližně $f_r = 5\ m^2$ podlahové plochy. Pro strojní pracoviště od $f_s = 6\ m^2$ (malé stroje) až $f_s = 25\ m^2$ i více (velké stroje), dle vztahů [1]:

$$F_S = \sum_{i=1}^{n} f_{Si} \cdot P_{ski} \tag{2.25}$$

$$F_R = \sum_{i=1}^{n} f_{ri} \cdot P_{rski} \tag{2.26}$$

kde: P_{ski} … skutečný počet strojů [ks],

P_{rski} … skutečný počet ručních pracovišť [ks],

f_{si} … plocha strojního pracoviště [m^2],

f_{ri} … plocha ručního pracoviště [m^2],

F_S … výrobní plocha strojního pracoviště [m^2],

F_R … výrobní plocha ručního pracoviště [m^2].

Celková pracovní plocha [1]**:**

$$F_{hC} = F_R + F_S + F_d \tag{2.27}$$

kde: F_R … výrobní plocha ručního pracoviště [m^2],

F_S … výrobní plocha strojního pracoviště [m^2],

F_d … plocha dalšího strojního pracoviště [m^2],

F_{hC} … celková pracovní plocha [m^2].

2.9.6.2 Výpočet pomocné podlahové plochy

Pomocná podlahová plocha obvykle tvoří 40 až 60% výrobní plochy. Dle vztahu [1]:

$$F_P = 0{,}5 \cdot F_{hC} \tag{2.28}$$

kde: F_{hC} … celková pracovní plocha [m^2],

F_p … pomocná podlahová plocha [m^2].

Z celkové pomocné plochy pak lze přibližně stanovit její jednotlivé složky [1]:

Plocha pro hospodaření s nářadím: $F_{Phn} = 0{,}15 \cdot F_P$ (2.29)

Plocha údržby: $F_{Pú} = 0{,}15 \cdot F_P$ (2.30)

Plocha skladů: $F_{Pskl} = 0{,}29 \cdot F_P$ (2.31)

Plocha dopravních cest: $F_{Pdc} = 0{,}33 \cdot F_P$ (2.32)

Kontrolní plocha: $F_{Pk} = 0{,}08 \cdot F_P$ (2.33)

Plocha podlahových cest [1]**:**

$$F_{pdc} = 0{,}33 \cdot (F_{phn} + F_{pú} + F_{pskl} + F_{pk}) \tag{2.34}$$

Celková hodnota pomocných ploch [1]**:**

$$F_P = F_{Phn} + F_{Pú} + F_{Pskl} + F_{Pdc} + F_{Pk} \tag{2.35}$$

kde: F_{phn} … plocha pro hospodaření s nářadím [m^2],

$F_{pú}$ … plocha údržby [m^2],

F_{pskl} … plocha skladů [m^2],

F_{pk} … kontrolní plocha [m^2],

F_{pdc} … plocha podlahových cest [m^2],

F_p … celková hodnota pomocných ploch [m^2].

2.9.6.3 Výpočet provozní podlahové plochy

Dle vztahu [1]:

$$F_{Pr} = F_{hC} + F_P \tag{2.36}$$

kde: F_{hC} … celková pracovní plocha [m^2],

F_p … pomocná podlahová plocha [m^2],

F_{Pr} … provozní podlahová plocha [m^2].

2.9.6.4 Sociální plochy

Mezi sociální plochy řadíme plochu šaten, umýváren, WC a přilehlou plochu např. chodbu.

Plocha šaten:

Plocha šaten odpovídá velikosti 0,8 m^2 na pracovníka (pro výrobní pomocný a obslužný personál). Dle vztahu [1]:

$$F_{šat} = 0{,}8 \cdot (D_{eVC} + D_{ePOP}) \tag{2.37}$$

kde: D_{eVC} … evidenční počet výrobních dělníků v jedné směně,

D_{POP} … počet pomocného personálu v jedné směně,

$F_{šat}$ … plocha šaten [m^2].

Plocha umýváren:

Plochu umýváren se volí 0,3 až 0,4 m^2 na dělníka jedné směny. Dle vztahu [1]:

$$F_{um} = 0{,}35 \cdot \frac{(D_{eVC} + D_{ePOP})}{S_m} \tag{2.38}$$

kde: D_{eVC} … evidenční počet výrobních dělníků v jedné směně,

D_{POP} … počet pomocného personálu v jedné směně,

F_{um} … plocha umýváren [m^2].

Plocha WC:

Plochu WC uvažujeme o velikostí 2 m^2 pro 15 osob. Dle vztahu [1]:

$$F_{WC} = \frac{2 \cdot P_c}{15} \tag{2.39}$$

kde: P_c … celkový počet pracovníků útvaru,

F_{wc} … plocha WC [m^2].

Plocha sociální:

Celkovou sociální plochu zvětšíme o 30%. Dle vztahu [1]:

$$F_{soc} = 1{,}3 \cdot (F_{šat} + F_{um} + F_{WC}) \tag{2.40}$$

kde: $F_{šat}$ … plocha šaten [m^2],

F_{um}… plocha umýváren [m^2],

F_{WC} … plocha WC [m^2].

2.9.6.5 Plocha útvaru

Výpočet plochy útvaru provedeme dle vztahu (2.41) [1]:

$$F_{útv} = F_{Pr} + F_{spr} + F_{soc} \tag{2.41}$$

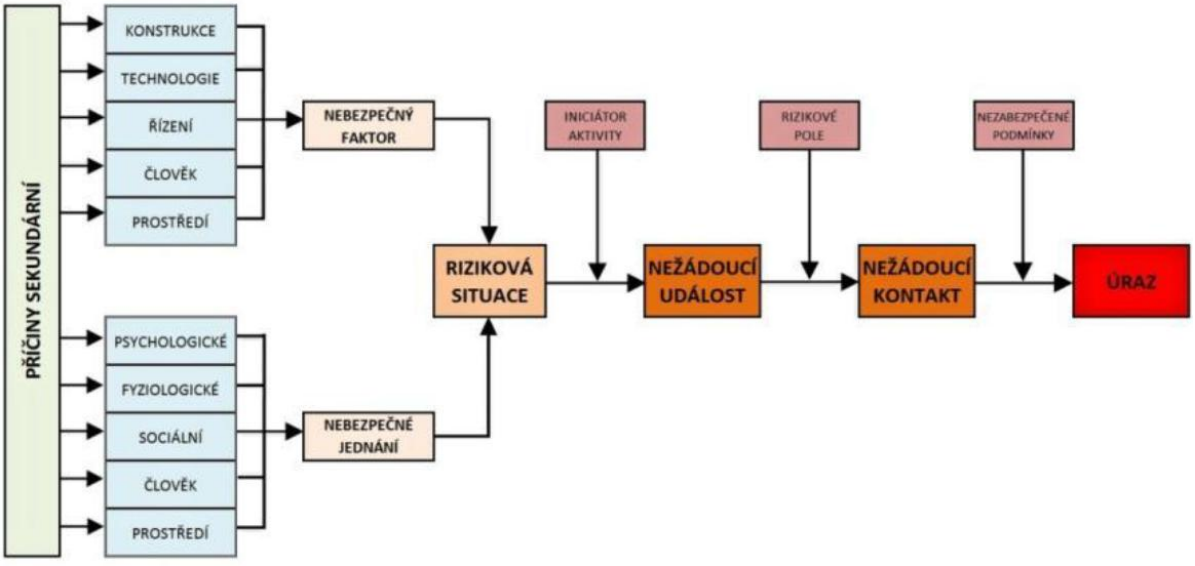
2.10 Bezpečnost práce a hygiena pracoviště

Tato část vychází z předpisů zabývajících se hygienou, bezpečností práce a požární ochranou ve výrobních objektech.

2.10.1 Bezpečnost na pracovišti

Bezpečnost a ochrana zdraví při práci (dále BOZP) je označována jako mezivědní obor. Lze ji chápat jako spojení různých příslušných opatření stanovených legislativou a zaměstnavatelem, které mají za účel preventivně předcházet ohrožení nebo poškození lidského zdraví při pracovním procesu. Mezi cíle BOZP patří vyhledávání a vyhodnocení rizik při práci, kategorizace pracovních činností, bezpečnost technických zařízení, osobní ochranné pracovní prostředky (dále OOPP), hygiena práce i pracovního prostředí [12].

Důležitým kritériem při projektování systému člověk – stroj – materiál – energie - prostředí je bezpečnost práce. Ideální bezpečnost je definována jako stav, při kterém nemůže nastat úraz. Avšak takové bezpečnosti nelze dosáhnout, neboť každý stroj nebo pracoviště mají určitou míru nebezpečí. Míra přijatelné nebezpečnosti se vyvíjí v závislosti na technické vyspělosti oboru a sociální úrovni společnosti. Riziko lze vyjádřit jako pravděpodobnou možnost úrazu či míru ohrožení. Vznik náhlého poškození zdraví vnějšími vlivy poukazuje model vzniku úrazů [1].



Obr. 15 Model vzniku úrazu [1].

Pro tento účel využijeme odpovídající ČSN ISO normy.

ČSN ISO 8421-2 požární ochrana staveb

ČSN ISO 8421-4 hasicí zařízení

ČSN ISO 8421-6 evakuace a únikové prostředky

ČSN 73 0872 ochrana staveb proti šíření požáru

ČSN EN 13478 bezpečnost strojních zařízení - požární prevence a ochrana

Nebezpečná situace vznikne, pokud existuje určitý důvod, který bývá důsledkem nevhodného jednání člověka. Nebezpečné jednání člověka spolu s nebezpečným faktorem vede k úrazu a může být zapříčiněno psychicko-fyziologickými vlastnostmi, sociálními vlivy nebo vinou druhé osoby. Pokud oba faktory působí současně ve stejnou dobu, vzniká riziková situace. Další etapou posloupnosti je nežádoucí událost, což je stav, kdy se člověk dostane do rizikového pole. Podmínkou stavu je aktivita člověka nebo nebezpečného faktoru (iniciátor aktivity). Nežádoucí kontakt je situace, kdy nastane styk nebezpečného faktoru a člověka. Nedojde ke zranění, ale jen k určité nepříjemné události. Poslední stupněm modelu vzniku úrazu je plné projevení nebezpečných podmínek, resp. úraz [1].

V běžné praxi existuje mnoho příčin úrazovosti, které nepůsobí samostatně, ale v jejich vzájemné kombinaci. Příkladem může být nevhodné uspořádání pracoviště, nepořádek na pracovišti, nevhodná technologie práce, špatný stav stroje, špatná organizace práce nebo nedodržování bezpečnosti [1].

Při navrhování rozmístění pracovišť a strojů je nutno dodržet bezpečnostní předpisy vyplývající z příslušných norem (např. ČSN 73 5105 – Výrobní průmyslové budovy). Již při volbě průmyslové budovy je potřeba počítat s její dlouhodobou efektivností a bezpečností práce ve všech prostorách [1].

Stroje, zařízení a jejich bezpečnost - při umísťování strojů a zařízení necháváme minimálně 600 mm vzdálenost v montážních místech nebo obslužných přechodech. V místě obsluhy stroje by měl být 1000 mm volný prostor. V ojedinělých případech je nutné zvýšit stanoviště pro pracovníka. Pokud plošina není součástí stroje, je nutné ji navrhnout. Je-li plošina vyšší než 500 mm nad podlahou, je nutné ji opatřit zábradlím do minimální výše 1100 mm a o šířce schodů 600 mm [1].

Komunikace mezi pracovišti - z bezpečnostního hlediska se musí hromadné komunikace pro pracující, které slouží ke spojení jednotlivých pracovišť dimenzovat podle minutové frekvence pohybu osob (tab. 2.1). Nejmenší průchozí výška komunikace pro pěší je 2100 mm a nesmí již být zmenšena žádným výstupkem [1].

Tab. 2.1 Šířka cesty pro komunikaci dle počtu osob [1].

počet osob/min	nejmenší šířka cesty [mm]
do 100	1200
do 300	1800
nad 300	2400

2.10.2 Hygiena pracoviště

Hygiena práce se zabývá působením pracovních vlivů na zdraví zaměstnance. V průběhu výkonu dané činnosti, je člověk vystaven působení rizikových faktorů, které v jisté míře negativně ovlivňují jeho zdraví. Rizikové faktory jsou okolnosti, činitelé nebo podmínky pracovního systému, které mohou být příčinou nemoci z povolání nebo pracovního úrazu. Jejich vyhledávání a následná eliminace je nadmíru žádoucí [16].

Jednotlivé faktory pracovního prostředí mohou na člověka výrazně působit a ovlivnit tak jeho jednání na pracovišti. Ve většině případů, ale na pracovníka nepůsobí pouze jeden rizikový faktor, ale několik faktorů současně. Jde o tzv. kumulativní působení faktorů pracovního prostředí. Následky nemusí být vždy jen negativní, neboť záleží na způsobu a délce působení a také na míře tolerance a rezistence člověka [16].

Z hlediska pracovních podmínek patří mezi rizikové faktory [17]:

- nepříznivé makroklimatické podmínky (působení chladu a tepla),
- chemické faktory (olovo, chemické karcinogeny, azbest aj.),
- fyzická zátěž (nadměrná celková zátěž, jednostranná opakovaná zátěž, pracovní polohy, ruční manipulace s břemeny),
- fyzikální faktory (hluk, vibrace, záření).

Dále [17]:

- prach (minerální vláknitý prach, prach s převážně nebo možným fibrogenním účinkem, tzn. zvýšené bujení vaziva v plicích nebo prach s převážně nespecifikovaným nebo dráždivým účinkem),
- psychická zátěž (stres, napětí a jiné faktory narušující duševní klid člověka)
- zraková zátěž (světelné podmínky, zvětšovací přístroje).

3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU FIRMY

Tato kapitola obsahuje představení firmy, rozbor současného stavu včetně analýz tržních i firemních možností a také návrh optimalizace výrobního programu vzhledem k možné situaci na trhu.

3.1 Představení firmy

Diplomová práce byla zpracována ve firmě:

Petr Bližňák – Kovovýroba

IČ: 75611236, DIČ: CZ7704224825

Adresa: Oslavice 59, 594 01 Velké Meziříčí, Česká republika

Provozovna: Průmyslová 2166, 594 01 Velké Meziříčí, Česká republika

Jako předmět podnikání má firma uvedeny tyto činnosti:

- Kovoobrábění,
- Zámečnictví,
- Příprava a vypracování technických návrhů.

Obr. 16 Výrobní hala firmy Bližňák - Kovovýroba (čelní pohled).

Obr. 17 Výrobní hala firmy Bližňák - Kovovýroba (boční pohled).

Firma Bližňák byla založena v roce 2011 v obci Oslavice, okres Velké Meziříčí, kde se nachází i sídlo firmy. Výrobní hala (obr. 16) byla postavena v průmyslové zóně na okraji Velkého Meziříčí, také v roce 2011. Ze strategického hlediska je hala dobře situována vzhledem k její dostupnosti, jelikož se nachází poblíž dálničního přivaděče jak na Brno, tak i na Prahu. Průmyslová zóna také nabízí řadu firem, které se zabývají strojírenskou i jinou výrobou, tudíž z pohledu zákazníka je tato lokalita velice vyhledávána.

Po založení firmy a dostavbě haly se výroba soustředila pouze na výhradního zákazníka a to firmu TAILOR CZ, sídlem v Ořechově u Brna. Firma se zabývá výrobou obráběcích strojů od návrhu stroje, přes výrobu jednotlivých součástí až po jejich montáž a expedici k zákazníkovi. A právě výroba jednotlivých součástí obráběcích strojů probíhala v úzké kooperaci s firmou Petr Bližňák - Kovovýroba.

V současnosti se firma zabývá především třískovým obráběním kovů v kusové a malosériové výrobě. Dále nabízí přípravu a vypracování technických návrhů.

Prvotním zájmem firmy je stabilizace na trhu a její budoucí rozvoj. Především se jedná o modernizaci strojního vybavení a zachycování nejnovějších trendů v oblasti nástrojů, dále modernizaci pomocí CAD-CAM systémů a v neposlední řadě rozšíření nebo optimalizace využití výrobních ploch.

3.2 Analýza stávajících tržních možností

Firma se stále nachází ve stádiu růstu a vývoje. Na trhu se nachází od r. 2011, takže v konkurenčním boji není příliš známá. Postrádá jakýchkoliv podpůrných prostředků ke zviditelnění firmy, např. internetové stránky, není uvedena ani v žádném katalogu firem, proto pro zákazníka není snadné firmu naleznout a oslovit. Dále firma neinvestuje do reklamy a je závislá na doporučení zákazníků. Jediný veřejný kontakt lze najít zde [13]. Výroba je z větší části zaměřena pro hlavního zákazníka TAILOR CZ, který v případě že by se dostal do problémů nebo dokonce zkrachoval, by významně ovlivnil chod firmy. Ovšem nejedná se o jediného zákazníka a postupem času se objevují i další stálí zákazníci. Abychom zjistili, jaké má firma možnosti, je nutné provést základní analýzy. Jednotlivé analýzy jsou rozebrány v následujících kapitolách.

3.2.1 Externí analýza – Porter, SLEPTE

Z hlediska firemního marketingu je důležitý rozbor aktuálních podmínek a trendů v následujících oblastech analýzy SLEPTE: sociální, právní prostředí a legislativa, ekonomické prostředí, politické prostředí, technologické faktory, environmentální faktory.

Pro analýzu oborového okolí můžeme využít Porterovu analýzu. Profesor M. Porter z Harvardu v souvislosti s analýzou identifikoval pět vlivů, které mohou ovlivnit firmu a které mohou ovlivnit firmu a těmito faktory je potřeba se podrobně zabývat: konkurence mezi firmami, hrozba vstupu nových firem, ohrožení ze strany substitutů, síla dodavatelů, síla odběratelů [14].

Tab. 3.1 Analýza vnitřního a vnějšího okolí firmy.

Analýza	Faktor	Charakteristika rizik a příležitostí	Hodnocení 1–nejlepší 10-nejhorší	Váha 1-nejnižší 5-nejvyšší	Celkové hodnocení (riziko)
SLEPTE (Vnější)	**Sociální oblast**	- Snižující se životní úroveň obyvatelstva - Nedostatek kvalifik. odborníků	6	4	24
	Legislativa	- Vysoká daňová zátěž	4	4	16
	Ekonomika	- Růst inflace - Růst cen energií a paliv - Pokles poptávky vzhledem k recesi	5	4	20
	Politika	- Stabilizace politické situace nepřináší rizika	3	2	6
	Technologie	- Vysoká technologická úroveň	3	3	9
	Ekologie	- Přísnější ekologické limity	3	3	9
PORTER (Vnitřní)	**Stávající konkurence**	- Firmy zabývající se kovoobráběním	6	4	24
	Nová konkurence	- Vznik nových firem v odvětví	4	3	12
	Substituty	- Firma se zaměřuje na široký segment trhu, takže substituty existují	3	4	12
	Dodavatelé	- Hrozba časového prodlení dodavatele	5	3	15
	Odběratelé	- Ukončení spolupráce se stávajícími odběrateli - Nedodržení závazků odběratelů	7	5	35

Výsledky analýzy jsou uvedeny v tabulce 3.1. Největší rizika vnějšího okolí se pro firmu dle analýzy nalézají v sociální oblasti, kde může být problém zajistit spolehlivou kvalifikovanou pracovní sílu. Také má vliv i snižující se životní úroveň obyvatelstva. Dále v oblasti ekonomické, kde vlivem recese může dojít k poklesu poptávky. V oborovém okolí nese největší rizika vliv odběratelů na kterých je firma závislá. Významné riziko je také stávající konkurence, jež má vliv na získávání zakázek.

3.2.2 Interní analýza – SWOT

Při posuzování interních firemních faktorů nás především zajímají firemní silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby. Takto koncipovaná analýza je označována jako SWOT podle počátečních písmen anglického označení Strenghts – Weaknesses – Opportunities- Threats. V tomto pojetí jsou příležitosti a hrozby pojímány ve vztahu k firmou oslovenému trhu ne interně ve firmě. Jde tedy o obchodní firemní příležitosti a vnější hrozby, které mohou firemní úspěch ovlivnit [14].

Strategie plynoucí ze SWOT analýzy [14]**:**

a) **Průnik O+S** vyjadřuje reálnou šanci firmy. Jedná se tedy o strategii MAXI-MAXI, což znamená maximální využití největší přednosti firmy k využití největších šancí na trhu. Konkrétními strategiemi je koncentrace (na jeden výrobek, být jedničkou v oboru), rozvoj trhu (získání nových geografických oblastí, klientů), rozvoj výrobku (adaptace na nové požadavky) a inovace (vylepšování, technický pokrok)

b) Průnik S+T vede ke strategii MAXI-MINI, která brání tomu, aby rizika omezila přednosti. To znamená, že usiluje o to, aby přednosti byly využity k minimalizaci nebo obejití rizik. Tento průnik vyjadřuje ohrožené přednosti. V praxi se užívá strategie složené diverzifikace (rozšíření do jiných strategických skupin nebo odvětví, což vede k rychlejšímu návratu prostředků) nebo strategie vertikální integrace (převzetí klíčového odběratele nebo dodavatele, což vede k upevnění postavení v daném teritoriu)

c) Průnik O+W vyjadřuje ohrožené šance. Z toho vyplývá strategie MINI-MAXI, která odstraňuje ty slabosti, které by mohly likvidovat největší příležitosti. Nejčastějšími strategiemi zde je horizontální integrace (převzetí firmy stejné strategické skupiny vedoucí k růstu vlastního potenciálu), soustředěná diverzifikace (vytvoření nebo převzetí firmy doplňující nabídky $\Rightarrow$ odstranění výkyvů v poptávce) a joint venture (propojení či fúze s jinou společností, což má za následek maximalizaci potenciálu)

d) Průnik T+W znamenající reálné hrozby. Jedná se o strategii MINI-MINI, která urychleně omezuje dopady obou negativních faktorů na budoucnost firmy. Mezi tyto strategie patří redukce (omezení nákladů, propuštění části zaměstnanců, dosažení zvýšení produktivity), rozdělení (odprodej části společnosti, získání prostředků na klíčové činnosti) a likvidace (firmu včas prodat, poslat do konkurzu).

Tab. 3.2 SWOT analýza.

	Pomocné k dosažení cíle	**Škodlivé** k dosažení cíle
VNITŘNÍ (atributy organizace)	**Silné stránky** (Strenghts) • Vysoká kvalita produkce, • Dlouhodobé zkušenosti v oboru, • Dobré vztahy s hlavním zákazníkem, • Možnost rozvoje výroby, • Možnost rozšíření strojního vybavení.	**Slabé stránky** (Weaknesses) • Relativně nová firma na trhu, • Absence internetových stránek a reklamy, • Absence firmy v internetových katalozích, • Nízký počet zákazníků, • Ekologická likvidace odpadů.
VNĚJŠÍ (atributy prostředí)	**Příležitosti** (Opportunities) • Získání nových zákazníků, • Spolupráce se strojírenskými firmami v okolí průmyslové zóny, • Podpora státu pro soukromé podnikatele, • Spolupráce s novými dodavateli.	**Hrozby** (Threats) • Nedostatek kvalifikovaných pracovních sil, • Zvyšování se cen a energií, • Zhoršení situace na trhu vlivem hospodářské krize, • Stávající a nová konkurence, • Zaměření výroby na hlavního zákazníka.

Z tabulky 3.2 SWOT analýzy vyplývá, že nejvýhodnější varianta pro firmu Bližňák je zvolit strategii S+T, tedy využít předností firmy k minimalizaci rizik.

3.2.3 Návrh optimalizace firemních cílů a strategie

Z předchozích analýz vyplývá, že by firma měla využít svých předností k minimalizaci rizik. Hlavním nebezpečím by mohlo být snížení poptávky ze strany hlavního zákazníka TAILOR CZ. Proto je z dlouhodobého hlediska vhodné, zajistit si více zákazníků, aby nedocházelo k velkým výkyvům poptávky a s tím spojené existenční problémy. Firma nyní využívá pouze virálního marketingu, proto je nutné se zviditelnit pomocí internetových stránek a zápisu do elektronického rejstříku firem. Případně lze využít reklamních bannerů v okolí Velkého Meziříčí. Také prozatím postrádám logo firmy na výrobní hale.

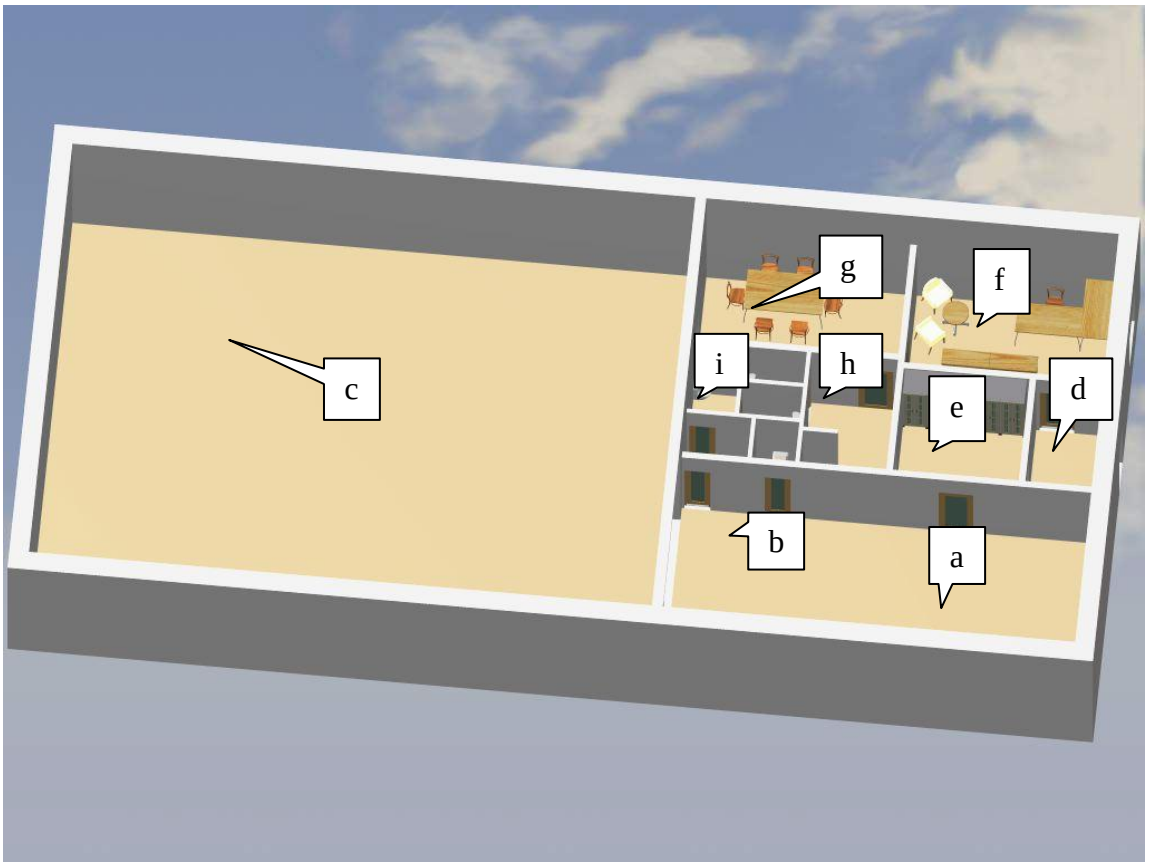
Jelikož je firma na trhu poměrně krátkou dobu, je z dlouhodobého hlediska nutné vybudování pevného zázemí. Zejména z důvodu hrozby od stávající a nově vzniklé konkurence. Pro optimální chod a potenciální růst firmy je potřeba získat kvalifikované zaměstnance a zaměřit se na efektivní vytížení pracovišť, zvláště s důrazem na zvyšování objemu produkce.

3.3 Rozbor výrobní haly

V roce 2011 na okraji města Velké Meziříčí vyrostla nová výrobní hala firmy Bližňák – kovovýroba. Hala je pro firemní účely dostačující a odpovídá záměrům majitele, tedy pro kusovou až malosériovou výrobu. Jedná se o budovu obdélníkového půdorysu na celkové ploše 284 m^2 (obr. 18). Vstupní vrata do dílny a dveře do kanceláře jsou umístěny na čelní straně budovy. Po obvodu haly je rozmístěno 14 oken, které dodávají dostatek světla do budovy. Střecha je z vlnitého plechu. Okolí haly je stále v rekonstrukci, jedná se o příjezdovou cestu a parkoviště pro 4 automobily.

Obr. 18 Výrobní hala firmy Bližňák - Kovovýroba (3D model exteriéru).

Na obr. 19 je možné vidět rozložení jednotlivých místností výrobní haly. Při vstupu do budovy velkými vraty se nachází a) sklad o ploše 43 m^2, jehož součástí je i stanoviště b) kontroly 10m^2. Sklad je výhodně situován vzhledem k příjmu a expedici zakázek. Vzhledem k sériovosti zakázek je velikost skladu dostačující. Po průchodu skladem se nachází c) obrobna s podlahovou plochou 150 m^2. Při vstupu hlavními vchodovými dveřmi do haly se nachází d) vstupní místnost o ploše 4 m^2, odkud lze jít do e) šatny o ploše 7,5 m^2 nebo do f) kanceláře s plochou 14 m^2. Z kanceláře vede vstup do g) denní místnosti o ploše 13 m^2 užívanou zaměstnanci v době obědové přestávky, která je propojena s obrobnou. Zároveň je z denní místnosti přístup na h) sociální plochy 1 (umývárna, WC) o ploše 6,6 m^2 stejně tak jako ze šatny po vstupu do budovy. Vstup na i) sociální plochy 2 (předsíňka, WC, pisoár) včetně místnosti pro úklid a šatny, se nachází v prostorách skladu a kontroly, o celkové ploše 5,5 m^2. Situování jednotlivých místností v objektu je optimální z hlediska snadného přístupu ze skladu i z obrobny na sociální plochy a do prostoru šatny a denní místnosti. Kontrola ploch bude provedena v kapitole kapacitní propočet.



Obr. 19 Výrobní hala firmy Bližňák - Kovovýroba (3D model interiéru).

Výkres výrobní haly (varianta Reál) je k dispozici v příloze 1.

3.4 Rozbor strojního vybavení

Strojní vybavení firmy Bližňák obsahuje řadu konvenčních strojů (soustruh, frézka, bruska, aj.), ale i soustružnický automat. Dále firma vlastní manipulační techniku. Popis a parametry jednotlivého strojního vybavení je k dispozici v příloze 2.

3.4.1 Hlavní strojní vybavení

Tab. 3.3 Seznam strojního vybavení 1 (Varianta Reál).

Číslo	Označení stroje	Charakteristika	Výrobce
1	OPTIMAT A36	Jednovřetenový soustružnický automat	Kovosvit Sezimovo Ůstí
2	FV 20	Svislá konzolová frézka	TOS Olomouc
3	SV18 RA	Univerzální nástrojařský soustruh	TOS Olomouc
4	BHU 25	Hrotová univerzální bruska	TOS Hostivař
5	BPH 20	Vodorovná rovinná bruska	TOS Hulín
6	BNNK 32A	Kopírovací bruska na nože	TOS Hostivař
7	STG 260 DG	Pásová pila na dělení kovů	BOMAR

3.4.2 Další strojní vybavení

Tab. 3.4 Seznam strojního vybavení II (Varianta Reál).

Číslo	Označení stroje	Charakteristika	Výrobce
8	B 175	Stolní dvoukotoučová bruska	ELKO Nový Knín
9	V 20	Jednovřetenová stolní vrtačka	TOS Olomouc
10	ALL	Portálový jeřáb	Tefos
11	Still RX 50-15	Vysokozdvižný elektrický vozík	Still
12	CP25	Paletový vozík	Mátl&Bula Rajhrad u Brna

Pro náklad a převoz materiálu u sériové výroby firma využívá ohradové kovové přepravní palety bez sklopné bočnice o vnitřních rozměrech (š x d x v) 650 x 1200 x 100 mm. Tyto palety jsou využívány také pro kovový odpad (špony atd.). Pro kusovou výrobu postačí dřevěná EU paleta.

3.5 Nástroje

Firma používá nejmodernějších dostupných nástrojů od společnosti SECO, sídlem na Londýnském náměstí v Brně. SECO je známá svým širokým sortimentem nástrojů a destiček pro frézování, soustružení a další oblasti obrábění.

Pro operace frézování firma odebírá nejčastěji monolitické karbidové nástroje vzhledem k jejich vysoké životnosti a řezným vlastnostem. Pro operace soustružení řadu povlakovaných i nepovlakovaných břitových destiček, které se vyznačují vysokou životností a odolností proti opotřebení. Odběr nástrojů pro broušení, vrtání a další operace je z firmy A-TOOLS, sídlem v Ivančicích.

3.6 Výroba

Firma Bližňák se zabývá třískovým obráběním kovů a odlitků. Výroba je kusová až malosériová a probíhá v jednosměnném provozu. Vyrábějí se malé až středně velké obrobky. Většinou se jedná o zakázkovou výrobu jednotlivých částí obráběcích strojů pro firmu TAILOR CZ. Ovšem firma má i další pravidelné zákazníky, pro které vyrábí sériové zakázky např. hřídele, šoupátka, příruby, tvarové součásti a mnoho dalších typů výrobků. Příklady vyráběných součástí jsou zobrazeny na obr. 20.

Obr. 20 Výrobky.

3.7 Zaměstnanci

Vzhledem k velikosti firmy, orientaci výroby, strojnímu vybavení a množství zakázek, je v současné době zaměstnáno 7 pracovníků. Majitel firmy obsluhuje OPTIMAT A36, dva zaměstnanci obsluhují SV18 RA a FV 20, dále dva zaměstnanci obsluhují stroje BPH 20 a BHU 25. Dva zaměstnanci pracují střídavě ve skladu, na pracovišti kontroly a na ručním pracovišti. Úklid haly provádí 1 zaměstnanec.

3.8 Současné uspořádání pracovišť v hale

V roce 2010 byl majitelem firmy vypracován projekt haly pro stavební povolení. Projekt zahrnuje i rozmístění strojního vybavení v hale. Návrh není podložen kapacitním propočtem nebo optimalizován některou z metod rozmísťování jednotlivých pracovišť (viz. kapitola 2.6), proto je vhodné propočet provést a ověřit zda je využití strojního vybavení, ploch haly a počtu pracovníků optimální.

Po dokončení haly v r. 2011 byl návrh realizován. V první etapě firmy zahrnoval strojní park 6 strojů (OTIMAT A36, FV 20, SV18 RA, BHU 25, V20, B 175). V roce 2012 došlo k rozšíření strojního vybavení, které se ve výrobní hale nachází dodnes (viz. příloha 2).

Dispoziční řešení současného (reálného) rozmístění pracovišť a strojů je v příloze 1.

Grafické řešení - varianta Reál

Jak již vyplývá z kapitoly 3.6, firma se zabývá kusovou až malosériovou výrobou. Tudíž rozmístění jednotlivých pracovišť odpovídá charakteru výroby. Vzhledem k velikosti haly, počtu strojů a jejich rozestavení, jde o modifikaci volného rozmístění. Toto není zcela vhodné z hlediska minimalizace výrobních nákladů, ale vzhledem k vzájemné dostupnosti jednotlivých pracovišť i při změně toku materiálu u výroby jiné součásti, nikterak nenaruší plynulý chod výroby. Stroje a pracoviště jsou seskupeny náhodným způsobem. Toto uspořádání je možné vidět tam, kde se nenachází konstantní materiálový tok, návaznost operací, řídící a organizační vztahy. Grafické řešení varianty Reál je v příloze 1.

Výrobní hala o ploše 252 m^2 se skládá ze tří částí, dílna s podlahovou plochou 150 m^2, skladové prostory s plochou 43 m^2 včetně pracoviště kontroly a ze správní a sociální plochy 59 m^2. V dílně se nachází soustružnický automat OPTIMAT A36, frézka FV 20, soustruh SV18 RA, brusky BPH 20 a BHU 25, portálový jeřáb a 3 ostatní stroje. Tyto stroje obsluhuje 5 zaměstnanců. Skladové prostory obsluhuje 1 zaměstnanec a zde se nachází pásová pila STG 260 DG. Popis a parametry strojního vybavení je v příloze 2.

3.9 Skladové prostory

Sklad je nedílnou součástí výrobní haly. Nachází se v prostoru za hlavními vraty při vstupu do haly. Jedná se o statický sklad, kde se pohybuje obsluha vůči materiálu. Skladování je volné při využití konzolového regálu na tyčový materiál, policového regálu a kovových přepravních palet. Probíhá zde příjem materiálů, příprava materiálu do výroby (vychystání, popř. dělení materiálu) a expedice polotovarů a hotových výrobků. Manipulaci s materiálem zajišťuje elektrický vysokozdvižný vozík a paletový vozík (viz. příloha 2). Skladové zásoby materiálu pro jednotlivé zakázky jsou řazeny dle data vstupu do výroby. Hotové výrobky se řadí na základě velikosti série a termínu expedice zákazníkovi. Vzhledem k velikosti vyráběných součástí a sériovosti zakázek, je sklad dostačující.

3.10 Rozvoj firmy v současné době

Jak je patrné z předchozího rozboru, firma se snaží o progresivní a inovativní přístupy k výrobě. Pro vylepšení stávající pozice na trhu vyžaduje nejen širší specializaci výroby ale i inovace v oblasti výroby.

Zejména:

- modernizace výrobních strojů,
- zachycování nejnovějších trendu v oblasti nástrojů,
- využití CAD-CAM systémů,
- rozšíření nebo optimalizace využití výrobních ploch,
- kvalifikace pracovníků.

Vzhledem k tomu, že charakter výroby vyžaduje vysokou přesnost strojů a výroba je realizovaná převážně na konvenčních strojích, mělo by v rámci inovace docházet pravidelně k obměnám strojového parku.

Z výroby lze vypozorovat postupný nárůst objemu výroby a také pozvolný růst velikosti průměrného typického výrobku. Zejména v osách X a Y. Nové materiály, výrobní postupy a technologie v oboru obrábění neustále umožňují zvyšování produktivity. Společnost, která touží v daném oboru uspět, musí počítat s tvrdou konkurencí, a proto je nutné, aby všechny zmíněné okolnosti pečlivě zvažovala.

Majitel firmy pan Bližňák tedy došel k závěru, že je nutné v nejbližší budoucnosti firmu modernizovat o nové výrobní zařízení a naopak některých konvenčních strojů se zbavit. Domluvil se s majitelem firmy TAILOR CZ o odkupu obráběcího centra MCV 1016.

Frézka je v provozu již 2 roky a stále ve výborném stavu. Prodej se uskuteční v srpnu letošního roku a převoz včetně instalace do haly proběhne v říjnu nebo v listopadu. Zájmem je, aby veškeré zařízení bylo provozuschopné od 1. 1. 2015. V případě prodeje nebo pronájmu strojů FV 20 a SV18 RA, jedná majitel firmy s několika zájemci. Je potřeba porovnat stávající strojní vybavení se skladbou inovovaného strojního parku pomocí kapacitního propočtu a vytvořit návrh na nové rozmístění pracovišť v hale. Pro tento případ mně pan Bližňák požádal o zpracování 2 návrhů v rámci diplomové práce. Popis a parametry stroje MCV 1016 QUICK jsou k dispozici v příloze 2.

4 KAPACITNÍ PROPOČET

V této kapitole je proveden kapacitní propočet na základě technologického postupu výroby zvolené součásti neboli představitele výroby. Firma vyrábí velké množství výrobků, proto bude výpočet orientován na výrobu typické součásti „šoupátka“ (viz. příloha 4). Součást je vybrána jako zástupce z důvodu nejčastějšího toku materiálu vzhledem k rozmístění jednotlivých pracovišť a charakteru výroby. Většina součástí tedy v návaznosti operací vykonává stejnou nebo podobnou trasu v mezi stroji.

Vzhledem k plánované modernizaci strojního parku pro rok 2015 je vhodné provézt porovnání kapacitních propočtů a reálného rozmístění jednotlivých segmentů v hale. Zejména využití stávajícího a nového strojního vybavení, využití ploch haly a potřebný počet pracovníků. Výpočet je veden na základě technologického postupu výroby šoupátka a předpokládané roční série 5000 ks/rok. Množství ks/rok je zvoleno odhadem a zkušenostmi z předchozích let. Kapitola zahrnuje výpočet strojních a ruční pracovišť a jejich využití. Dále následuje výpočet počtu výrobních, obslužných a pomocných pracovníků. V poslední části je výpočet výrobních, pomocných a sociálních ploch. Pro přehlednost označíme varianty A (stávající technologický postup při využití stávajícího strojního vybavení) a B (nový technologický postup při využití inovovaného strojního vybavení). Porovnání výsledků kapacitních propočtů bude přehledně znázorněno v souhrnné tabulce zaměstnanců (viz. příloha 8) a souhrnné tabulce ploch (viz. příloha 9). Jednotlivé strojní vybavení variant A a B je uvedeno v příloze 7.

4.1 Využitelné časové fondy v roce 2015

Roční fond ručního pracoviště v jedné směně:

$$E_r = (365 - 52 - 52 - 10) \cdot 8 = 2008 \text{ hod/rok} \tag{4.1}$$

Roční fond strojního pracoviště v jedné směně:

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

Efektivní časový fond dělníka:

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

4.2 Varianta A

Tab. 4.1 Technologický postup výroby součásti (Var. A).

Hrubá hm.: 1,11 kg **Čistá hm.: 0,38 kg**	**TECHNOLOGICKÝ POSTUP (Varianta A)** **součást – šoupátko**		
Číslo operace	**Pracoviště**	**Čas t_k [min]**	**Popis práce**
0	09421	0,4	vychystat v délce 2000 mm (v celku)
1	OPTIMAT A36	25,1	zarovnat čelo; posunout k dorazu; navrtat; podepřít; soustružit průměr 26 g7 s přídavkem +0,3 -0,05; soustružit průměr 24,8 - 0,1; soustružit zápichy š = 2 do hloubky 0,5; srazit hrany; upíchnout na celkovou délku 200,2.
2	SV18 RA	7,4	upnout; přerovnat čelo na celkovou délku L = 200; srazit hranu; navrtat; přepnout do přípravku; soustružit drážku pod uhlem 120° k míře průměr 22 -0,2
3	SV18 RA		mezioperační kontrola
4	FV 20	7,2	upnout do svěráku; frézovat vybráni š = 28 k míře 13,2
5	V 20	3,7	upnout; vrtat otvor pro kolík průměr 5 H7
6	09421	3,1	odjehlit; upravit; značit
7	09421		mezioperační kontrola
8	BHU 25	10,2	brousit průměr 26 g7; dodržet opracováni
9	06863		výstupní kontrola

4.2.1 Výpočet strojních a ručních pracovišť

Pro přehlednost výpočtu je vhodné roztřídit jednotlivá pracoviště na strojní a ruční pracoviště. Jednotlivé pracoviště jsou označena pořadovým číslem operace (viz. tab. 4.1).

Roztřídění jednotlivých strojních a ručních pracovišť:

Strojní pracoviště: OPTIMAT A36 (1), SV18 RA (2), FV20 (4), V 20 (5), BHU 25 (8)

Ruční pracoviště: Sklad (0), 09421 (6)

Pracoviště mezioperační kontroly: SV18 RA (3), 09421 (7),

Pracoviště kontroly: 06863 (9)

Výpočet teoretického počtu strojů P_{th1} pro operaci číslo 1:

N = 5 000 ks ; E_s = 1887 hod/rok ; s_s = 1 ; k_{pns} =1,2 ; t_{k1} = 25,1 min

$$P_{th1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot s_S \cdot k_{pns}} = \frac{25{,}1 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1{,}2} = 0{,}924 \,;\; P_{sk1} = 1 \text{ stroj} \qquad (4.4)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 1 bude zapotřebí 1 stroj.

Výpočet teoretického počtu strojů P_{th2} pro operaci číslo 2:

N = 5 000 ks ; E_s = 1887 hod/rok ; s_s = 1 ; k_{pns} =1,2 ; t_{k2} = 7,4 min

$$P_{th2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot s_S \cdot k_{pns}} = \frac{7{,}4 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1{,}2} = 0{,}272 \,;\; P_{sk2} = 1 \text{ stroj} \qquad (4.5)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 2 bude zapotřebí 1 stroj.

Výpočet teoretického počtu strojů P_{th4} pro operaci číslo 4:

N = 5 000 ks ; E_s = 1887 hod/rok ; s_s = 2 ; k_{pns} =1,2 ; t_{k4} = 7,2 min

$$P_{th4} = \frac{t_{k4} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot s_S \cdot k_{pns}} = \frac{7{,}2 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1{,}2} = 0{,}265 \;;\; P_{sk4} = 1 \text{ stroj} \qquad (4.6)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 4 bude zapotřebí 1 stroj.

Výpočet teoretického počtu strojů P_{th5} pro operaci číslo 5:

N = 5 000 ks ; E_s = 1887 hod/rok ; s_s = 2 ; k_{pns} =1,2 ; t_{k5} = 3,7 min

$$P_{th5} = \frac{t_{k5} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot s_S \cdot k_{pns}} = \frac{3{,}7 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1{,}2} = 0{,}136 \,;\; P_{sk5} = 1 \text{ stroj} \qquad (4.7)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 5 bude zapotřebí 1 stroj.

Výpočet teoretického počtu strojů P_{th8} pro operaci číslo 8:

N = 5 000 ks ; E_s = 1887 hod/rok ; s_s = 2 ; k_{pns} =1,2 ; t_{k8} = 10,2 min

$$P_{th8} = \frac{t_{k8} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot s_S \cdot k_{pns}} = \frac{10{,}2 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1{,}2} = 0{,}375 \,;\; P_{sk1} = 1 \text{ stroj} \qquad (4.8)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 8 bude zapotřebí 1 stroj.

Celkový počet strojů: P_{sk} = 1+1+1+1+1 = 5 strojů. (4.9)

Výpočet teoretického počtu ručních pracovišť P_{r0} pro operaci číslo 0:

N = 5 000 ks ; E_r = 2008 hod/rok ; s_r = 1 ; k_{pnr} =1,25 ; tk_0 = 0,4 min

$$P_{r0} = \frac{t_{k0} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} = \frac{0{,}4 \cdot 5000}{60 \cdot 2008 \cdot 1 \cdot 1{,}25} = 0{,}013 \text{; } P_{rsk0} = 1 \text{ pracoviště} \qquad (4.10)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 0 bude zapotřebí 1 pracoviště.

Výpočet teoretického počtu ručních pracovišť P_{r6} pro operaci číslo 6:

N = 5 000 ks ; E_r = 1887 hod/rok ; s_r = 1 ; k_{pnr} =1,25 ; tk_6 = 3,1 min

$$P_{r6} = \frac{t_{k6} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} = \frac{3{,}1 \cdot 5000}{60 \cdot 2008 \cdot 1 \cdot 1{,}25} = 0{,}099 \text{ ; } P_{rsk6} = 1 \text{ pracoviště} \qquad (4.11)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 6 bude zapotřebí 1 pracoviště.

Celkovým počet ručních pracovišť: P_r = 1+1 = 2 pracoviště (4.12)

4.2.1.1 Využití strojních a ručních pracovišť

Výpočet využití η soustružnického automatu OPTIMAT A36 pro operaci číslo 1:

P_{th1} = 0,924 $$\eta_1 = \frac{P_{th1}}{P_{sk1}} \cdot 100 = \frac{0{,}924}{1} \cdot 100 = 92{,}4\% \qquad (4.13)$$

Výpočet využití η soustruhu SV18 RA pro operaci číslo 2:

P_{th2} = 0,272 $$\eta_2 = \frac{P_{th2}}{P_{sk2}} \cdot 100 = \frac{0{,}272}{1} \cdot 100 = 27{,}2\% \qquad (4.14)$$

Výpočet využití η frézky FV20 pro operaci číslo 4:

P_{th4} = 0,265 $$\eta_4 = \frac{P_{th4}}{P_{sk4}} \cdot 100 = \frac{0{,}265}{1} \cdot 100 = 26{,}5\% \qquad (4.15)$$

Výpočet využití η vrtačky V 20 pro operaci číslo 5:

P_{th5} = 0,136 $$\eta_5 = \frac{P_{th5}}{P_{sk5}} \cdot 100 = \frac{0{,}136}{1} \cdot 100 = 13{,}6\% \qquad (4.16)$$

Výpočet využití η brusky BHU 25 pro operaci číslo 8:

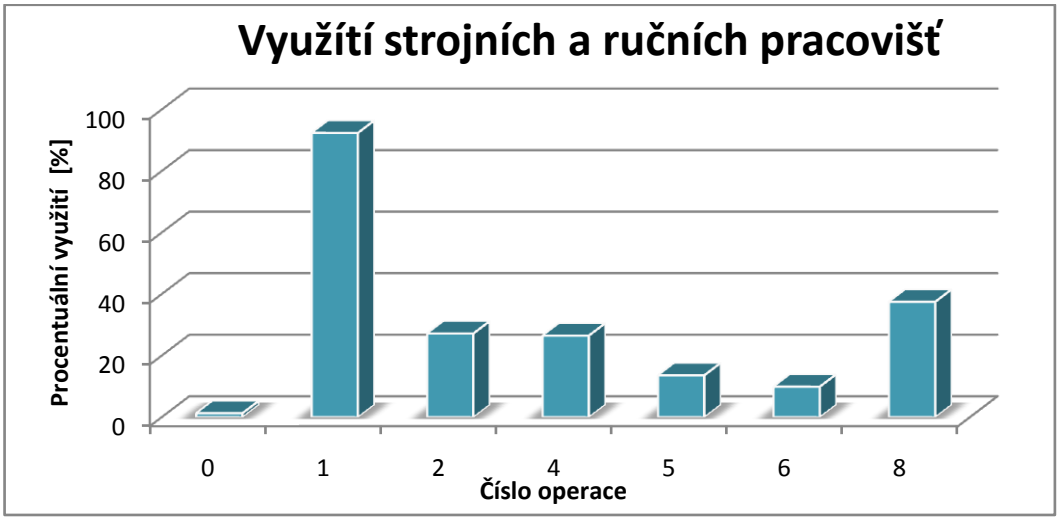
P_{th8} = 0,375 $$\eta_8 = \frac{P_{th8}}{P_{sk8}} \cdot 100 = \frac{0{,}375}{1} \cdot 100 = 37{,}5\% \qquad (4.17)$$

Výpočet využití η pracoviště 09421 pro operaci číslo 0:

P_{r0} = 0,013 $$\eta_0 = \frac{P_{r0}}{P_{rsk0}} \cdot 100 = \frac{0.013}{1} \cdot 100 = 1{,}3\% \qquad (4.18)$$

Výpočet využití η pracoviště 09421 pro operaci číslo 6:

P_{r6} = 0,099 $$\eta_6 = \frac{P_{r6}}{P_{rsk6}} \cdot 100 = \frac{0.099}{1} \cdot 100 = 9{,}9\% \qquad (4.19)$$



Obr. 21 Využití strojních a ručních pracovišť (Var. A).

V případě procentuelnímu vytížení jednotlivých strojů lze konstatovat, že nejvyšší využití pracoviště je u operace č. 1 (obr. 21). Náročnost operací na stroji OPTIMAT A36 ovlivňují efektivitu a míru využití u ostatních pracovišť. Také má vliv na nižší sériovost výroby. Pro vyšší vytížení pracovišť 2, 3, 4, 5, 6, 8 je vhodné zavést dvousměnný provoz na stanovišti č. 1. Další variantou pro zvýšení produkce je provoz tohoto pracoviště v sobotu, např. při zkrácené pracovní době 6h. V neposlední řadě existuje možnost koupě dalšího CNC soustružnického automatu, ovšem vzhledem k záměrům majitele firmy je tato varianta nereálná.

4.2.2 Výpočet pracovníků

4.2.2.1 Výpočet strojních dělníků

Potřebný počet strojních dělníků pro operaci č. 1:

N = 5 000 ks
E_s = 1887 hod/rok
s_s = 1
k_{pns} = 1,2
t_{k1} = 25,1 min

$$D_{VST1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot k_{pns}} = \frac{25{,}1 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1{,}2} = 0{,}921 \qquad (4.20)$$

Pro obsluhu stroje u operace č. 1 bude zapotřebí 1 dělník.

Potřebný počet strojních dělníků pro operaci č. 2:

N = 5 000 ks
E_s = 1887 hod/rok
s_s = 1
k_{pns} = 1,2
t_{k2} = 7,4 min

$$D_{VST2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot k_{pns}} = \frac{7{,}4 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1{,}2} = 0{,}273 \qquad (4.21)$$

Pro obsluhu stroje u operace č. 2 bude zapotřebí 1 dělník.

Potřebný počet strojních dělníků pro operaci č. 4:

N = 5 000 ks
E_s = 1887 hod/rok
s_s = 1
k_{pns} = 1,2
t_{k4} = 7,2 min

$$D_{VST4} = \frac{t_{k4} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot k_{pns}} = \frac{7{,}2 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1{,}2} = 0{,}265 \quad (4.22)$$

Pro obsluhu stroje u operace č. 4 bude zapotřebí 1 dělník.

Potřebný počet strojních dělníků pro operaci č. 5:

N = 5 000 ks
E_s = 1887 hod/rok
s_s = 1
k_{pns} = 1,2
t_{k5} = 3,7 min

$$D_{VST5} = \frac{t_{k5} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot k_{pns}} = \frac{3{,}7 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1{,}2} = 0{,}136 \quad (4.23)$$

Pro obsluhu stroje u operace č. 5 bude zapotřebí 1 dělník.

Potřebný počet strojních dělníků pro operaci č. 8:

N = 5 000 ks
E_s = 1887 hod/rok
s_s = 1
k_{pns} = 1,2
t_{k8} = 10,2 min

$$D_{VST8} = \frac{t_{k8} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot k_{pns}} = \frac{10{,}2 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1{,}2} = 0{,}375 \quad (4.24)$$

Pro obsluhu stroje u operace č. 8 bude zapotřebí 1 dělník.

Celkový počet strojních dělníků:

$$D_{VST} = \sum_{i=1}^{n} D_{VSTi} = 1+1+1+1+1 = 5 \text{ dělníků} \quad (4.25)$$

Obsluhu strojů zajistí 5 dělníků.

Evidenční počet strojních dělníků:

D_{VST1} = 1
D_{VST2} = 1
D_{VST4} = 1
D_{VST5} = 1
D_{VST8} = 1
E_s = 1887 hod/rok
E_d = 1768 hod/rok

$$D_{eVST} = \sum_{i=1}^{n} D_{VSi} \cdot \frac{E_S}{E_d} = 5 \cdot \frac{1887}{1768} = 5{,}33 \cong 6 \quad (4.26)$$

4.2.2.2 Výpočet ručních dělníků

Potřebný počet ručních dělníků pro operaci č. 0:

N = 5 000 ks
E_r = 2008 hod/rok
s_r = 1
k_{pnr} = 1,25
t_{k0} = 0,4 min

$$D_{VR0} = \frac{t_{k0} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot k_{pnr}} = \frac{0{,}4 \cdot 5000}{60 \cdot 2008 \cdot 1{,}25} = 0{,}013 \quad (4.27)$$

Pro obsluhu ručního pracoviště u operace č. 0 bude zapotřebí 1 dělník.

Potřebný počet ručních dělníků pro operaci č. 6:

N = 5 000 ks
E_r = 1887 hod/rok
s_r = 1
k_{pnr} = 1,2
t_{k6} = 3,1 min

$$D_{VR6} = \frac{t_{k6} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot k_{pnr}} = \frac{3{,}1 \cdot 5000}{60 \cdot 2008 \cdot 1{,}25} = 0{,}103 \quad (4.28)$$

Pro obsluhu stroje u operace č. 6 bude zapotřebí 1 dělník.

Celkový počet ručních dělníků:

$$D_{VR} = \sum_{i=1}^{n} D_{VRi} = 1 + 1 = 2 \text{ dělníci} \quad (4.29)$$

Obsluhu ručních pracovišť zajistí 2 dělníci.

Evidenční počet ručních dělníků:

D_{VR0} = 1
D_{VR6} = 1
E_r = 2008hod/rok
E_d = 1768 hod/rok

$$D_{eVR} = \sum_{i=1}^{n} D_{VRi} \cdot \frac{E_r}{E_d} = 2 \cdot \frac{2008}{1768} = 2{,}27 \cong 3 \quad (4.30)$$

Celkový počet výrobních dělníků:

$$D_V = D_{eVST} + D_{eVR} = 6 + 3 = 9 \text{ dělníků} \quad (4.31)$$

Evidenční počet výrobních dělníků:

D_{eVST} = 6
D_{eVR} = 3
D_{eP} = 5

$$D_{eVC} = D_{eVST} + D_{eVR} + D_{eP} = 6 + 3 + 5 = 14 \text{ dělníků} \quad (4.32)$$

4.2.2.3 Výpočet pomocných dělníků a obslužného personálu

Počet pomocných dělníků:

$$D_P = 0{,}35 \cdot D_V = 0{,}35.9 = 3{,}15 \cong 4 \text{ dělníci} \quad (4.33)$$

Evidenční počet pomocných dělníků:

$$D_{eP} = 1{,}1 \cdot D_P = 1{,}1 \cdot 4 = 4{,}4 \cong 5 \text{ dělníků} \quad (4.34)$$

Počet pomocného personálu:

$$D_{POP} = 0{,}02 \cdot D_{eVC} = 0{,}02 \cdot 14 = 0{,}28 \cong 1 \text{ pracovník} \quad (4.35)$$

Výpočet pracovníků kontroly:

$$D_K = 0{,}06 \cdot D_{VST} = 0{,}06.5 = 0{,}3 \cong 1 \text{ pracovník} \quad (4.36)$$

4.2.2.4 Celkový počet pracovníků útvaru:

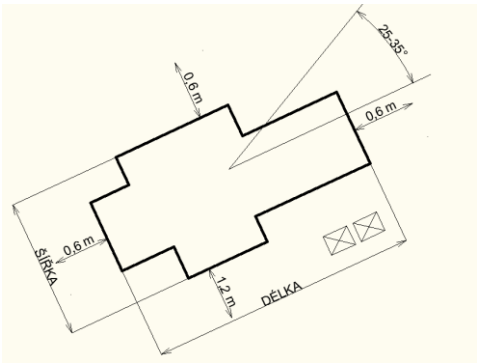
$$P_C = D_{eVC} + ITA + D_{ePOP} + D_K = 14 + 0 + 1 + 1 = 16 \text{ pracovníků} \quad (4.37)$$

Z kapacitního výpočtu plyne, že pro zajištění chodu firmy je teoretický optimální počet 16 zaměstnanců. Ovšem vzhledem k velikosti haly, charakteru výroby a nízkému vytížení strojních i ručních pracovišť není zapotřebí 16 pracovníků. Nyní je zaměstnáno 7 pracovníků (viz. kap. 3.7) a dále firma využívá 1 brigádníka na práci ve skladě, kde vychystává materiál, nebo jej expeduje. V případě potřeby také vypomáhá na zámečnickém pracovišti. Souhrnná tabulka zaměstnanců je v příloze 8.

4.2.3 Výpočet ploch

4.2.3.1 Výpočet výrobních ploch

Výpočet plochy výrobních strojních pracovišť:



Obr. 22 Stroj s předepsanou bezpečnostní vzdáleností.

$Délka_1 = 2{,}15$ m
$Šířka_1 = 1{,}15$ m $\quad f_{s1} = (2{,}15+1{,}2) \cdot (1{,}15+1{,}8) = 9{,}88 \cong 10\ m^2$ (4.38)

$Délka_2 = 2{,}52$ m
$Šířka_2 = 0{,}95$ m $\quad f_{s2} = (2{,}52+1{,}2) \cdot (0{,}95+1{,}8) = 10{,}23 \cong 11\ m^2$ (4.39)

$Délka_4 = 1{,}62$ m
$Šířka_4 = 1{,}95$ m $\quad f_{s4} = (1{,}62+1{,}2) \cdot (1{,}95+1{,}8) = 7{,}75 \cong 8\ m^2$ (4.40)

$Délka_5 = 0{,}97$ m
$Šířka_5 = 0{,}51$ m $\quad f_{s5} = (0{,}97+1{,}2) \cdot (0{,}51+1{,}8) = 2{,}7 \cong 3\ m^2$ (4.41)

$Délka_8 = 2{,}85$ m
$Šířka_8 = 1{,}6$ m $\quad f_{s8} = (2{,}85+1{,}2) \cdot (1{,}6+1{,}8) = 13{,}77 \cong 14\ m^2$ (4.42)

Celková plocha výrobního strojního pracoviště:

$$F_S = \sum_{i=1}^{n} f_{Si} \cdot P_{ski} = 10 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 14 \cdot 1 = 46 m^2 \quad (4.43)$$

Výpočet ploch dalších strojních pracovišť:

Bruska BPH 20

Délka = 2,46 m

Šířka = 1,35 m $f_{sBPH} = (2{,}46+1{,}2) \cdot (1{,}35+1{,}8) = 11{,}53 \cong 12\ \mathrm{m}^2$ (4.44)

Bruska BNNK 32A

Délka = 0,6 m

Šířka = 0,4 m $f_{sBNNK} = (0{,}6+1{,}2) \cdot (0{,}4+1{,}8) = 3{,}96 \cong 4\ \mathrm{m}^2$ (4.45)

Pila STG 260 DG

Délka = 1,93 m

Šířka = 1,1 m $f_{sSTG} = (1{,}93+1{,}2) \cdot (1{,}1+1{,}8) = 9{,}07 \cong 10\ \mathrm{m}^2$ (4.46)

Celková plocha dalšího strojního pracoviště:

$$F_d = F_{sBPH} + F_{sBNNK} + F_{sSTG} = 12 + 4 + 10 = 26\mathrm{m}^2 \quad (4.47)$$

Výpočet celkové plochy strojního pracoviště haly:

$$F_C = F_S + F_d = 46 + 26 = 72\mathrm{m}^2 \quad (4.48)$$

Výpočet plochy pro ruční pracoviště:

f_{r0} = 5 m2

f_{r3} = 5 m2 $F_R = \sum_{i=1}^{n} f_{ri} \cdot P_{rski} = 5.1 + 5.1 = 10\mathrm{m}^2$ (4.49)

Výpočet celkové výrobní plochy:

F_S = 46 m^2

F_R = 10 m^2 $F_V = F_R + F_S = 10 + 46 = 56\mathrm{m}^2$ (4.50)

Celková pracovní plocha haly:

$$F_{hC} = F_R + F_S + F_d = 10 + 46 + 26 = 82\mathrm{m}^2 \quad (4.51)$$

4.2.3.2 Výpočet pomocné podlahové plochy

F_{hC} = 82 m^2 $F_P = 0{,}5 \cdot F_{hC} = 0{,}5.82 = 41\mathrm{m}^2$ (4.52)

Z celkové pomocné plochy stanovíme její jednotlivé složky:

Plocha pro hospodaření s nářadím: $F_{Phn} = 0{,}15 \cdot F_P = 0{,}15 \cdot 41 \cong 6\mathrm{m}^2$ (4.53)

Plocha údržby: $F_{Pú} = 0{,}15 \cdot F_P = 0{,}15 \cdot 41 \cong 6\mathrm{m}^2$ (4.54)

Plocha skladů: $F_{Pskl} = 0{,}29 \cdot F_P = 0{,}29 \cdot 41 \cong 12\mathrm{m}^2$ (4.55)

Plocha dopravních cest: $F_{Pdc} = 0{,}33 \cdot F_P = 0{,}33 \cdot 41 \cong 13\mathrm{m}^2$ (4.56)

Kontrolní plocha: $$F_{Pk} = 0{,}08 \cdot F_P = 0{,}08 \cdot 41 \cong 4\text{m}^2 \quad (4.57)$$

Plocha podlahových cest:

$F_{Pk} = 4\ m^2$

$F_{Pskl} = 12\ m^2$

$F_{Phn} = 6\ m^2$

$F_{Pú} = 6\ m^2$

$$F_{pdc} = 0{,}33 \cdot (F_{phn} + F_{pú} + F_{pskl} + F_{pk}) = 0{,}33 \cdot (6+6+12+4) = 9\text{m}^2 \quad (4.58)$$

Dále provedeme přepočet celkové hodnoty pomocných ploch.

$F_{Pskl} = 12\ m^2$

$F_{Phn} = 6m^2$

$F_{Pú} = 6\ m^2$

$F_{Pdc} = 9\ m^2$

$F_{Pk} = 4\ m^2$

$$F_P = F_{Phn} + F_{Pú} + F_{Pskl} + F_{Pdc} + F_{Pk} = 6+6+12+4+9 = 37\text{m}^2 \quad (4.59)$$

4.2.3.3 Výpočet provozní podlahové plochy

$F_P = 37\ m^2$

$F_{hC} = 82\ m^2$

$$F_{Pr} = F_{hC} + F_P = 82 + 37 = 119\text{m}^2 \quad (4.60)$$

4.2.3.4 Sociální plochy

Plocha šaten:

$D_{eVC} = 14$

$D_{ePOP} = 1$

$$F_{šat} = 0{,}8 \cdot (D_{eVC} + D_{ePOP}) = 0{,}8 \cdot (14+1) = 12\text{m}^2 \quad (4.61)$$

Plocha umýváren:

$D_{eVC} = 14$

$D_{ePOP} = 1$

$$F_{um} = 0{,}35 \cdot \frac{(D_{eVC} + D_{ePOP})}{S_m} = 0{,}35 . \frac{(14+1)}{2} = 2{,}62 \cong 3\text{m}^2 \quad (4.62)$$

Plocha WC:

$P_C = 15$

$$F_{WC} = \frac{2 \cdot P_c}{15} = \frac{2 \cdot 15}{15} = 2\text{m}^2 \quad (4.63)$$

1 WC odpovídá 3 m^2, celkový počet WC 1 ks.

Celkovou sociální plochu zvětšíme o 30% .

Plocha sociální:

$F_{šat} = 12\ m^2$

$F_{um} = 3\ m^2$

$F_{WC} = 2\ m^2$

$$F_{soc} = 1{,}3 \cdot (F_{šat} + F_{um} + F_{WC}) = 22{,}1 \cong 23\text{m}^2 \quad (4.64)$$

4.2.3.5 Plocha útvaru

$F_{soc} = 23\ m^2$

$F_{spr} = 14\ m^2$

$F_{Pr} = 119\ m^2$

$$F_{útv} = F_{Pr} + F_{spr} + F_{soc} = 119 + 14 + 23 = 156 m^2 \quad (4.65)$$

Z kapacitního výpočtu ploch vyplývá, že jednotlivé úseky haly kapacitně převyšují teoretický výpočet. Současné (reálné) rozmístění jednotlivých segmentů má své rezervy. Jak již bylo zmíněno, při tvorbě projektu v roce 2011 nebylo uspořádání haly podloženo kapacitním propočtem, tudíž jednotlivá pracoviště, sklad, dopravní cesty, sociální zařízení aj. zabírají větší plochu, než je nezbytně nutné. Výrobu zvolené součásti zajišťuje strojní vybavení (viz. kap. 4.2.1), ovšem firma vlastní i další strojní vybavení. Pro kapacitní propočet ploch a grafický návrh uspořádání haly s nimi počítáme, jelikož jsou využívány při výrobě jiných součástí. Souhrnná tabulka hodnot je k dispozici v příloze 7.

4.3 Varianta B

Tab. 4.2 Technologický postup výroby součásti (Var. B).

Hrubá hm.: 1,11 kg **Čistá hm.: 0,38 kg**	**TECHNOLOGICKÝ POSTUP (Varianta B)** **součást – šoupátko**		
Číslo operace	**Pracoviště**	**Čas t_k [min]**	**Popis práce**
0	09421	0,4	vychystat v délce 2000 mm (vcelku)
1	OPTIMAT A36	25,9	zarovnat čelo 1; posunout k dorazu; navrtat; podepřít; soustružit průměr 26 g7 s přídavkem +0,3 -0,05; soustružit průměr 24,8 -0,1; soustružit zápichy š = 2 do hloubky 0,5; srazit hrany; upíchnout na celkovou délku 200,2; přerovnat čelo 2 na celkovou délku L = 200; srazit hranu; navrtat
2	OPT. A36		mezioperační kontrola
3	MCV 1016	6,4	frézovat drážku pod uhlem 120° k míře průměr 22 -0,2; frézovat vybráni š = 28 k míře 13,2; vrtat otvor pro kolík průměr 5 H7
4	09421	3,2	odjehlit; upravit; značit
5	09421		mezioperační kontrola
6	BHU 25	10,2	brousit průměr 26 g7; dodržet opracováni
7	06863		výstupní kontrola

4.3.1 Výpočet strojních a ručních pracovišť

Jednotlivé pracoviště jsou označena pořadovým číslem dle operace (viz. tab. 4.2).

Strojní pracoviště: OPTIMAT A36 (1), MCV 1016 (3), BHU 25 (6)

Ruční pracoviště: Sklad (0), 09421 (4)

Pracoviště mezioperační kontroly: OPTIMAT A36 (2), 09421 (5),

Pracoviště kontroly: 06863 (7).

Výpočet teoretického počtu strojů P_{th1} pro operaci číslo 1:

N = 5 000 ks ; E_s = 1887 hod/rok ; s_s = 1 ; k_{pns} =1,2 ; t_{k1} = 25,9 min

$$P_{th1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot s_S \cdot k_{pns}} = \frac{25{,}9 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1{,}2} = 0{,}953 \; ; \; P_{sk1} = 1 \text{ stroj} \qquad (4.66)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 1 bude zapotřebí 1 stroj.

Výpočet teoretického počtu strojů P_{th3} pro operaci číslo 3:

N = 5 000 ks ; E_s = 1887 hod/rok ; s_s = 1 ; k_{pns} = 1,2 ; t_{k3} = 6,4 min

$$P_{th3} = \frac{t_{k3} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot s_S \cdot k_{pns}} = \frac{6{,}4 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1{,}2} = 0{,}235 \; ; \; P_{sk3} = 1 \text{ stroj} \qquad (4.67)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 3 bude zapotřebí 1 stroj.

Výpočet teoretického počtu strojů P_{th6} pro operaci číslo 6:

N = 5 000 ks ; E_s = 1887 hod/rok ; s_s = 2 ; k_{pns} =1,2 ; t_{k6} = 10,2 min

$$P_{th6} = \frac{t_{k6} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot s_S \cdot k_{pns}} = \frac{10{,}2 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1 \cdot 1{,}2} = 0{,}375 \; ; \; P_{sk6} = 1 \text{ stroj} \qquad (4.68)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 6 bude zapotřebí 1 stroj.

Celkový počet strojů: P_{sk} = 1+1+1 = 3 stroje. (4.69)

Výpočet teoretického počtu ručních pracovišť P_{r0} pro operaci číslo 0:

N = 5 000 ks ; E_r = 2008 hod/rok ; s_r = 1 ; k_{pnr} = 1,25 ; tk_0 = 0,4 min

$$P_{r0} = \frac{t_{k0} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} = \frac{0{,}4 \cdot 5000}{60 \cdot 2008 \cdot 1 \cdot 1{,}25} = 0{,}013 ; \; P_{rsk0} = 1 \text{ pracoviště} \qquad (4.70)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 0 bude zapotřebí 1 pracoviště.

Výpočet teoretického počtu ručních pracovišť P_{r4} pro operaci číslo 4:

N = 5 000 ks ; E_r = 1887 hod/rok ; s_r = 1 ; k_{pnr} =1,25 ; tk_4 = 3,2 min

$$P_{r4} = \frac{t_{k4} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} = \frac{3{,}2 \cdot 5000}{60 \cdot 2008 \cdot 1 \cdot 1{,}25} = 0{,}106 \text{ ; } P_{rsk4} = 1 \text{pracoviště} \qquad (4.71)$$

Pro zabezpečení výroby u operace č. 4 bude zapotřebí 1 pracoviště.

Celkovým počet ručních pracovišť: P_r = 1+1 = 2 pracoviště (4.72)

4.3.1.1 Využití strojních a ručních pracovišť

Výpočet využití η soustružnického automatu OPTIMAT A36 pro operaci číslo 1:

P_{th1} = 0,953 $$\eta_1 = \frac{P_{th1}}{P_{sk1}} \cdot 100 = \frac{0{,}953}{1} \cdot 100 = 95{,}3\% \qquad (4.73)$$

Výpočet využití η obráběcího centra MCV 1016 pro operaci číslo 3:

P_{th3} = 0,235 $$\eta_3 = \frac{P_{th3}}{P_{sk3}} \cdot 100 = \frac{0{,}235}{1} \cdot 100 = 23{,}5\% \qquad (4.74)$$

Výpočet využití η brusky BHU 25 pro operaci číslo 6:

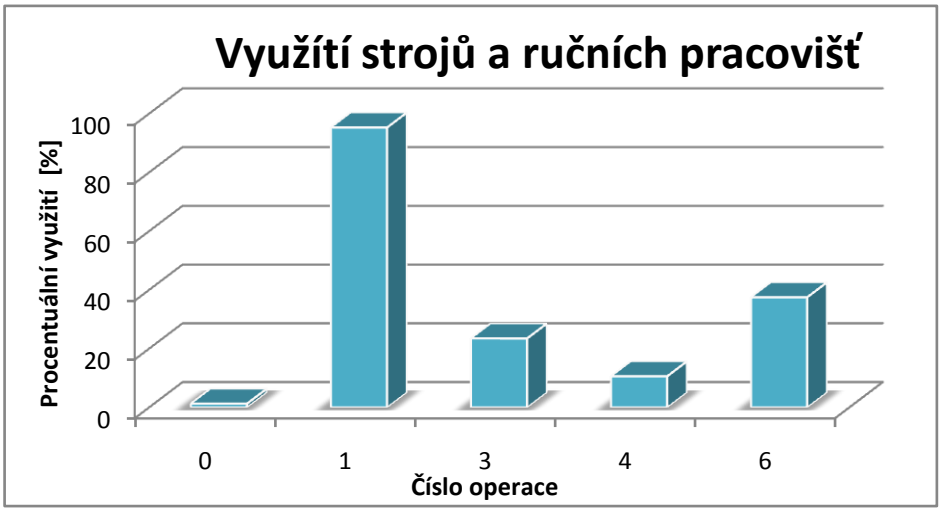
P_{th6}= 0,375 $$\eta_6 = \frac{P_{th6}}{P_{sk6}} \cdot 100 = \frac{0{,}375}{1} \cdot 100 = 37{,}5\% \qquad (4.75)$$

Výpočet využití η pracoviště 09421 pro operaci číslo 0:

P_{th0}= 0,013 $$\eta_0 = \frac{P_{r0}}{P_{rsk0}} \cdot 100 = \frac{0.013}{1} \cdot 100 = 1{,}3\% \qquad (4.76)$$

Výpočet využití η pracoviště 09421 pro operaci číslo 4:

P_{th4}= 0,099 $$\eta_4 = \frac{P_{r4}}{P_{rsk4}} \cdot 100 = \frac{0.106}{1} \cdot 100 = 10{,}6\% \qquad (4.77)$$



Obr. 23 Využití strojních a ručních pracovišť (Var. B).

Z grafu (obr. 23) je patrné, že nejvyšší procentuelní využití je na pracovišti u operace č. 1. Vytížení stroje OPTIMAT A36 značně ovlivňuje efektivitu a míru využití u ostatních pracovišť. Zejména má vliv na nižší sériovost výroby. Pro navýšení počtu vyrobených součástí a tím vyšší vytížení pracovišť 3, 4, 6, je vhodné zavést dvousměnný provoz na stanovišti č. 1. Další variantou pro zvýšení produkce je provoz pracoviště v sobotu, např. při zkrácené pracovní době 6h. V úvahu lze vzít i koupi dalšího soustružnického automatu, ovšem vzhledem k investici do stroje MCV 1016 je tato varianta nereálná. Seznam inovovaného strojního vybavení je k dispozici v příloze 7.

4.3.2 Výpočet pracovníků

4.3.2.1 Výpočet strojních dělníků

Potřebný počet strojních dělníků pro operaci č. 1:

N = 5 000 ks
E_s = 1887 hod/rok
s_s = 1
k_{pns} = 1,2
t_{k1} = 25,9 min

$$D_{VST1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot k_{pns}} = \frac{25{,}9 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1{,}2} = 0{,}953 \qquad (4.78)$$

Pro obsluhu stroje u operace č. 1 bude zapotřebí 1 dělník.

Potřebný počet strojních dělníků pro operaci č. 3:

N = 5 000 ks
E_s = 1887 hod/rok
s_s = 1
k_{pns} = 1,2
t_{k3} = 6,4 min

$$D_{VST3} = \frac{t_{k3} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot k_{pns}} = \frac{6{,}4 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1{,}2} = 0{,}235 \qquad (4.79)$$

Pro obsluhu stroje u operace č. 3 bude zapotřebí 1 dělník.

Potřebný počet strojních dělníků pro operaci č. 6:

N = 5 000 ks
E_s = 1887 hod/rok
s_s = 1
k_{pns} = 1,2
t_{k6} = 10,2 min

$$D_{VST6} = \frac{t_{k6} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot k_{pns}} = \frac{10{,}2 \cdot 5000}{60 \cdot 1887 \cdot 1{,}2} = 0{,}375 \qquad (4.80)$$

Pro obsluhu stroje u operace č. 6 bude zapotřebí 1 dělník.

Celkový počet strojních dělníků:

$$D_{VST} = \sum_{i=1}^{n} D_{VSTi} = 1+1+1 = 3 \text{ dělníci} \qquad (4.81)$$

Obsluhu strojů zajistí 3 dělníci.

Evidenční počet strojních dělníků:

D_{VST1}= 1
D_{VST3}= 1
D_{VST6}= 1
E_s = 1887 hod/rok
E_d= 1768 hod/rok

$$D_{eVST} = \sum_{i=1}^{n} D_{VSi} \cdot \frac{E_S}{E_d} = 3 \cdot \frac{1887}{1768} = 3{,}202 \cong 4 \qquad (4.81)$$

4.3.2.2 Výpočet ručních dělníků

Potřebný počet ručních dělníků pro operaci č. 0:

N = 5 000 ks
E_r = 2008 hod/rok
s_r= 1
k_{pnr}= 1,25
t_{k0}= 0,4 min

$$D_{VR0} = \frac{t_{k0} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot k_{pnr}} = \frac{0{,}4 \cdot 5000}{60 \cdot 2008 \cdot 1{,}25} = 0{,}013 \qquad (4.82)$$

Pro obsluhu ručního pracoviště u operace č. 0 bude zapotřebí 1 dělník.

Potřebný počet ručních dělníků pro operaci č. 4:

N = 5 000 ks
E_r = 1887 hod/rok
s_r = 1
k_{pnr} = 1,2
t_{k4} = 3,2 min

$$D_{VR4} = \frac{t_{k4} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot k_{pnr}} = \frac{3{,}2 \cdot 5000}{60 \cdot 2008 \cdot 1{,}25} = 0{,}106 \qquad (4.83)$$

Pro obsluhu stroje u operace č. 4 bude zapotřebí 1 dělník.

Celkový počet ručních dělníků:

$$D_{VR} = \sum_{i=1}^{n} D_{VRi} = 1 + 1 = 2 \text{ dělníci} \qquad (4.84)$$

Obsluhu ručních pracovišť zajistí 2 dělníci.

Evidenční počet ručních dělníků:

D_{VR0} = 1
D_{VR4} = 1
E_r = 2008 hod/rok
E_d = 1768 hod/rok

$$D_{eVR} = \sum_{i=1}^{n} D_{VRi} \cdot \frac{E_r}{E_d} = 2 \cdot \frac{2008}{1768} = 2{,}27 \cong 3 \qquad (4.85)$$

Celkový počet výrobních dělníků:

$$D_V = D_{eVST} + D_{eVR} = 4 + 3 = 7 \text{ dělníků} \qquad (4.86)$$

Evidenční počet výrobních dělníků:

D_{eVST} = 4
D_{eVR} = 3
D_{eP} = 4

$$D_{eVC} = D_{eVST} + D_{eVR} + D_{eP} = 4 + 3 + 4 = 11 \text{ dělníků} \qquad (4.87)$$

4.3.2.3 Výpočet pomocných dělníků a obslužného personálu

Počet pomocných dělníků:

$$D_P = 0{,}35 \cdot D_V = 0{,}35 \cdot 7 = 2{,}45 \cong 3 \text{ dělníci} \qquad (4.88)$$

Evidenční počet pomocných dělníků:

$$D_{eP} = 1{,}1 \cdot D_P = 1{,}1 \cdot 3 = 3{,}3 \cong 4 \text{ dělníci} \quad (4.89)$$

Počet pomocného personálu:

$$D_{POP} = 0{,}02 \cdot D_{eVC} = 0{,}02 \cdot 11 = 0{,}22 \cong 1 \text{ pracovník} \quad (4.90)$$

Výpočet pracovníků kontroly:

$$D_K = 0{,}06 \cdot D_{VST} = 0{,}06.3 = 0{,}18 \cong 1 \text{ pracovník} \quad (4.91)$$

4.3.2.4 Celkový počet pracovníků útvaru:

$$P_C = D_{eVC} + ITA + D_{ePOP} + D_K = 11 + 0 + 1 + 1 = 13 \text{ pracovníků} \quad (4.92)$$

Z kapacitního výpočtu varianty B plyne, že pro zajištění chodu firmy je teoretický optimální počet 13 zaměstnanců. 7 dělníků ve výrobě, 4 zaměstnanci v pozici pomocného personálu, 1 pracovník kontroly a uklízečka. Ovšem vzhledem k velikosti haly, charakteru výroby a nízkému vytížení strojních i ručních pracovišť není zapotřebí 13 zaměstnanců.

Ze zkušeností ve výrobě je reálný potřebný počet nižší. Pro chod firmy postačí 6 zaměstnanců. Majitel firmy obsluhující OPTIMAT A36, 1 dělník obsluhující MCV 1016, dále dva dělníci obsluhující stroje BPH 20 a BHU 25. Dva zaměstnanci pracující střídavě ve skladu, na pracovišti kontroly a na ručním pracovišti. Úklid haly provádí 1 zaměstnanec. Ostatní pracoviště budou obsluhovány operativně, dle potřeby.

V případě, že by bylo méně zakázek nebo si majitel firmy rozvrhnul práci tak, aby zvládl obsluhu obou automatů, je možnost snížit počet zaměstnanců na 5. Při vyšším vytížení strojů je vhodné využít odborné brigádnické výpomoci na obsluhu jednoho z automatů.

4.3.3 Výpočet ploch

4.3.3.1 Výpočet výrobních ploch

Výpočet plochy výrobních strojních pracovišť:

Délka$_1$ = 2,15 m
Šířka$_1$ = 1,15 m $\quad f_{s1} = (2{,}15+1{,}2) \cdot (1{,}15+1{,}8) = 9{,}88 \cong 10 \text{ m}^2$ (4.93)

Délka$_3$ = 3,08 m
Šířka$_3$ = 2,70 m $\quad f_{s3} = (3{,}08+1{,}2) \cdot (2{,}70+1{,}8) = 19{,}26 \cong 20 \text{ m}^2$ (4.94)

Délka$_6$ = 2,85 m
Šířka$_6$ = 1,6 m $\quad f_{s6} = (2{,}85+1{,}2) \cdot (1{,}6+1{,}8) = 13{,}77 \cong 14 \text{ m}^2$ (4.95)

Celková plocha výrobního strojního pracoviště:

$$F_S = \sum_{i=1}^{n} f_{Si} \cdot P_{ski} = 10 \cdot 1 + 20 \cdot 1 + 14 \cdot 1 = 44\text{m}^2 \quad (4.96)$$

Výpočet ploch dalších strojních pracovišť:

Bruska BPH 20

Délka = 2,46 m

Šířka = 1,35 m $f_{sBPH} = (2{,}46+1{,}2) \cdot (1{,}35+1{,}8) = 11{,}53 \cong 12\ \text{m}^2$ (4.97)

Bruska BNNK 32A

Délka = 0,6 m

Šířka = 0,4 m $f_{sBNNK} = (0{,}6+1{,}2) \cdot (0{,}4+1{,}8) = 3{,}96 \cong 4\ \text{m}^2$ (4.98)

Pila STG 260 DG

Délka = 1,93 m

Šířka = 1,1 m $f_{sSTG} = (1{,}93+1{,}2) \cdot (1{,}1+1{,}8) = 9{,}07 \cong 10\ \text{m}^2$ (4.99)

Celková plocha dalšího strojního pracoviště:

$$F_d = F_{sBPH} + F_{sBNNK} + F_{sSTG} = 12 + 4 + 10 = 26\text{m}^2 \quad (4.100)$$

Výpočet celkové plochy strojního pracoviště haly:

$$F_C = F_S + F_d = 44 + 26 = 70\text{m}^2 \quad (4.101)$$

Výpočet plochy pro ruční pracoviště:

$f_{r0} = 5\ \text{m}^2$

$f_{r4} = 5\ \text{m}^2$ $F_R = \sum_{i=1}^{n} f_{ri} \cdot P_{rski} = 5.1 + 5.1 = 10\text{m}^2$ (4.102)

Výpočet celkové výrobní plochy:

$F_S = 44\ \text{m}^2$

$F_R = 10\ \text{m}^2$ $F_V = F_R + F_S = 10 + 44 = 54\text{m}^2$ (4.103)

Celková pracovní plocha haly:

$$F_{hC} = F_R + F_S + F_d = 10 + 44 + 26 = 80\text{m}^2 \quad (4.104)$$

4.3.3.2 Výpočet pomocné podlahové plochy

$F_{hC} = 80\ \text{m}^2$ $F_P = 0{,}5 \cdot F_{hC} = 0{,}5 \cdot 80 = 40\text{m}^2$ (4.105)

Z celkové pomocné plochy stanovíme její jednotlivé složky:

Plocha pro hospodaření s nářadím: $F_{Phn} = 0{,}15 \cdot F_P = 0{,}15 \cdot 40 \cong 6\text{m}^2$ (4.106)

Plocha údržby: $F_{Pú} = 0{,}15 \cdot F_P = 0{,}15 \cdot 40 \cong 6\text{m}^2$ (4.107)

Plocha skladů: $F_{Pskl} = 0{,}29 \cdot F_P = 0{,}29 \cdot 40 \cong 12\text{m}^2$ (4.108)

Plocha dopravních cest: $F_{Pdc} = 0{,}33 \cdot F_\text{P} = 0{,}33 \cdot 40 \cong 12\text{m}^2$ (4.109)

Kontrolní plocha: $F_{Pk} = 0{,}08 \cdot F_P = 0{,}08 \cdot 40 \cong 4\text{m}^2$ (4.110)

Plocha podlahových cest:

$F_{Pk} = 4\ \text{m}^2$

$F_{Pskl} = 12\ \text{m}^2$

$F_{Phn} = 6\ \text{m}^2$

$F_{Pú} = 6\ \text{m}^2$

$$F_{pdc} = 0{,}33 \cdot (F_{phn} + F_{pú} + F_{pskl} + F_{pk}) = 0{,}33 \cdot (6+6+12+4) = 9\text{m}^2 \quad (4.111)$$

Dále provedeme přepočet celkové hodnoty pomocných ploch.

$FP_{skl} = 12\ \text{m}^2$

$F_{Phn} = 6\text{m}^2$

$F_{Pú} = 6\ \text{m}^2$

$F_{Pdc} = 12\ \text{m}^2$

$F_{Pk} = 4\ \text{m}^2$

$$F_P = F_{Phn} + F_{Pú} + F_{Pskl} + F_{Pdc} + F_{Pk} = 6+6+12+4+9 = 37\text{m}^2 \quad (4.112)$$

4.3.3.3 Výpočet provozní podlahové plochy

$F_P = 37\ \text{m}^2$

$F_{hC} = 80\ \text{m}^2$

$$F_{Pr} = F_{hC} + F_P = 80 + 37 = 117\text{m}^2 \quad (4.113)$$

4.3.3.4 Sociální plochy

Plocha šaten:

$D_{eVC} = 11$

$D_{ePOP} = 1$

$$F_{šat} = 0{,}8 \cdot (D_{eVC} + D_{ePOP}) = 0{,}8 \cdot (11+1) \cong 10\text{m}^2 \quad (4.114)$$

Plocha umýváren:

$D_{eVC} = 11$

$D_{ePOP} = 1$

$$F_{um} = 0{,}35 \cdot \frac{(D_{eVC} + D_{ePOP})}{S_m} = 0{,}35 . \frac{(11+1)}{2} = 2{,}1 \cong 3\text{m}^2 \quad (4.115)$$

Plocha WC:

$P_C = 12$

$$F_{WC} = \frac{2 \cdot P_c}{15} = \frac{2 \cdot 15}{15} = 1{,}6 \cong 2\text{m}^2 \quad (4.116)$$

1 WC odpovídá 3 m^2, celkový počet WC 1 ks.

Plocha sociální:

$F_{šat} = 10\ m^2$

$F_{um} = 3\ m^2$

$F_{WC} = 2\ m^2$

$$F_{soc} = 1{,}3 \cdot (F_{šat} + F_{um} + F_{WC}) = 1{,}3.(10 + 3 + 2) = 19{,}5 \cong 20 m^2 \quad (4.117)$$

4.3.3.5 Plocha útvaru

$F_{soc} = 23\ m^2$

$F_{spr} = 14\ m^2$

$F_{Pr} = 117\ m^2$

$$F_{útv} = F_{Pr} + F_{spr} + F_{soc} = 117 + 14 + 20 = 151 m^2 \quad (4.118)$$

4.3.4 Srovnání variant A a B s reálným stavem

Návrh nového uspořádání haly je realizován na základě kapacitního propočtu varianty B, proto bylo vhodné ji srovnat s kapacitním propočtem stávajícího stavu (varianta A).

Vzhledem k inovativnímu přístupu firmy v rámci modernizace strojního vybavení je koupě obráběcího centra MCV 1016 tím správným krokem. Ve srovnání s konvenčními stoji SV16 RA a FV 20, nabízí širší využití v oblasti kusové i sériové výroby. Umožňuje výrobu tvarově složitějších součástí, dále není nutné přecházet mezi stoji a vícekrát upínat součást, čímž se zvyšuje přesnost výroby a snižuje zmetkovitost. Varianta B zvyšuje využití jednotlivých pracovišť a značně snižuje čas na výrobu 1 součásti (přibližně o 11 min.). U malých firem je čas prodlevy mezi operacemi důležitý faktor, který je potřeba minimalizovat. Zvýšením celkové produktivity pracovišť (výroby) bude možné vyrábět součásti ve větších sériích, tím se zvýší i vytížení skladu a využití skladových ploch. Souhrnná tabulka strojního vybavení variant A a B je v příloze 7.

Z pohledu zaměstnanců se jedná pouze o teoretický výpočet, kdy dojde u varianty B k úspoře výrobních a pomocných dělníků vůči variantě A. Ovšem v reálném případě postačí pro chod firmy 6 zaměstnanců. Souhrnná tabulka zaměstnanců variant A a B je v příloze 8.

K zásadní úspoře dojde v rámci ploch. Reálné situování (strojní a ruční pracoviště, sklad, sociální zařízení aj.) značně převyšuje vypočtenou minimální potřebnou plochu, ve srovnání s variantou A a B. Také bude potřeba pouze jedno ruční pracoviště. Vzniklá volná plocha u obou variant nabízí možnost dalšího rozšíření strojního vybavení. Souhrnná tabulka ploch variant A, B a reálného stavu je v příloze 9.

5 NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ HALY

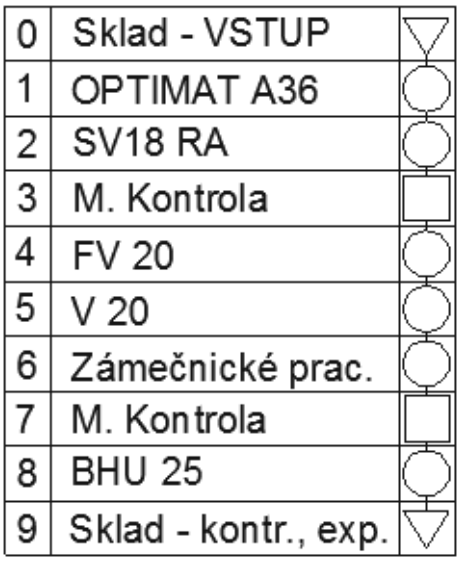
5.1 Varianta A

Návrh varianty A je vypracován v rámci porovnání optimálního rozmístění stávajícího strojního vybavení haly s návrhem rozmístění haly zahrnující inovovaný strojní park, tj. varianta B1 a B2. Grafické řešení varianty A je v příloze 3.

Pro výsledné uspořádání jednotlivých pracovišť bylo použito schéma volného uspořádání pracovišť. Stávající rozmístění pracovišť je pouze dočasné a optimalizace pracovišť nebude realizována. Strojní vybavení varianty A je v příloze 7 (viz. tab. 1).

Postupový graf

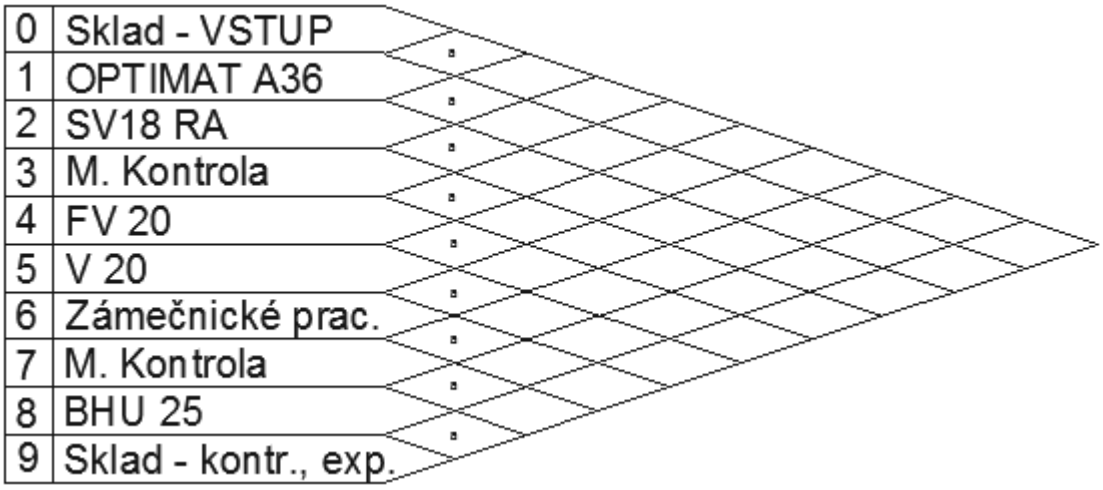
Posloupnost jednotlivých výrobních operací typické výroby součásti je v souladu s průchodem technologickými pracovišti (viz. Obr. 24). Označení 0-9 odpovídá číslu operace dle technologického postupu výroby šoupátka.



Obr. 24 Blokové schéma výroby (Varianta A).

Trojúhelníková tabulka vazeb

Tuto metodu využijeme k identifikaci vazeb mezi pracovišti. Obr. 25 zachycuje vazby mezi technologickými pracovišti v hale. Pořadová čísla 0-9 označují číslo operace dle technologického postupu výroby šoupátka.



Obr. 25 Trojúhelníková tabulka vazeb (varianta A)

Z uvedeného případu je patrné, že návaznost je mezi pracovišti stejně silná. Zvolená součást prochází postupně všemi pracovišti, tudíž vhodné rozmístění pracovišť v hale je 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Grafické řešení - varianta A

V případě varianty A došlo k určitým změnám oproti variantě Reál (viz. kapitola 3.9). V první řadě jde o minimalizaci vzdáleností mezi jednotlivými pracovišti v dílně ve snaze o snížení výrobních nákladů v souladu s předpokládaným materiálovým tokem. Návrh zahrnuje přesun ručního pracoviště včetně strojů 6, 8 a 9, aby vznikl volný prostor pro vhodné rozmístění strojů, což by mělo za následek úsporu místa v dílně s možností rozšíření strojního parku o 1 další stroj střední velikosti. Návrh grafického řešení je podložen kapacitním propočtem (viz. kapitola 4.2). Na základě propočtu dochází drobným změnám i ve skladových prostorách. Zejména se jedná o redukci potřebné velikosti kontroly. Z hlediska bezpečnosti práce je vhodná úprava polohy regálu a pásové pily. Celkově dojde k úspoře plochy ve skladu a lepší manévrovatelnosti s materiálem. Grafické řešení je k dispozici v příloze 3.

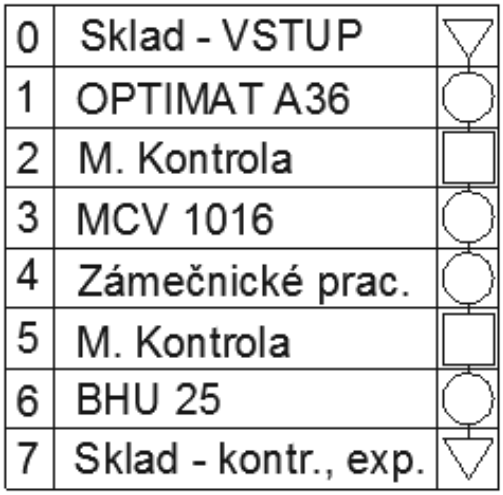
5.2 Varianta B

Varianta B (B1, B2) je vypracována v rámci nového uspořádání haly. Jedná se o návrh optimálního rozmístění inovovaného strojního vybavení dílny a skladových prostor. Při návrhu se vychází ze stávajícího (reálného) rozmístění haly zahrnující strojní vybavení (viz. příloha 7, tab. 2). Vzhledem k tomu, že stávající rozmístění pracovišť je pouze

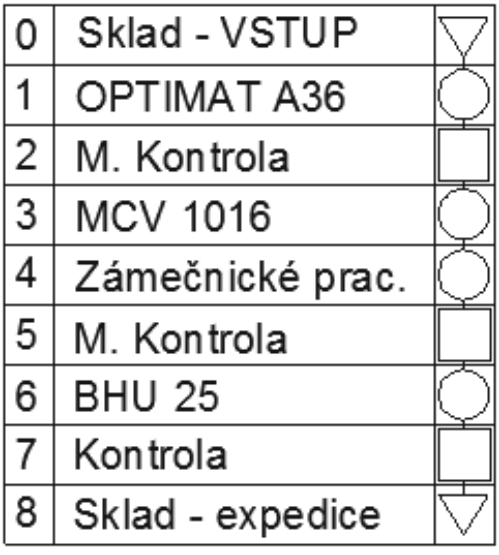
dočasné, je nutné v rámci modernizace firmy navrhnout 2 grafická řešení. Zvolená varianta bude realizována v 11. měsíci roku 2014.

Postupový graf B

Obdobně jako u varianty A i v případě varianty B1 (obr. 26) a varianty B2 (obr. 27) je posloupnost jednotlivých výrobních operací typické výroby součásti v souladu s průchodem technologickými pracovišti.



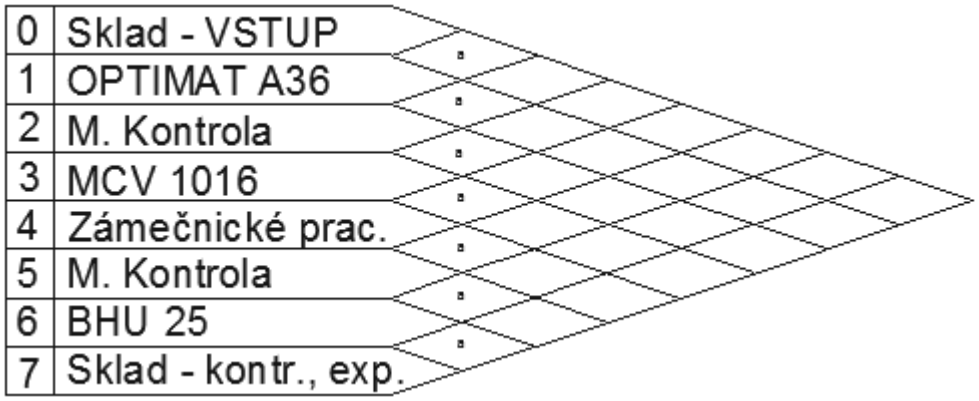
Obr. 26 Postupový graf výroby (Varianta B1).



Obr. 27 Postupový graf výroby (Varianta B2).

Trojúhelníková tabulka vazeb B1

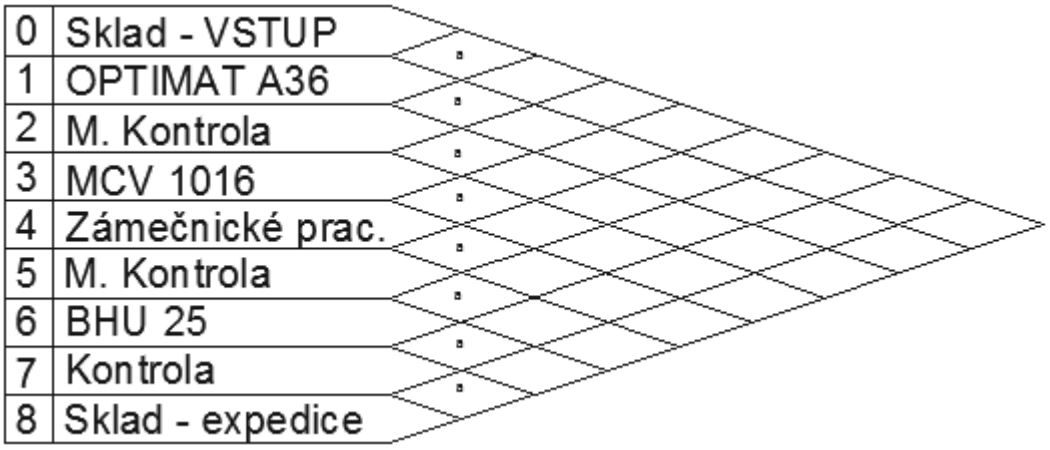
Identifikuje vazby mezi jednotlivými pracovišti. Obrázek 28 zachycuje vazby mezi technologickými pracovišti v hale.



Obr. 28 Trojúhelníková tabulka vazeb (varianta B1)

U varianty B1 je návaznost mezi pracovišti stejně silná jako v případě varianty A. Zvolená součást také prochází postupně všemi pracovišti, tudíž vhodné rozmístění pracovišť v hale je 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Trojúhelníková tabulka vazeb B2



Obr. 29 Trojúhelníková tabulka vazeb (varianta B2)

U varianty B2 (obr. 29) je návaznost mezi pracovišti stejně silná jako v případě varianty A a B1. Vhodné rozmístění pracovišť v hale je 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

5.2.1 Varianta B1

Pro uspořádání jednotlivých pracovišť u varianty B1 je použito schéma kombinace předmětného a volného uspořádání pracovišť (viz. kapitola 2.6). Strojní vybavení varianty B1 (B) je v příloze 7 (tab. 1).

Tato varianta uvažuje s minimalizací výrobních nákladů a výrobních ploch. Rozmístění strojů a ručního pracoviště je navrhnuto v souladu s firemními cíli a vizí majitele pana Bližňáka. Tedy ve snaze o budoucí rozvoj firmy spojený s modernizací a postupným

rozšiřováním strojního parku. Stroje jsou rozmístěny na základě technologického postupu výroby šoupátka, ale zároveň odpovídá i sledu operací výroby u většiny vyráběných součástí. Z toho plyne, že vytížení strojního vybavení je podstatně vyšší, než uvádí kapacitní propočet varianty B (viz. kapitola 4.3.1.1).

V dílně se nachází ruční pracoviště, 4 strojní pracoviště, portálový jeřáb a 3 další stroje. Prodejem frézky a soustruhu ve spojení s koupí obráběcího centra a minimalizací výrobních ploch, dojde k významné úspoře plochy dílny o 17,5 m^2. Ušetřený prostor dílny nabízí rozšíření strojního parku o 2-3 menší až středně velké stroje. Vzhledem k požadavku majitele firmy, aby byl zachován oddělený prostor dílny a skladu, není optimalizace zcela ideální. Zejména se jedná o dopravní vzdálenost mezi stroji 1, 2 a skladovými prostory. Tato skutečnost ovšem není z pohledu velikosti haly a rychlé dostupnosti pracovišť podstatná, jelikož dopravu materiálu ke strojům a naopak, zajišťuje skladník. Rozvržení vybavení skladových prostor jsou stejná jako u varianty A (viz. kapitola 5.1). Výhodou varianty B1 je zkrácení manipulačních drah mezi pracovišti, zkrácení průběžné doby výroby a zkrácení mezioperačních času a nákladů na manipulaci. Naopak snížením objemu výroby poklesne využití strojů. Grafické řešení varianty B1 je k dispozici v příloze 5.

5.2.2 Varianta B2

Pro uspořádání jednotlivých pracovišť u varianty B2 je použito schéma kombinovaného, tj. technologického, předmětného a volného uspořádání pracovišť (viz. kapitola 2.6), obdobně jako u varianty B1. Strojní vybavení varianty B2 (B) je v příloze 7 (tab. 2).

Stejně jako varianta B1 i varianta B2 uvažuje s minimalizací výrobních nákladů a výrobních ploch. Rozmístění strojů a ručního pracoviště je rovněž navrhnuto v souladu s technologickým postupem výroby šoupátka. Sortiment vyráběných součástí je značně různorodý a není možné určit jednotný směr materiálového toku, vychází se tedy ze zkušeností majitele firmy z minulých let. V malosériové a kusové výrobě je vhodné rozmisťovat pracoviště na základě předpokládaného materiálového toku. Vzhledem k velikosti dílny a počtu strojů jej není složité odhadnout. Varianta B2 vznikla také ve snaze o modernizaci a budoucí rozvoj firmy spojený s postupným rozšiřováním strojního parku. Návrh varianty je podložen kapacitním propočtem B (viz. kapitola 4.3.1.1), ovšem vytížení strojního vybavení je v reálu na základě charakteru výroby podstatně vyšší, než uvádí propočet.

Ve výrobní dílně se nachází 1 ruční pracoviště, 4 strojní pracoviště, portálový jeřáb a oproti variantě B1 i pracoviště kontroly. Tato změna má za následek lepší dostupnost kontroly, značné zkrácení manipulačních drah mezi pracovišti a kontrolou, tím dojde k úspoře času, která se projeví v nákladech za roční období. Přemístěním kontroly dojde také k významné úspoře plochy skladu, která je vhodná z hlediska lepší manévrovatelnosti s materiálem ve skladě a bezpečnosti práce. Z téhož důvodu je vhodná úprava polohy konzolového regálu a pásové pily, stejně jako u varianty A a B1. Ušetřená plocha skladu také nabízí větší přehled v oblasti skladových zásob, lepší orientace hotových výrobků a polotovarů do výroby a na expedici. Rozmístění pracovišť v dílně nabízí úsporu plochy 18,5 m^2. Ušetřený prostor dílny je více homogenní než u varianty B1 a nabízí rovněž rozšíření strojního parku o další 3 středně velké, nebo 2 velké stroje. Vzhledem k zachování odděleného prostoru dílny a skladu, není opět optimalizace zcela ideální. Jedná se o dopravní vzdálenost mezi stroji 1, 2 a skladovými prostory. Dopravu materiálu ke strojům a naopak, zajišťuje skladník. Výhodou varianty B2 je vyšší využití strojních pracovišť, zkrácení manipulačních drah mezi pracovišti, zkrácení průběžné doby výroby a snížení nákladů na manipulaci s materiálem. Snížením objemu výroby poklesne využití strojů, jako u varianty B1. Grafické řešení varianty B2 je k dispozici v příloze 6.

Sankeyův diagram

Vzhledem k různorodému materiálovému toku většiny vyráběných součástí ve firmě, není zcela vhodné sestavit Sankeyův diagram pro celkovou výrobu. Tato metoda určení materiálového toku se praktikuje zejména v automatizované nebo poloautomatizované sériové (hromadné) výrobě, kde se nachází konstantní materiálový tok. V tomto případě bude Sankeyův diagram (viz. příloha 10). vytvořen pouze pro výrobu součásti „šoupátko“ (viz. příloha 4) u varianty B2. Červená barva znázorňuje vstup do výroby, zelená výrobní proces, modrá značí výstup z výroby (expedici). Při výrobě vzniká kovový odpad v podobě třísek, který není v diagramu zakreslen, jelikož se sváží z jednotlivých pracovišť až na konci každé směny do určené palety pro kovový odpad.

6 TECHNICKO - EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Technické hodnocení návrhů B1 a B2 realizujeme pomocí kapitoly 6.1 volba vhodné varianty. Kapitola zahrnuje technické hodnocení návrhu, na základě kterého zvolíme výhodnější variantu. Následovat bude ekonomické hodnocení zvolené varianty z pohledu nákladů na realizaci dané varianty.

6.1 Volba vhodné varianty

Výběr nejvhodnější varianty (B1, B2) bude proveden pomocí multikriteriálního hodnocení. Toto hodnocení se provede tak, že budou určena hodnotící kritéria a k nim následně stupně důležitosti neboli váhy kritéria s hodnotou 1÷5. Následně se hodnotí jednotlivé varianty body 1÷5 dle toho, jak jednotlivá varianta splňuje dané kriterium. Varianta, která získá nejvíce bodů, bude vybrána za nejvýhodnější.

Volba kriterií multikriteriálního hodnocení

Aby bylo možno ohodnotit zvolené varianty co nejlépe, budou zvolena kritéria charakterizující situaci posuzované firmy. Všechna 4 kritéria hodnocení jsou technického charakteru, proto jej lze považovat za technické hodnocení návrhu. Uvedená kritéria jsou v tabulce 6.1. Každé kritérium má přiřazené váhové hodnocení.

Tabulka 6.1 Návrh kriterií pro hodnocení optimální varianty.

Kritérium	Váhové hodnocení	Popis kritéria
Rozmístění pracovišť	5	Ideální rozmístění strojů vede k dobrému materiálovému toku.
Manipulace s materiálem	4	Dostatek prostoru k bezproblémové manipulaci.
Bezpečnost práce	5	Důležité kritérium ve všech oblastech technologického projektování.
Možnost rozšíření	4	Možnost rozšíření strojního vybavení v budoucích letech.

V tabulkách 6.2 (var. B1) a 6.3 (var. B2) jsou pro každou navrhovanou variantu posouzena plnění daných kritérií.

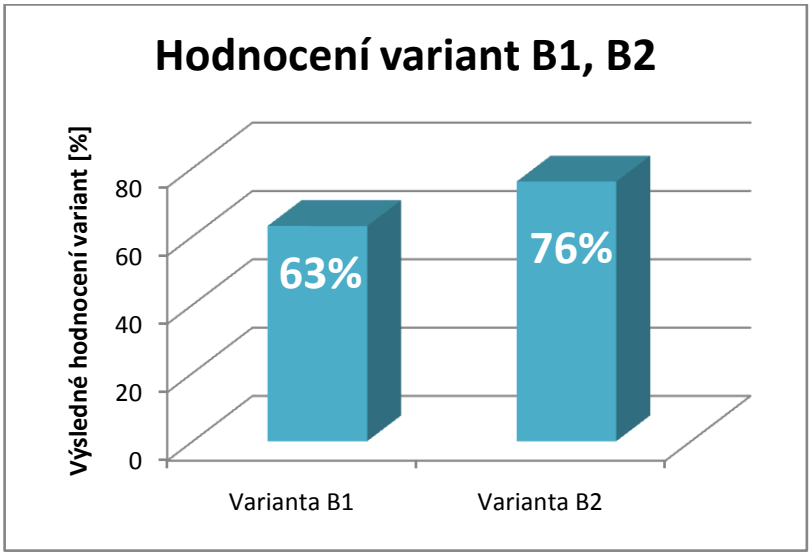
Tabulka 6.2 Bodové hodnocení varianty B1.

Kritérium	Váhové hodnocení	Plnění kritéria	Celkové hodnocení
Rozmístění pracovišť	5	3	15 bodů
Manipulace s mat.	4	3	12 bodů
Bezpečnost práce	5	4	20 bodů
Možnost rozšíření	4	4	16 bodů
Celkem	63 bodů / 100 bodů max.		
Procentuelní vyjádření	63%		

Tabulka 6.3 Bodové hodnocení varianty B2.

Kritérium	Váhové hodnocení	Plnění kritéria	Celkové hodnocení
Rozmístění pracovišť	5	4	20 bodů
Manipulace s mat.	4	4	16 bodů
Bezpečnost práce	5	4	20 bodů
Možnost rozšíření	4	5	20 bodů
Celkem	76 bodů / 100 bodů max.		
Procentuelní vyjádření	76%		

Pro nejvyšší hodnocení z uvedených variant byla vybrána varianta B2 s celkovým počtem 76 bodů. Varianta byla na základě uvedených skutečností odsouhlasena majitelem firmy. Procentuelní vyjádření hodnocení variant B1 a B2 je znázorněno v graficky na obr. 30.



Obr 30 Celkové hodnocení variant B1 a B2

6.2 Náklady na realizaci návrhu

Náklady na realizaci souvisí především s přesunem strojního vybavení ve výrobní hale dle návrhu rozmístění pracovišť varianty B2 (viz. příloha 6). Zejména se jedná o přesun 3 strojů OPTIMAT A36, BHU 25, BPH 20 a převoz stroje MCV 1016 QUICK do haly z Ořechova u Brna. Demontáž a převoz strojů SV18 RA a FV 20 hradí kupující. I když se v hale nachází rozvod elektrické energie a vzduchotechnika, budou muset být tyto sítě mírně přizpůsobeny pro připojení strojů. Úprava polohy dalšího strojního vybavení tj. BNNK 32A, V20, STG 260 DG, B 175, včetně přesunu pracoviště kontroly ze skladu do dílny a posunu regálu ve skladě, bude realizována pracovníky firmy za použití dostupné manipulační techniky, kterou firma disponuje. Z důvodu vysoké hmotnosti výše uvedených 3 strojů a převozu obráběcího centra, bude muset být najata externí specializovaná firma.

Náklady na realizaci se budou skládat z následujících položek:

a) externí firma, která provede přesun 3 strojů a převoz 1 stoje,

b) revize strojů,

c) projekt elektroinstalace a vzduchotechniky,

d) kabely pro elektroinstalaci,

e) vzduchotechnika,

f) náklady na vlastní pracovníky.

Vyjádření jednotlivých nákladových položek

a) Ze zkušenosti nákladů na přesun v roce 2011 je stanovena částka 25 000 Kč /stroj.

P_s = 3 stroje

N_{ks1} = 25 000 Kč

$$N_{ex1} = P_s \cdot N_{ks1} = 3 \cdot 25000 = 75000\text{Kč} \quad (6.1)$$

kde: N_{ex1}… náklady 1 na externí firmu [Kč],

P_s … počet přepravovaných strojů externí firmou [ks],

N_{ks1} … náklady spojené s přesunem jednoho tohoto stroje [Kč].

Převoz stroje MCV 1016 QUICK do Velkého Meziříčí s umístěním do haly externí firmou.

P_s = 1 stroj

N_{s1} = 35 000 Kč

$$N_{ex2} = P_s \cdot N_{ks1} = 1 \cdot 35000 = 35000\text{Kč} \quad (6.2)$$

kde: N_{ex2}… náklady 2 na externí firmu [Kč],

P_s … počet přepravovaných strojů externí firmou [ks],

N_{ks1} … náklady spojené s přesunem jednoho stroje [Kč].

$$N_{ex} = N_{ex1} + N_{ex2} = 75000 + 35000 = 110000\text{Kč} \quad (6.3)$$

kde: N_{ex}… celkové náklady na externí firmu [Kč],

b) Pro každý přesunutý stroj je nutné provést revizi. Cena revize činí 1200 Kč/stroj.

Psr = 6 strojů

N_{sr1} = 1 500 Kč

$$N_{sr} = P_{sr} \cdot N_{sr1} = 6 \cdot 1500 = 9000\text{Kč} \quad (6.4)$$

kde: N_{sr}… náklady na revizi strojů [Kč],

P_{sr} … počet strojů k revizi [ks],

N_{sr1} … revizní náklady na jeden stroj [Kč].

c) Na základě zkušenosti majitele firmy je projekt elektroinstalace a vzduchotechniky odhadnut na 30 000 Kč. Jedná se o vzduchotechniku přivedenou k bruskám BPH 20, BHU 25 a BNNK 32A a úpravu rozvodu elektroinstalace k jednotlivým strojům, je-li potřeba.

$$N_{ev} = 30000\text{Kč}$$

d) Náklady na kabeláž elektroinstalace jsou odhadnuty na 6 000 Kč.

$$N_k = 6000\text{Kč}$$

e) Náklady na vzduchotechniku jsou odhadnuty na 20 000 Kč.

$$N_{vz} = 20000\text{Kč}$$

f) Ze zkušeností s přesunem strojů v roce 2011 se očekává, že tuto práci bude vykonávat 6 pracovníků firmy po dobu 10-ti pracovních dnů, což je 80 pracovních hodin.

D = 6 pracovníků

E_D = 80 hod

S_h = 250 Kč /hod

$$N_D = D \cdot E_D \cdot S_h = 6 \cdot 80 \cdot 250 = 120000\text{Kč} \tag{6.5}$$

kde: N_D … náklady na pracovníky [Kč],

D … počet pracovníků,

E_D … počet pracovních hodin na přesun strojů [hod],

S_h … hodinová sazba pracovníka [Kč/hod].

Celkové náklady na realizaci návrhu B2

$$N_C = N_{ex} + N_s + N_{sv} + N_k + N_{vz} + N_D \tag{6.6}$$

$$N_C = 110000 + 9000 + 30000 + 6000 + 20000 + 120000 = 295000\text{Kč}$$

Z výše uvedeného výpočtů vyplývá, že náklady na realizaci varianty B2 činí 295 000 Kč. Dobu návratnosti investice nelze jednoznačně určit. Dá se však předpokládat, že doba návratnosti bude kratší než 3 roky, neboť se očekává navyšování objemu výroby, s čímž souvisí potenciální vyšší zisk. Údaje související se ziskem firmy, si však firma nepřála zveřejnit, proto je doba návratnosti pouze odhadnuta na základě dosavadní výroby.

Dále koupí obráběcího centra firma získá možnost výroby tvarově složitějších součástí, s čímž souvisí i rozšíření výrobního programu.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout optimální uspořádání technologických pracovišť ve firmě Petr Bližňák – Kovovýroba. Bylo nutné seznámit se s firmou, konkretizovat a ujasnit si její vize a cíle do budoucích let a v souladu s nimi postupovat při vypracování návrhu. Po analýze a kapacitním propočtu bylo možné zpracovat vhodné varianty řešení a předložit je majiteli firmy panu Bližňákovi.

Úvodní analýza stávajících tržních možností zaměřená na vnější a vnitřní okolí firmy odhalila rizika spojená s odběrateli, jelikož se firma zaměřuje z větší části na jednoho odběratele. Dále dochází k hrozbám v sociální oblasti díky snižující se životní úrovni obyvatelstva a nedostatku kvalifikovaných pracovních sil. Značné rezervy má firma také ve své propagaci a reklamě. Ze SWOT analýzy vyplývá, že by firma měla využít svých předností k minimalizaci hrozeb, tedy využít dlouholetých zkušeností v oboru k udržení vysoké kvality produkce a navazovat spolupráci s novými zákazníky. Silnou stránkou je i možnost rozšíření strojního parku v hale ve snaze majitele o rozvoj a modernizaci firmy.

Ve smyslu modernizace strojního vybavení dochází ke koupi obráběcího centra MCV 1016 a prodeje frézky FV 20 a soustruhu SV18 RA. Zavedení CAD-CAM systému nabízí možnost výroby tvarově složitých součástí a tím rozšířit výrobní sortiment i objem výroby.

Kapacitní propočet realizovaný dle technologického postupu výroby šoupátka značí nízké využití jednotlivých technologických pracovišť u varianty B stejně jako v případě varianty A, tj. optimalizovaná varianta Reál, která slouží k porovnání produktivity stávajícího a inovovaného strojního vybavení. Varianta B snižuje výrobní čas součásti přibližně o 11 minut. Dochází zde k významné úspoře pracovní plochy o 12 m^2 oproti variantě A a o 18 m^2 oproti variantě Reál. Počet pracovníků firmy bude snížen na 6 ze stávajících sedmi.

V případě návrhu dvou variant dispozičního řešení na uspořádání technologických pracovišť ve výrobní hale s využitím optimalizačních metod je dle technického hodnocení výhodnější varianta B2 se 76%. Náklady na realizaci návrhu činí 295000 Kč.

Práce by měla sloužit firmě Petr Bližňák – Kovovýroba jako podklad při realizaci přemístění strojů a vybavení ve výrobní hale a také jako hlavní dokument uvádějící optimální uspořádání pracovišť s ohledem na minimalizaci manipulačních vzdáleností a snižování výrobních a provozních nákladů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

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

2. HLAVENKA, Bohumil. *Manipulace s materiálem: systémy a prostředky manipulace s materiálem*. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.

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

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

5. 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.

6. LENFELD, Petr. *Technologie II. – 2. část.* Liberec: TU v Liberci, 2006. 139s. ISBN 80-7372-037-X

7. JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby I. – 2. část.* Brno: VUT v Brně, 2006. 138s. ISBN 80-214-3134-2

8. SMETANA, Jiří. *Projektování technologických pracovišť: určeno pro posl. fak. strojní a elektrotechn.* 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990, 191, II s. ISBN 80-707-8033-9.

9. OVATEPOS, [online].[cit. 2014-04-06]. Dostupné z WWW:<http://www.ovatepos.cz>

10. ŠTRONER, Marek. *Technologické projektování: Značky pro postupové grafy* [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z WWW:<http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni.htm>

11. ČVANDA, Petr. *Technologický projekt výroby rotačních součástí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 82 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

12. *Bezpečnost a ochrana zdraví* [online]. 2014 [cit. 2014-04-08]. Dostupné na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bezpe%C4%8Dnost_a_ochrana_zdrav%C3%AD_p%C5%99i_pr%C3%A1ci>

13. NABÍDKA, [online].[cit. 2014-02-17]. Dostupné z WWW:<http://www.nabidka.cz/kovo/kovovyroba/zakazkova-kovovyroba-650>

14. CHLEBOVSKÝ, Vít. *Marketing pro B-2- B trhy*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2010. 103 s. ISBN: 978-80-214-4129- 3.

15. TEFOS, [online].[cit. 2014-05-01]. Dostupné z WWW:<http://www.tefos.cz>

16. MAREK, J.; SKŘEHOT, P. *Základy aplikované ergonomie – Bezpečný podnik.* 1. vyd. Praha, 2009. 118s. ISBN 978-80-86973-58-6

17. Sbírka zákonů ČR. *Podmínky ochrany zdraví při práci:* nařízení vlády č.361/2007 Sb. se změnami 68/2010 Sb. 2010. [cit. 2014-05-08]. Dostupné na WWW: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2007/sb111-07.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Popis
D	[-]	Počet pracovníků
D_{eP}	[-]	Evidenční počet výrobních dělníků v jedné směně
D_{ePOP}	[-]	Evidenční počet pomocného personálu v jedné směně
D_{eVC}	[-]	Evidenční počet pomocných dělníků ručních v jedné směně
D_{eVR}	[-]	Evidenční počet výrobních dělníků ručních v jedné směně
D_{eVST}	[-]	Evidenční počet výrobních strojních dělníků v jedné směně
D_K	[-]	Počet pracovníků kontroly v jedné směně
D_p	[-]	Počet pomocných dělníků v jedné směně
D_{POP}	[-]	Počet pomocného personálu v jedné směně
D_V	[-]	Celkový počet výrobních dělníků
D_{VR}	[-]	Počet výrob. dělníků ručních v jedné směně
D_{VST}	[-]	Počet výrob. strojních dělníků v jedné směně
E_d	[h/rok]	Efektivní časový fond dělníka
E_D	[hod]	Počet pracovních hodin na přesun strojů
E_r	[h/rok]	Efektivní časový fond ručního pracoviště
E_s	[h/rok]	Efektivní časový fond stroje
F_d	[m^2]	Plocha dalšího strojního pracoviště
F_{hC}	[m^2]	Celková pracovní plocha
F_p	[m^2]	Pomocná podlahová plocha
F_{pdc}	[m^2]	Plocha podlahových cest
F_{phn}	[m^2]	Plocha pro hospodaření s nářadím
F_{pk}	[m^2]	Kontrolní plocha
F_{Pr}	[m^2]	Provozní podlahová plocha
F_{pskl}	[m^2]	Plocha skladů
$F_{pú}$	[m^2]	Plocha údržby
F_R	[m^2]	Výrobní plocha ručního pracoviště

$\mathbf{F_S}$	[m^2]	Výrobní plocha strojního pracoviště
$\mathbf{F_{soc}}$	[m^2]	Plocha sociální
$\mathbf{F_{spr}}$	[m^2]	Plocha správní
$\mathbf{F_{šat}}$	[m^2]	Plocha šaten
$\mathbf{F_{um}}$	[m^2]	Plocha umýváren
$\mathbf{F_{útv}}$	[m^2]	Plocha útvaru
$\mathbf{F_V}$	[m^2]	Celková výrobní plocha
$\mathbf{F_{wc}}$	[m^2]	Plocha WC
ITA	[-]	Počet administrativních pracovníků, konstruktérů, operativní řízení
N	[ks]	Počet vyráběných kusů
$\mathbf{N_C}$	[Kč]	Celkové náklady na realizaci návrhu B2
$\mathbf{N_D}$	[Kč]	Náklady na pracovníky
$\mathbf{N_{ev}}$	[Kč]	Náklady na projekt elektroinstalace a vzduchotechniky
$\mathbf{N_{ex}}$	[Kč]	Celkové náklady na externí firmu
$\mathbf{N_{ex1}}$	[Kč]	Náklady 1 na externí firmu
$\mathbf{N_{ex2}}$	[Kč]	Náklady 2 na externí firmu
$\mathbf{N_k}$	[Kč]	Náklady na kabeláž elektroinstalace
$\mathbf{N_{ks1}}$	[Kč]	Náklady spojené s přesunem jednoho stroje
$\mathbf{N_p}$	[ks/rok]	Přepočtený počet kusů představitele
$\mathbf{N_{sr}}$	[Kč]	Náklady na revizi strojů
$\mathbf{N_{sr1}}$	[Kč]	Revizní náklady na jeden stroj
$\mathbf{N_{vz}}$	[Kč]	Náklady na vzduchotechniku
$\mathbf{P_c}$	[-]	Celkový počet pracovníků útvaru
$\mathbf{P_r}$	[ks]	Teoretický počet ručních pracovišť
$\mathbf{P_{rsk}}$	[ks]	Skutečný počet ručních pracovišť
$\mathbf{P_s}$	[ks]	Počet přepravovaných strojů externí firmou
$\mathbf{P_{sk}}$	[ks]	Skutečný počet strojů
$\mathbf{P_{sr}}$	[ks]	Počet strojů k revizi
$\mathbf{P_{th}}$	[ks]	Teoretický počet strojů

$\mathbf{S_h}$	[Kč/hod]	Hodinová sazba pracovníka
$\mathbf{f_{ri}}$	[m^2]	Plocha ručního pracoviště
$\mathbf{f_{sBPH}}$	[m^2]	Plocha rovinné brusky BPH
$\mathbf{f_{sBNNK}}$	[m^2]	Plocha diamantové brusky BNNK
$\mathbf{f_{si}}$	[m^2]	Plocha strojního pracoviště
$\mathbf{f_{sSTG}}$	[m^2]	Plocha pásové pily STG
$\mathbf{k_{pnr}}$	[-]	Koeficient překračování norem ruč. pracoviště
$\mathbf{k_{pns}}$	[-]	Koeficient překračování norem str. pracoviště
$\mathbf{m}$	[ks]	Počet vyráběných druhů výrobků
$\mathbf{n_i}$	[ks/rok]	Počet i-tého výrobku
$\mathbf{s_r}$	[-]	Směnnost ručních pracovišť
$\mathbf{s_s}$	[-]	Směnnost strojních pracovišť
$\mathbf{t_i}$	[Nh]	Pracnost i-tého výrobku
$\mathbf{t_k}$	[Nh]	Kusový čas na danou operaci
$\mathbf{t_p}$	[Nh]	Pracnost představitele
$\boldsymbol{\eta}$	[%]	Využití strojů dané operace
$\boldsymbol{\eta_k}$	[%]	Procentuální využití, stroje, skupiny strojů

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Hala varianta Reál
Příloha 2	Strojní vybavení firmy
Příloha 3	Hala varianta A
Příloha 4	Součást šoupátko
Příloha 5	Hala varianta B1
Příloha 6	Hala varianta B2
Příloha 7	Souhrn strojního vybavení firmy
Příloha 8	Souhrnná tabulka zaměstnanců
Příloha 9	Souhrnná tabulka ploch
Příloha 10	Materiálový tok B2