



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU VE VYBRANÉM PODNIKU

OPTIMIZATION OF MANUFACTURING PROCESS IN A SELECTED COMPANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Koníček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2020

Zadaní bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Jan Koníček
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Marek Štroner, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

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

Optimalizace výrobního procesu ve vybraném podniku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce je analyzovat současný stav ve zvolené strojírenské firmě. Provést rešerši z hlediska daných projekčních metod. Provést rozbor současného stavu na jehož základě optimalizovat výrobní proces.

Cíle bakalářské práce:

1. Rešerše z dané oblasti.
2. Představení produktového portfólia dané firmy.
3. Analýza současného stavu.
4. Technicko ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

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

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

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

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

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

KONÍČEK Jan: Optimalizace výrobního procesu ve vybraném podniku.

Bakalářská práce se zabývá optimalizací výrobního procesu ve strojírenské firmě Kovokon Popovice s.r.o. První část je zaměřena na zefektivnění materiálových toků za pomoci kruhové metody a trojúhelníkové metody prosté, ze kterých jsou sestaveny tři varianty rozmístění pracovišť, z nichž je vybrána ta nejvýhodnější. V další fázi optimalizace je sestaveno blokové schéma pro původní výrobu a následně pro upravenou za použití obráběcího centra, nahrazující předešlé stroje. K blokovým schématům jsou poté spočteny kapacitní propočty, které vyjadřují procentuální využití pracovišť a počty potřebných pracovníků k výrobě zvoleného výrobku. V poslední části optimalizace je propočtena potřebná velikost ústředního skladu materiálu, počet jeřábů a vysokozdvíhových vozíků.

Klíčové slova: Optimalizace, kapacitní propočty, materiálový tok, rozmístění pracovišť, blokové schéma, ústřední sklad materiálu

ABSTRACT

KONÍČEK Jan: Optimization of manufacturing process in selected company.

Bachelor thesis is dealing with optimization of manufacturing process in engineering company Kovokon Popovice s.r.o. First part is focused on streamlining of material flow by using circular method and triangulation method simple, from which there are three variants of workplace layouts and the most advantageous one is selected. In the next phase of optimization, a block diagram is compiled for original production and subsequently for the modified one by using machining center replacing previous machines. Capacity calculations are then calculated for the block diagrams, which express percentage use of workplace and numbers of workers needed to produce selected component. In the last part of optimization, the required size of the central material warehouse, number of cranes and forklifts are calculated.

Keywords: Optimization, capacity calculations, material flow, workplace layout, block diagram, central material warehouse

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KONÍČEK, Jan. *Optimalizace výrobního procesu ve vybraném podniku* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131970>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Marek Štroner.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V dne 21.5.2021

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Marku Štronerovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce a dále děkuji firmě Kovokon, za umožnění spolupráce na této bakalářské práci a obzvláště panu PhDr. Karlovi Pančochovi za poskytnutí rad a informací. Na závěr bych rád poděkoval rodině za jejich neustálou podporu při mém studiu.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

ÚVOD	9
Rozbor zadání	9
1.1 Možnosti řešení	10
2 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ	11
2.1 Obecný postup při sestavení návrhů	11
2.2 Způsoby rozmíst'ování strojů a pracovišť	12
1.3 Metody pro optimální uspořádání pracovišť	15
2.3.1 Analýza materiálových toků	15
2.3.2 Kruhová metoda	17
2.3.3 Trojúhelníková metoda prostá	18
2.4 Blokové schéma	19
2.5 Optimální velikost výrobní dávky	19
2.5.1 Velikost výrobní dávky z ekonomického hlediska	20
2.5.2 Velikost výrobní dávky z hlediska zajištění plynulosti zásobování	20
2.5.3 Velikost výrobní dávky podle technologického počtu kusů	20
2.6 Kapacitní propočty	21
2.6.1 Efektivní časové fondy.....	21
2.6.2 Počty pracovišť	22
2.6.3 Počty pracovníků.....	22
2.6.4 Výměra ploch	24
3 Představení produktového portfolia firmy	26
3.1 Příklady nejčastějších děl	26
4 Analýza současného stavu	27
4.1 Analýza materiálových toků	27
4.2 Kruhová metoda	28
4.2.1 Varianta 1	28
4.2.2 Varianta 2	30
4.3 Trojúhelníková metoda prostá	32
4.3.1 Varianta 3	32
4.4 Optimalizace ve výrobě	34
4.5 Kapacitní propočty	35
4.5.1 Kapacitní propočty pro současný stav.....	35
4.5.2 Kapacitní propočty pro nový stav	37
4.6 Návrh ústředního skladu materiálu	39
5 Technicko – ekonomické hodnocení	41
5.1 Porovnání tunokilometrů	41
5.2 Propočet investic	41
6 Závěry	43

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

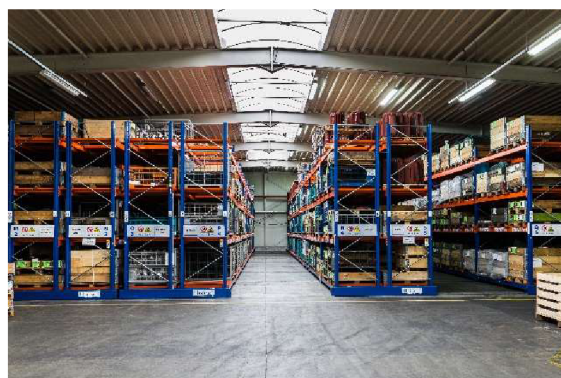
ÚVOD [6], [7], [11]

Průmyslová výroba započala v zemích, které měli nejméně úspěšnější ekonomiku a obchod, jako například Velká Británie nebo Nizozemsko. Již v 16. století se v mnoha oborech začaly používat průmyslové stroje, které nahrazovaly tehdy tradiční lidskou a zvířecí sílu. Ale až v průběhu 19. století začaly první větší optimalizace, za pomoci prvních výrobních linek, kde měl každý pracovník na dané pozici svůj jedinečný úkon. Díky právě této metodě se výrazně zvýšila produktivita.

V dnešní době nastává jiný problém, a to v podobě zvyšování cen z důvodu drahých hutních materiálů, zvýšení požadavků na ekologii, kvalitu a efektivitu. Dále také roste konkurence v Asii, odkud proudí levnější výrobky než z tuzemska, což nutí podniky k zefektivnění výroby a následnému zlevnění produktů, při udržení ekonomických cílů.

Pro co nejlepší optimalizaci výrobních pracovišť a výroby – viz obr. 1, je třeba použít technologický projekt. V něm se ze vstupních požadavků (plánovaného objemu výroby) upravuje výrobní proces na základě materiálových toků, operačních časů, počtu výrobních zařízení, skladování materiálu, či technologie výroby, vytvoří několik návrhů ke zlepšení, ze kterých se ten nejlepší zavede do podniku.

Tato práce se zabývá optimalizací výrobního procesu ve firmě Kovokon. Práce se bude skládat ze tří fází, z nichž první bude analýza materiálových toků a následně se provede reorganizace pracovišť. Ve druhé části bude provedena optimalizace vybraného výrobního představitele za pomoci blokového schématu a kapacitních propočtů. Na závěr budou zhotoveny propočty pro ústřední sklad materiálu, jeřáby a vysokozdvizné vozíky.



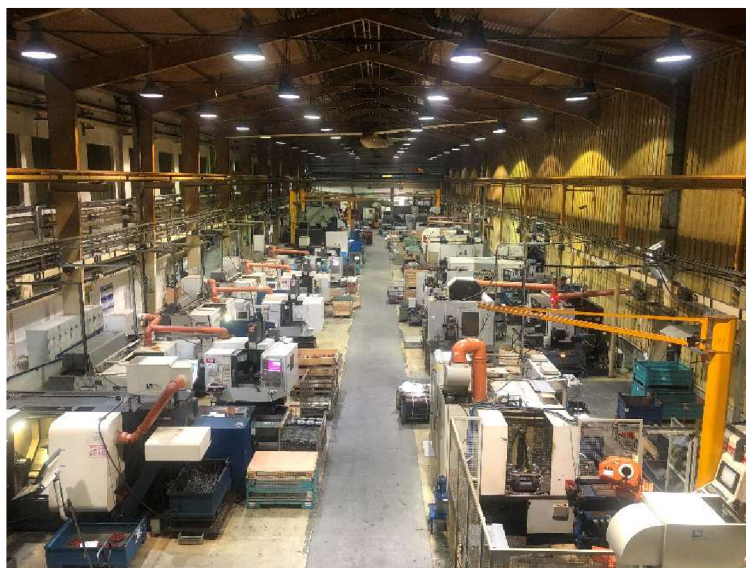
Obr. 1 Příklad optimalizace výrobních pracovišť a výroby [6], [7], [11]

1 ROZBOR ZADÁNÍ [1], [2], [4]

Cílem bakalářské práce je optimalizovat výrobní proces v podniku Kovokon Popovice s.r.o., který se nachází v Kunovicích u Uherského Hradiště. Podnik byl založen třemi bratry spolu s jejich otcem a v kovoobráběcím oboru působí již 30 let. Za tuto dobu byla rozšířena na pět výrobních dílen s cca 250 zaměstnanci.

Firma se specializuje na třískové CNC obrábění a je zde aplikována převážně sériová výroba různých tvarových součástí, při čemž se zde využívá mnoha druhů technologií, jako soustružení, vrtání, frézování, broušení.

Výroba je rozdělena na tři hlavní úseky, tj. elektro, letecký průmysl a automobil. Tato práce se v jedné části zaměřuje na firmu jako celek a ve druhé části je optimalizace směřována k jednomu konkrétnímu výrobku na úseku elektro a konkrétněji na středisko HS 600 – viz příloha 1.



Obr. 2 středisko HS 600 (MD1)

1.1 Možnosti řešení [1], [2], [4]

Základní sestavení návrhu lze pojmout ze dvou základních pohledů:

- a) Reorganizací stávající výroby. V této metodě se pracuje s původní výrobou, která je zanalyzována a následně upravena pro aktuální potřeby. Výhodou je ušetření peněz za investice do nových prostorů a dále také možnost provádět úpravy různých velikostí. Nevýhodou se stává fakt, že je projekt omezen velikostí objektu a při práci na úpravách může být omezen výrobní proces.
- b) Navrhnutí nové výroby. Za použití tohoto postupu je vystavěna nová výrobní hala a jí přidružené budovy. Výhodou je možnost navrhnout a postavit budovy tak, aby přesně odpovídaly potřebám stávající výroby. Značnou nevýhodou jsou ale finanční náklady za takový projekt.

Se zohledněním na rozsah práce a na případnou enormní investici na vybudování nových budov, bude v práci použita první varianta. Pro účely optimalizace se tedy využije analýzy materiálových toků a jejich následné úpravy, kapacitních propočtů vybraného představitele výroby a návrhu na ústřední sklad materiálu.

2 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [15]

Součástí technologické přípravy výroby je technologický projekt. Ten obsahuje soubor rozborových, navrhovacích, plánovacích a organizačních činností a jejich výsledkem je technologicko – organizační výrobní projekt.

2.1 Obecný postup při sestavení návrhů [1], [2], [3], [4], [5]

V praxi se dává přednost racionalizování stávající výroby před navrhováním nové výroby na tzv. „zelené louce“.

Pro co nejspolehlivější sestavení návrhu je zapotřebí správný metodický postup. Příprava postupu je cyklická práce, která by měla probíhat v těchto etapách:

a) Diagnostika

Tato část se zabývá prvotním, rychlým seznámením s daným objektem. Diagnostika je nezbytná pro zaměřování se na hlavní články problematiky a zároveň se zabývá zabezpečením racionálního přístupu k řešení problému. Diagnostika by měla být prováděna nejzkušenějšími pracovníky, jenž znají vzájemné závislosti jevů a jejich příčin.

b) Sběr informací

Je to nezbytná část sestavování návrhu, bez které se nelze obejít, jelikož je na ní závislá další práce, což je rozbor. Z důvodu zkrácení doby sestavování návrhu, je důležité tuto činnost organizovat. Pokud tomu tak není, mohlo by se stát, že mnoho tvůrčích pracovníků tak zbytečně ztrácí čas sháněním potřebných podkladů.

c) Analýza (rozbor)

Jakmile jsou uskutečněny výše uvedené etapy, je možné postoupit k analýze návrhu. Díky dobře provedené analýze lze snáze určit varianty vedoucí k řešení dané problematiky. V případě, že je řešen komplexní projekt, je možné řešit analýzu materiálových toků, časovou analýzu výroby a manipulace, analýzu stávajícího dispozičního řešení, analýzu využití strojů a zařízení apod.

Analýza by měla být prováděna kvalifikovanými pracovníky. V rozboru se bilancuje, hodnotí a posuzuje zkoumaný jev z různých hledisek (tj. technologické, ekonomické, psychologické, sociologické, ergonomické atd.).

d) Návrh

V návrhové části může projektant plně uplatnit svou kreativitu, jelikož každé řešení může být svým způsobem unikátní. Nesmí se ale zapomínat na fakt, že před započítáním navrhování je třeba si nejprve nastudovat patřičnou literaturu a nejnovější informace. Díky tomu je následně možné vypracovat co nejefektivnější návrhy a vybrat z nich tu nejlepší variantu.

e) Realizace

Při realizaci se dovršuje celý přípravný proces a zároveň se spouští testovací část práce. Případné chyby či nedostatky se projevují při realizaci, zatímco vady v ekonomickém sektoru se projevují již v počátečním provozu. Doba zavedení realizace musí být co nejkratší, aby byly negativní vlivy způsobené v této části co nejmenší. Po úspěšném zavedení zkušebního provozu obvykle následuje předání uživateli. Součástí tohoto předání je tzv. předávací protokol, který podepsáním obou stran potvrzuje, že všechny zavedené změny a instalované zařízení odpovídají stanoveným požadavkům a že od této chvíle chod systému přebírá uživatel.

2.2 Způsoby rozmístování strojů a pracovišť [1], [2], [3], [4], [5], [7]

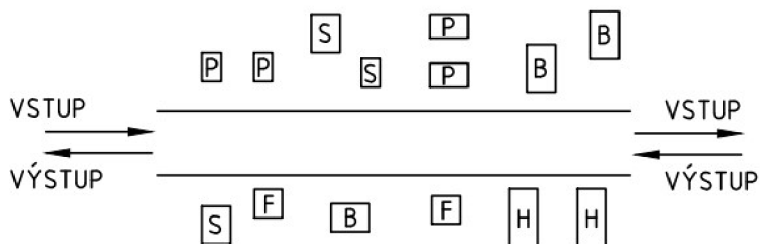
Rozmístování strojů je prováděno až na základě výsledků předešlých analýz. Výstup z tohoto rozmístování by měl odpovídat požadavkům, jako je přímočarost, přehlednost uspořádání, hospodárnost výroby, minimální manipulace, požadavky bezpečnosti práce, nevratnost technologického toku apod.

Do dnešního dne se způsoby rozmístování strojů a pracovišť dělí na:

- Volné
- Technologické
- Předmětné
- Buňkové
- Modulární
- Kombinace výše zmíněných

Volné uspořádání

U tohoto uspořádání jsou stroje a pracoviště rozmístěny zcela náhodně a nacházejí se v místech, kde nebylo možné stanovit materiálový tok, organizační a řídicí vztahy či navazování operací. Uspořádání tohoto typu lze převážně najít jen v údržbářských nebo v prototypových dílnách, ve kterých se provádí jen kusová výroba (v principu, když je zakoupen nový stroj, je položen na takové místo, kde je zrovna volno). V dnešní době se od této metody ustupuje, jelikož je značně nevyhovující pro dnešní užití. Zároveň je ale nutné i při sestavování volné metody dodržovat jisté ergonomické a výrobní zásady.



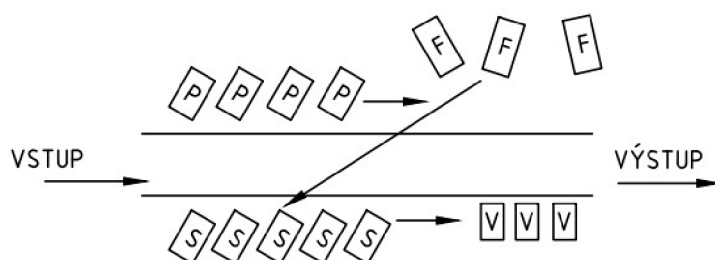
Obr. 3 Volné uspořádání pracovišť [1]

Technologické uspořádání

Stroje a pracoviště jsou uspořádány podle jejich technologické příbuznosti. To znamená, že všechny obráběcí operace jsou prováděny v obrobně, lisovací operace v lisovně, svařovací ve svařovně apod. Dále se provádí uspořádání v jednotlivých pracovištích, například v obrobně jsou všechny soustruhy umístěny v jednom místě u sebe, to samé platí i u frézek a ostatních strojů. Bohužel z důvodu velkého množství různých vyráběných součástí, je obtížné sestavit nějaký jednotvárný materiálový tok. Toto uspořádání je nejčastěji použito pro kusovou, či malosériovou výrobu. Nářadí a stroje jsou univerzální, zatímco dělníci musí být kvalifikováni.

Za výhodu technologického uspořádání se může považovat: snadné zavedení vícestrojové obsluhy, změna výrobního programu nenaruší výrobu, lepší využití strojů, pracovníci výroby se mohou specializovat podle profesí, nižší náklady za stroje, snadnější údržba poruchy jednotlivých strojů nijak výrazně neovlivní výrobu apod.

Mezi nevýhody se řadí dlouhé a nepřehledné materiálové toky, rostoucí náklady na dopravu materiálu, rostoucí potřeba větší výrobní plochy, například pro uličky mezi stroji, aby byla možnost dopravit materiál ke každému stroji, nároky na velké množství palet apod.



Obr. 4 Technologické uspořádání pracovišť [1]

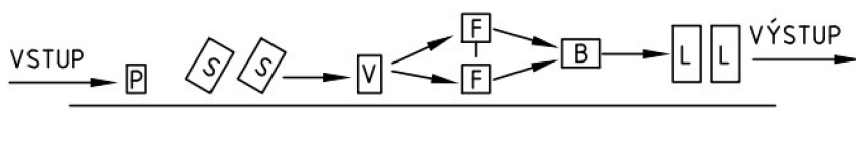
Předmětné uspořádání

Tento styl uspořádání je převážně používán pro výrobu, u které je očekávána vyšší sériovost či opakovatelnost výroby. Z toho důvodu jsou pracoviště rozestavěny dle postupu operací určeného technologickým postupem daného výrobku. V praxi výroba putuje jedním směrem a dochází zde k vytvoření tzv. „výrobního proudu“. Dále zde vznikají členěné úseky, které se specializují na specifickou část výroby, jako třeba výroba ozubených kol, hřídelárna, výroba pístů, vaček apod. Aby mohla tato metoda fungovat, je třeba zajistit, řádně zpracovanou technickou přípravu výroby a zajištění plánu výroby.

Nejvýhodnější použití tohoto uspořádání je pro jeden výrobek. Pro více je to vhodné v případech, kdy se jedná o technologicky a tvarově podobné výrobky. V tomto případě se již jedná o výrobní linku, která je ještě efektivnější než toto samostatné uspořádání. Pro co nejefektivnější uspořádání je třeba vytvořit automatickou linku, jež je složena z jednoúčelových strojů, které jsou spojeny dopravníkem.

Za výhody se v tomto případě dají považovat nízké ceny za skladování, kratší manipulační časy, snížení rozpracovanosti výroby, menší výrobní plochy, zkvalitnění operativního výrobního řízení.

Nevýhody této metody nastávají například při změně výrobního programu, při čem vznikají značné prodlevy ve výrobě z důvodu přemístování strojů a zařízení. Další nevýhoda je vysoká pořizovací cena za jednoúčelové stroje a fakt, že při redukování objemu výroby vzniká výrazné nevyužití strojů.



Obr. 5 Předmětné uspořádání pracovišť [1]

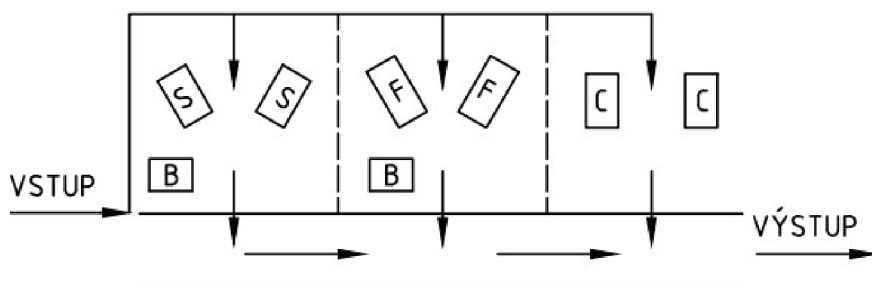
Modulární uspořádání

Tato metoda vznikla v poměrně nedávné době, a to díky zavedení nových technik do podniků jako jsou například NC stroje. Ve výrobě jsou stroje rozmístěny do obdobných technologických bloků. Každý blok má za úkol provádět několik druhů operací a celkově je z jednotlivých bloků poskládaná skupina pracovišť. Tyto pracoviště jsou složeny z CNC strojů, či z obráběcích center. Pro manipulaci s materiálem mimo obrábění se převážně používají manipulátory. Z důvodu, že pracoviště s modulárním uspořádáním mají vysokou produktivitu práce, je třeba je prioritně zásobovat materiálem a náradím.

Jelikož je takto uspořádané pracoviště významně produktivní, je vhodné zvolit dvou až tří směnné proozy. Díky pružnosti výroby při použití CNC strojů je toto uspořádání používáno pro malosériovou a občasně i pro kusovou výrobu. Výrobní dělníci pracující na těchto pracovištích musejí být dostatečně kvalifikováni.

Výhodou tohoto uspořádání je vysoká produktivita práce, zkrácení průběžné doby výroby, operačních a mezioperačních časů, manipulačních drah a v případě, kdy jsou splněny všechny náležitosti, dojde ke zlepšení organizace práce a řízení výroby.

Nevýhodou je, že je třeba klást větší důraz na technickou přípravu výroby, což může znamenat zdlouhavé připravování daných pracovišť. Další nevýhodou je vysoká pořizovací cena použitých strojů a zařízení, kdy cena za tyto stroje nemusí odpovídat zvýšené produktivitě práce.



Obr. 6 Modulární uspořádání pracovišť [1]

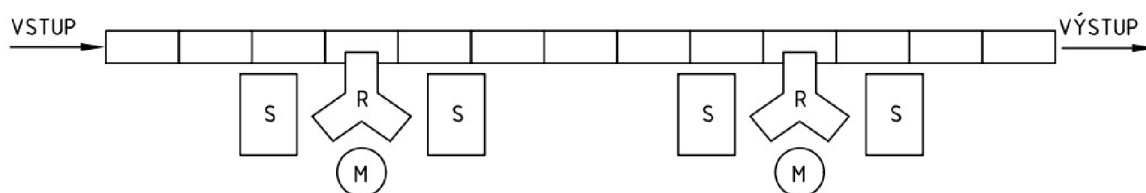
Buňkové uspořádání

Buňkové uspořádání je opět jedno z novějších způsobů uspořádání strojů a pracovišť, pro které je charakteristické automatizované okolí, ve kterých je obvykle užito robotů, zásobníků, technologických palet, zařízení pro polohování výrobků apod. Součástí automatizace jsou i operační a mezioperační manipulace s materiálem či výrobky.

Při projektování tohoto způsobu uspořádání je důležité provést interní podnikovou standardizaci. Operace typu nastavení a výměna nástrojů jsou prováděny v hlavních technologických operacích a přípravné operace se uskutečňují na pomocných pracovištích, přímo v průběhu výroby na hlavním pracovišti. Stejně jako u modulárního uspořádání je vhodné u těchto pracovišť zavést dvou až třisměnný provoz.

Výhodou je vyšší produktivita práce, plně automatizovaná výroba, díky které je možné snížit počet operátorů potřebných ke zhotovení výrobků, potenciální zvýšení kvality a snížení zmetkovosti při výrobě, snížení doby výroby, potřeby oběžných prostředků apod.

Nevýhody jsou podobné jako u modulárního uspořádání jen s rozdílem, že u této metody je obtížnější změnit již zavedený výrobní program.



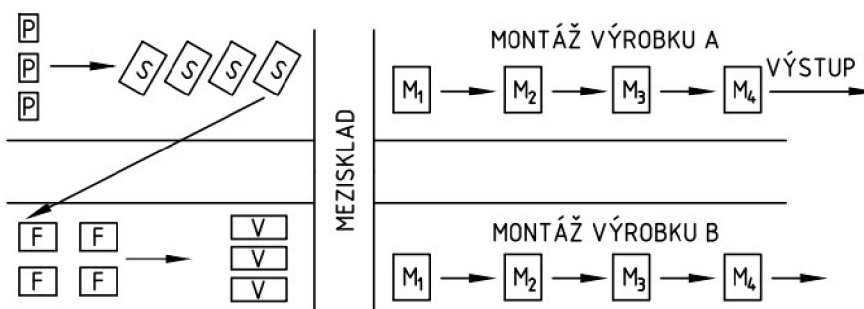
Obr. 7 Buňkové uspořádání pracovišť [1]

Kombinované uspořádání

Obvykle při projektování není možné použít jen jednu metodu uspořádání pracovišť, ale je třeba využít kombinace dvou či více různých metod. Nejčastěji je kombinované uspořádání využito v „teplých“ provozech, kdy například odlitky díky svému velkému objemu výroby umožní proudovou výrobu, ale pro zbylou část výrobního sortimentu je vhodnější použít technologické uspořádání. Toto uspořádání je nejčastěji využito ve všeobecné, či středně těžké strojírenské výrobě.

V průběhu plánování výroby je nejčastěji volený smíšený, či souběžný způsob výroby po menších dávkách. Mohou zde pracovat jak zaučení a kvalifikovaní dělníci, tak i nekvalifikovaní jako třeba seřizovači.

Při vytváření kombinovaného uspořádání je obvykle snahou využít výhod zvolených výrobních systémů a zároveň minimalizování jejich nevýhod.



Obr. 8 Kombinované technologické a předmětné uspořádání pracovišť [1]

1.3 Metody pro optimální uspořádání pracovišť [1], [2], [3], [4], [5]

Dříve se při projektování pracovišť a dispoziční řešení provozů používala ze strany projektantů metoda „zkušenosti a intuice“. Tak jak již plyne z názvu, projektanti využívali své subjektivní a nepodložené názory, což mohlo negativním způsobem ovlivnit výsledky projektu. Po jisté době se začali používat zobecněné metody projektování, což zajišťuje, že i nezkušený projektant může sestavit kvalitní návrh uspořádání

Metodiku rozmístování pracovišť lze rozdělit na jednokriteriální a vícekriteriální. V metodě jednokriteriální je vzájemná relativní vzdálenost mezi pracovišti určena na základě přímé technologické vzdálenosti nebo intenzity materiálového toku mezi nimi. Vícekriteriální metody jsou řazeny mezi subjektivnější, jelikož se při jejich návrhu bere v potaz váha, která určuje důležitost jednotlivých kritérií. Dále se využívají grafické metody, mezi které se řadí metoda kruhová a metody početní, které jsou charakteristické pro metodu těžišť.

Pro správné použití metod je třeba brát v potaz to, že při použití v praxi je třeba zhotovené uspořádání dále upravit dle dalších faktorů, se kterými daná metoda nepočítá. Před samotným zpracováním metod je nejprve tedy třeba provést analýzu výrobního systému z pohledu dispozičního řešení. Součástí této analýzy může být tzv. formální model, který je tvořen z materiálových toků mezi pracovišti a technologických pracovišť.

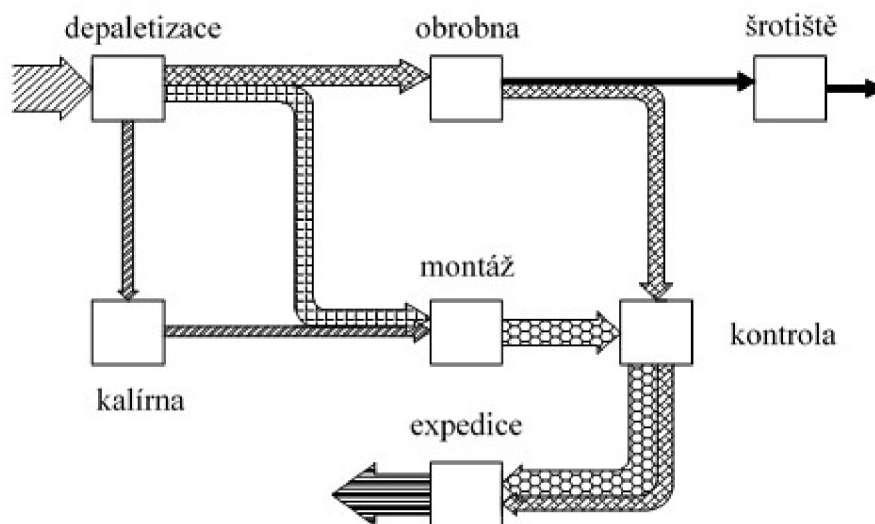
2.3.1 Analýza materiálových toků [1], [2], [3], [4], [6]

Analýza materiálových toků je důležitá součástí technologického projektu. Intenzita toků mezi jednotlivými objekty napovídá o jejich příslušném uspořádání v daném objektu. Jeden z analytických nástrojů pro vizualizaci materiálových toků v rámci provozu nebo celkového podniku je Sankeyův diagram – viz obr. č. 9 a šachovnicová tabulka viz tab. 1.

Tab. 1 Šachovnicová tabulka meziobjektových mat. toků v tunách za rok. [15]

kam odkud	okolí	depal.	obrobna	kalírna	montáž	kontrola	šrotiště	expedice	suma
okolí	-----	70							70
depal.		-----	30	15	25				70
obrobna			-----			22	8		30
kalírna				-----	15				15
montáž					-----	40			40
kontrola						-----		62	62
šrotiště	8						-----		8
expedice	62							-----	62
suma	70	70	30	15	40	62	8	62	

Pro sestavení Sankeyova diagramu je třeba využít šachovnicovou tabulku materiálových toků – viz. tab. 1. Názvy jednotlivých objektů ve sloupcích reprezentují jednotlivé odesilatele, tj. každé místo odkud je materiál převezen na jiné. Objekty v řádcích zase reprezentují příjemce, tj. místo, kam je daný materiál dopraven. Dále musí platit, že vše, co se dá do objektu, musí za určitý čas vyjít ven. To lze zkontrolovat vytvořením tzv. fiktivního objektu „okolí“, který reprezentuje vnější prostředí podniku. Jakmile je podnik sledován delší dobu (alespoň 1 rok), pak je možné zjistit, zda toto pravidlo platí.



Obr. 9 Sankeyův diagram [1]

2.3.2 Kruhová metoda [3], [4], [5]

Kruhová metoda se používá k vypočtení a sestrojení optimálního rozmístění objektů (s ohledem na materiálový tok) a díky srovnání tunokilometrů lze vyjádřit manipulační úsporu. Kruhová metoda vychází z požadavku na minimalizaci materiálového toku. Základní vztah této metody je:

$$G \cdot L = 1 \quad (2.1)$$

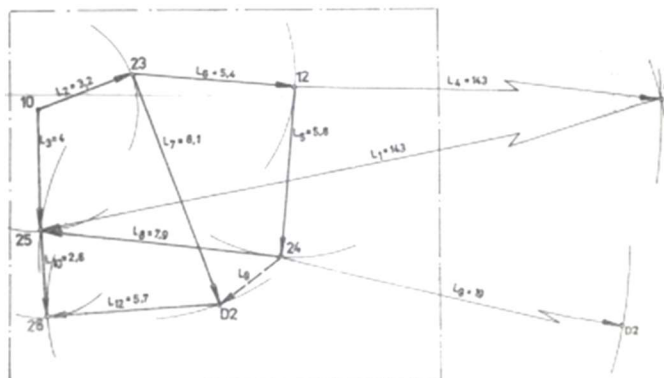
Kde: G – hmotnost
 L – vzdálenost

Tento vztah udává jistý stálý poměr mezi přepravovanou hmotností mezi objekty a jejich vzdáleností. Jelikož přepravovaná množství mezi různými objekty jsou obvykle dána, je možné si vypočítat, v jaké vzdálenosti se objekty mohou nacházet – viz vzorec 2.1 (poloměr kružnice možného umístění – jeden objekt ve středu, druhý umístění někde na kružnici). Nejprve je tedy třeba si vypočítat na základě výše uvedeného vzorce vzdálenost mezi objekty a tyto hodnoty uvést do tabulky – viz tab. 2.

Tab. 2 Vzdálenosti mezi objekty [5]

Číslo odesílatele					
Číslo příjemce					
Dosavadní vzdálenost mezi objekty					
Přepravovaná hmotnost					
Vypočtený poloměr vzdálenosti L					
Skutečná vzdálenost (pravoúhlá + po cestě)					
Tunokilometry					

V tabulce je třeba vytvořit dvojice (odesílatel a příjemce) sestupně od dvojice s největší hmotností přepravovaného materiálu. V této metodě nezáleží na tom, kolik materiálu projde objektem z místa A do B a kolik zpět. Z toho důvodu se zde pracuje s jejich součty. Pro vytvoření je třeba zvolit vhodné měřítko a na průsvitném papíru nebo v CAD systému přiřazujeme ke každému číslu odesílatele kružnici o vypočtených poloměrech, které jsou označeny číslem příjemce, zatímco středy těchto kružnic označují odesílatele.



Obr. 10 Grafické řešení rozmístování objektů [5]

Průsvitky jsou sestavovány od nejmenších kružnic po největší a v tomto pořadí jsou přesazeny na sebe tak, aby středy kružnic ležely na stejně očíslovaných obvodech. Stane-li se, že nějaké středy nejde proložit na příslušný obvod, je pak třeba posunout kružnice tak, aby nepřesnost v proložení středů byla u větších poloměrů. Je-li možnost více proložení, vyberou se takové varianty, u kterých nedochází ke křížení spojnic středů. Po zhotovení sestavení středy kružnic ukazují teoreticky optimální rozložení objektů, jak je znázorněno na obr. 10.

2.3.3 Trojúhelníková metoda prostá [1], [2], [4]

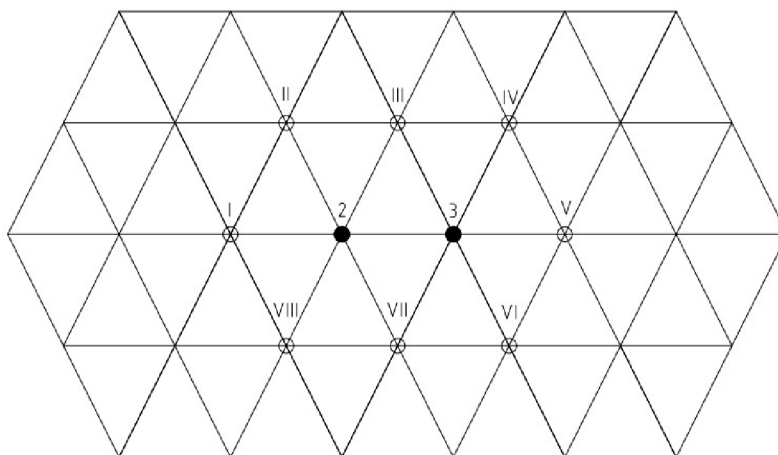
Slovo „prostá“ je v této metodě přiřazeno z důvodu její odlišnosti od trojúhelníkové metody hodnocení vztahů. Tato metoda spočívá na principu minimalizace vzdáleností mezi objekty s největším materiálovým tokem, tj. s nejobsáhlejší intenzitou vztahů. Tyto intenzity vztahů jsou obvykle vyjadřovány v tunách přemístěvaného materiálu za rok.

Tato metoda se sestavuje za pomoci sítě z rovnostranných trojúhelníků – viz obr. č. 11, do kterých se na pozice uzlů umísťuje dvojice objektů s největší intenzitou meziobjektových vztahů. Poté jsou hledány objekty, které mají největší intenzitu vztahů, k již zmíněným dvěma objektům. Tyto objekty jsou následně označeny do odpovídajícího uzlu trojúhelníkové sítě čili do takového místa, u kterého je minimální manipulační práce s materiálem mezi těmito objekty. Manipulační práce se nejčastěji značí v tunokilometrech, popř. v tunometrech.

Pro použití této metody se manipulační práce mezi danou dvojicí objektů vyjadřuje součinem intenzit vztahů a minimálních počtů hran trojúhelníkové sítě přes které je možné mezi danými objekty přecházet. Na délku hrany je možné vzhlízet jako na jednotkovou vzdálenost.

Poté jsou hledány další objekty s maximální intenzitou vztahů, k již umístěným vztahům tak, jako

u předchozího kroku. Postupuje se do doby, než jsou do sítě umístěny všechny objekty. Výsledkem této metody je obdobně jako u kruhové metody teoretické rozmístění objektů, které je třeba upravit, aby odpovídali půdorysu dílen. Nejbliže k sobě budou umístěny ty objekty, mezi kterými je nejvyšší materiálový tok.



Obr. 11 Trojúhelníková metoda prostá [4]

2.4 Blokové schéma [4], [6], [7]

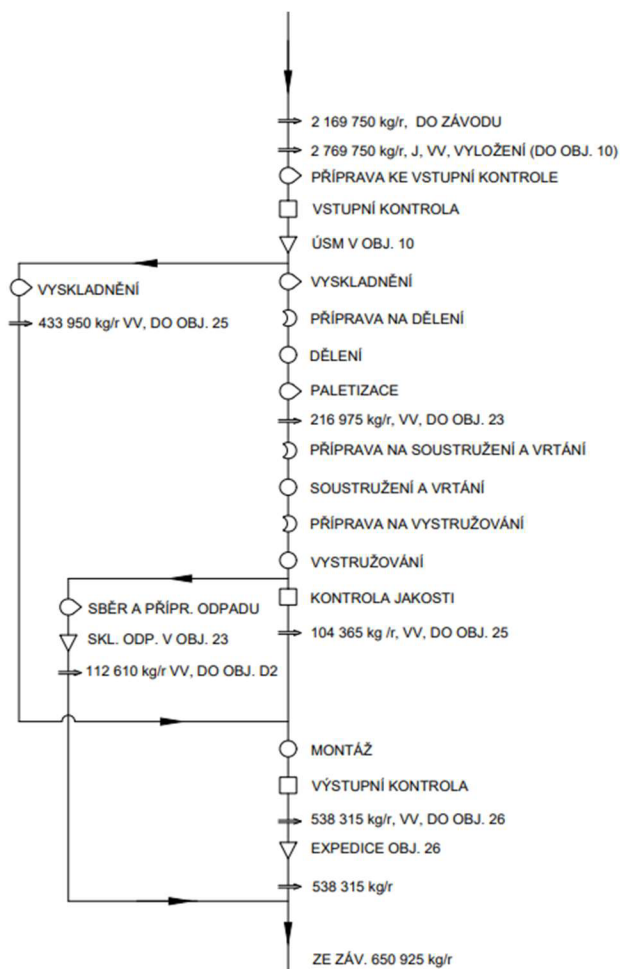
Jestliže je možné vytvořit tok materiálu v daném podniku a následně modelovat tok výroby, lze též spolehlivě rozebrat a popsat organizačně – výrobní vztahy, které jsou významné pro daný podnik.

Jako vhodný doplněk pro rozbor a pro zpracování návrhu je zvláště vizuální zpracování. Je to myšleno formou obrázkového značení, tak jako to používají chemici, matematici nebo analytici postupů. Z pohledu technologického projektanta je tato forma znázorňování schémat výroby, zařízení a vztahů tzv. blokové schéma na obr. 12.

Z tohoto schématu je možné zjistit celkovou analýzu výrobního postupu s tím, že v jednotlivých rovinách jsou uváděny různé úrovně činností (sklady, výrobní předhotovení, hlavní výrobní činnosti, montáž, expedice).

Takový rozbor je nedílnou součástí hlavně u komplikovanějších systémů montáže, RTK a obdobných pracovišť vyžadujících periferní návaznosti z pozice maximálního využití atd.

Z toho důvodu jsou tyto blokové schéma nezbytným doplňkem části výrobního generelu, a to hlavně v rámci organizačně – řídicí části.



Obr. 12 Znázornění toku materiálu [6]

2.5 Optimální velikost výrobní dávky [1], [4]

Optimální množství jedné výrobní dávky ovlivní nejvíce tyto faktory:

- velikost dávek v kooperacích
- frekvence zadávání dávek do výroby
- velikost dávek montážního celku
- velikost meziskladů
- způsob manipulace s materiálem
- trvanlivost nástrojů

Problém nastává tehdy, kdy tyto faktory začnou působit proti sobě. Z toho důvodu se nejlépe určí metoda pro vyjádření velikosti výrobní dávky z hlediska nákladů.

2.5.1 Velikost výrobní dávky z ekonomického hlediska [1], [4]

V tomto případě určí velikost dávky tzv. kritérium co nejvyššího využití výrobního zařízení. To znamená, že doba aktivní činnosti stroje musí být co nejdelší vzhledem k času, který je třeba na obrobění dané součásti. Do potřebného času na výrobu se počítají všechny ostatní činnosti, které nějak s dávkou souvisí (tj. výměna nástroje, seřízení stroje, ustavení výrobku do stroje apod.). Pomocí vzorce 2.2 lze vyjádřit maximální přípustné procento tohoto dávkového času (t_{BC}) na celkové aktivní činnosti stroje při zpracování výrobní dávky a ze vzorce 2.3 se zjistí minimální hledaná dávka.

$$P_p = \frac{t_{BC}}{t_{AC} \cdot n_{min}} \cdot 100 [\%] \quad (2.2)$$

$$n_{min} = \frac{t_{BC}}{t_{AC} \cdot P_p} \quad (2.3)$$

Kde: $P_p = 2 \%$ pro sériovou výrobu,
 t_{AC} – doba aktivní činnosti stroje [min/ ks],
 n_{min} – hledaná velikost výrobní dávky [ks],
 t_{BC} – doba potřebná k realizaci aktivní činnosti stroje [min/ dávka].

2.5.2 Velikost výrobní dávky z hlediska zajištění plynulosti zásobování [1], [4]

$$n = N_r \cdot \frac{d_s}{d_r} = [ks] \quad (2.4)$$

Kde: N_r – plánovaná roční výroba součástí [ks],
 d_s – počet dní, kdy je součást na skladě,
 d_r – počet pracovních dnů v roce.

2.5.3 Velikost výrobní dávky podle technologického počtu kusů [1], [4]

- Technologická dávka – počet součástí obráběných současně na jednom stroji
- Maximální výrobní dávka – je to snaha o co největší hromadnost výroby
- Optimální výrobní dávka – pohybuje se mezi technologickou a maximální výrobní dávkou
- Hlavní operace – je operace, u které je nejdelší dávkový čas (t_{BC}). Pro každou skupinu strojů se určuje zvlášť

$$n_t = \frac{\sum_{i=1}^n t_{BCi}}{\sum_{i=1}^n t_{ACi}} = [ks] \quad (2.5)$$

Kde: t_{BCi} – dávkový čas i – té hlavní výrobní operace (norma) [Nmin],
 t_{ACi} – jednotkový čas i – té hlavní výrobní operace (norma) [Nmin],
 n_t – počet hlavních operací [-].

Dle stanovení technologického počtu kusů je možné určit typ výroby a stanovit velikost výrobní dávky. Vztah mezi typem výroby a velikostí výrobní dávky vyplývá z tab. 3.

Tab. 3 Vztah technologického počtu kusů a optimální velikostí výrobní dávky [1]

Typ výroby	Technologický počet kusů - n_t	Optimální velikost výrobní dávky
kusová	1 – 6	n_t
malosériová	6 – 18	6 n_t
středně sériová	18 – 54	18 n_t
velkosériová	54 – 162	54 n_t
hromadná	162 –	162 n_t

2.6 Kapacitní propočty [1], [3], [4]

Kapacitní propočty se zabývají vztahem výrobního programu a výrobního profilu navrhovaného provozu. Výrobní program je vyjádřen předpokládaným ročním počtem výrobků, které budou v podniku vyrobeny. Výrobní profil je pak určen zejména typy a počty strojů, zařízení a ručních pracovišť, počty pracovníků daných profesí a potřebnou výměrou ploch. Princip každého kapacitního propočtu spočívá v poměrování času, který určitá pracovní jednotka (tj. stroj, pracovník, roční pracoviště) může využít k práci za jisté časové období vůči času, který je od této pracovní jednotky požadován za stejné období. Nejčastěji se bere v potaz jeden rok.

Kapacitní propočty se rozdělují na statické a dynamické. Statické propočty udávají přehled o průměrné potřebě strojů, dělníků a ploch projektového provozu za celé časové období. Dá se říct, že se statické výpočty používají k zajištění investic a lidí.

Jelikož se ale v současné době často v kratších časových úsecích mění výrobní sortiment na základě aktuálního trhu, je třeba užít dynamické propočty. Tyto jsou již součástí operativního řízení výroby. Pověření pracovníci (většinou technologové) navrhují přesuny prací v kritickém období na méně vytížené pracoviště. Nevýhodou dynamického propočtu je, že je potřeba více a podrobněji zpracovaných podkladů než pro metodu statickou.

2.6.1 Efektivní časové fondy [1], [3], [4]

Množství využitelného pracovního času je závislé na druhu pracovní jednotky, jež je vyjádřena tzv. časovými fondy, které se dělí na efektivní časové fondy strojního pracoviště, ruční pracoviště a dělníka. Obvykle se tyto časové fondy vyjadřují v hodinách za rok v jedné směně- tzn. pracovní jednotka se bere jako by měla na výkon své práce jen jednu směnu za rok.

Roční fond ručního pracoviště v jedné směně je stejný, jako celkový roční počet pracovních hodin ve směně.

$$E_r = P_d \cdot D_{sm} \quad (2.6)$$

Kde: P_d – počet pracovních dnů v roce [den],
 D_{sm} – délka jedné směny [h].

V případě strojních pracovišť je třeba počítat s odstávkou strojů, které mohou být způsobeny jejich případnými opravami či údržbami. Z pozorování bylo zjištěno, že tento čas tvoří průměrně 9 až 13% z celkového počtu pracovních dnů v roce.

$$E_s = E_r - (0,09 \div 0,13) \cdot E_r \quad (2.7)$$

Kde: E_s – efektivní časový fond strojního pracoviště [hod/rok].

Efektivní časový fond dělníka lze získat z časového fondu ročního pracoviště, ze kterého je odečten roční plánovaný počet dnů dovolené a předpokládaný počet dnů nemoci (průměrná nemocnost se pohybuje kolem 15 dní v roce).

$$E_d = E_r - (D + N) \cdot D_{sm} \quad (2.8)$$

Kde: E_r – efektivní časový fond ručního pracoviště [hod/rok],
 D – počet dní dovolené (cca 20) [dny/ rok],
 N – počet dní nemocenské (cca 15) [dny/ rok].

2.6.2 Počty pracovišť [1], [3], [4]

Pro výpočet potřebného počtu pracovišť se vychází z normového času, který je potřebný ke zhotovení výrobní operace jednoho výrobku. Normovaný čas se skládá z jednotkového času, popřípadě ještě může obsahovat čas dávkový, který připadá na jeden kus. Požadovaný čas na jedno pracoviště se vypočítá vynásobením normového času predikovaným počtem vyrobených výrobků za jeden rok. K získání kapacitního množství je třeba si uvědomit, že většina provozů funguje na dvě směny, tak je tedy počet směn vyjádřen směnností.

$$P_{thi} = \frac{t_{ki} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} \quad (2.9)$$

Kde: P_{thi} – teoretické množství pracovišť na provedení dané operace [-],
 t_{ki} – teoretický čas nutný k provedení dané operace [min],
 N – plánované množství vyráběných výrobků za rok [ks/rok],
 E_s – efektivní časový fond pracoviště [hod/ rok],
 s_s – směnovost pracovišť [-],
 k_{pns} – koeficient překračování norem [-].

Po spočtení teoretického počtu pracovišť je třeba výsledek zaokrouhlit na celé číslo směrem nahoru. Toto číslo udává skutečný počet strojů, potřebných k výkonu dané operace. Tímto ovšem klesne využití pracovišť, které se vypočítá dle následujícího vzorce:

$$\eta_i = \frac{P_{thi}}{P_{ski}} \cdot 100 [\%] \quad (2.10)$$

Kde: η_i – využití strojů i – té operace [%],
 P_{ski} – skutečný počet strojů pro i – tou operaci [-].

2.6.3 Počty pracovníků [1], [3], [4]

Potřebný počet pracovníků daném v podniku je složen z výrobních a pomocných dělníků a dále z obsluhového a pomocného personálu. Mezi další se zde řadí TPA pracovníci.

• Pracovníci ve výrobě

Pro určení přibližného počtu strojních a ručních dělníků je třeba vycházet z predikovaných časů dílčích operací technologického postupu. Tyto výpočty se obvykle provádějí pro každou výrobní operaci a při klasickém dvousměnném provozu platí, že počet dělníků nutný k zajištění provozu na první směně, je stejný jako počet dělníků na směně druhé.

$$D_{vsI} = \frac{t_{ki} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns} \cdot a} = \frac{P_{ski}}{a} \quad (2.11)$$

$$D_{vsII} = (s_s - 1) \cdot D_{vsI} \quad (2.12)$$

Kde: D_{vsI} , D_{vsII} – počet strojních výrobních dělníků pro první a druhou operaci
 N – plánované množství vyráběných výrobků za rok,
 t_{ki} – predikovaný čas nutný k provedení dané operace,
 a – koeficient pro vícestrojovou obsluhu.

Koeficient pro vícestrojovou obsluhu slouží k vyjádření, že pracovník je dělník schopný obsluhovat více strojů najednou. S touto vícestrojovou obsluhou ale jde počítat jen za předpokladu, že je kusový čas výrobní operace delší jak 16 min.

Celkový počet dělníků se pak získá ze součtu celkových výrobních dělníků a celkového počtu strojních dělníků

$$D_{vs} = D_{vsl} + D_{vsII} \quad (2.13)$$

Kde: D_{vs} – celkový stav strojních pracovníků.

- **Evidenční stavy pracovníků** [1], [3], [4]

Do celkového počtu pracovníků je dále třeba připočíst i pracovníky, kteří budou tvořit zástup za ty, kteří budou zrovna čerpat dovolenou, nemocenskou. Následující evidenční stavy jsou obvykle počítány už jen jako sumární počet celé skupiny dělníků.

$$D_{evs} = D_{vs} \cdot \frac{E_s}{E_d} \quad (2.14)$$

$$D_{evr} = D_{vr} \cdot \frac{E_r}{E_d} \quad (2.15)$$

Kde: D_{vs} – celkový počet strojních výrobních dělníků (pro dvě směny)
 D_{vr} – celkový počet ručních výrobních dělníků (pro dvě směny)

- **pomocní pracovníci**

Počet pomocných dělníků je z pravidla odvozován z celkového počtu pracovníků určeného z procentuálního poměru. Mezi tyto pracovníky se řadí pracovníci pracující na údržbě a ti, kteří se starají o nástroje, či tyto nástroje vydávají apod.

$$D_p = (0,3 \div 0,4) \cdot D_v \quad (2.16)$$

$$D_{evp} = 1,1 \cdot D_p \quad (2.17)$$

Kde: D_p – celkový počet pomocných dělníků,
 D_{evp} – celkový evidenční počet pomocných dělníků.

Z toho lze vyhodnotit, že celkový počet evidenčních dělníků je:

$$D_{evc} = D_{evs} + D_{evr} + D_{evp} \quad (2.18)$$

- **pomocný a obslužný personál**

Jsou to pracovníci, kteří mají na výrobním procesu nejmenší podíl. Jedná se o uklízečky, pracovníky v kantýně, účetní apod.

$$D_{pop} = (0,015 \div 0,03) \cdot D_{evc} \quad (2.19)$$

- **Inženýrsko – techničtí a administrativní pracovníci**

Jedná se o pracovníky pracující na konstrukci, technologii, účtárně, dále to mohou být mistři, nákupčí, správci skladů apod.

$$TPA = (0,15 \div 0,25) \cdot D_{evc} \quad (2.20)$$

Tito pracovníci jsou následně rozděleni do jednotlivých podskupin v poměru:

- 30 % - administrativní pracovníci
- 20 % - pracovníci pracující na konstrukci
- 50 % - pracovníci operativního řízení, což jsou technologové a mistři

Z těchto výpočtů se tedy získá výsledný počet všech pracovníků v podniku, který je:

$$D_c = D_{evc} + TPA + D_{pop} \quad (2.21)$$

2.6.4 Výměra ploch [1], [3], [4]

Pro co neoptimálnější vypracování technologického projektování je třeba stanovit pracovní plochu pro všechna pracoviště.

- **Výrobní plocha**

Do této plochy se řadí strojní a ruční pracoviště. Pro stanovení strojní plochy pro strojní pracoviště se vychází z parametrů stroje, tj. délky a šířky, ke kterým se dále připočtou další plochy, jako třeba pro palety, místo pro dělníka, manipulační uličky a bezpečnostní vzdálenost mezi stroji.

$$F_s = \sum_{j=1}^m f_{sj} \cdot n_j \quad (2.22)$$

$$F_r = f_r \cdot P_r \quad (2.23)$$

Kde: F_s – výrobní plocha strojních pracovišť [m^2],
 f_{sj} – měrná plocha strojního pracoviště pro daný stroj [m^2],
 n_j – navržený počet strojů daného typu,
 F_r – výrobní plocha ručního pracoviště [m^2],
 f_r – měrná plocha ručního pracoviště [m^2],
 P_r – navržený počet ručních pracovišť.

Celková výrobní plocha je tedy:

$$F_v = F_s \cdot F_r \quad (2.24)$$

- **Pomocná podlahová plocha**

Výměra je odvozena od plochy výrobní podlahové. Ze statistik bylo zjištěno, že tato plocha tvoří průměrně 45 – 65 % výrobní plochy.

$$F_p = (0,45 \div 0,65) \cdot F_v = F_{phn} + F_{pu} + F_{pskl} + F_{pdc} + F_{pk} \quad (2.25)$$

Kde: F_{phn} – (0,14 – 0,16) F_p – plocha pro hospodaření s náradím [m^2],
 F_{pu} – (0,14 – 0,16) F_p – plocha pro údržbu [m^2],
 F_{pskl} – (0,14 – 0,16) F_p – plocha skladů [m^2],
 F_{pdc} – (0,14 – 0,16) F_p – plocha dopravních cest [m^2],
 F_{pk} – (0,14 – 0,16) F_p – kontrolní plocha [m^2].

Celková provozní plocha se určí součtem výrobní plochy a pomocné podlahové plochy:

$$F_{pr} = F_v \cdot F_p \quad (2.26)$$

- **Správní plocha**

Při výpočtu správní plochy se vychází z počtu inženýrsko – technických a administrativních pracovníků. Dále se k jednotlivým skupinám pracovníků ještě přičítá tzv. „normovaná plocha“. Tato plocha se dále navýší o 30 – 40 % pro chodby, schodiště, výtahy apod.

$$F_{spr} = (T \cdot (5 - 6 \text{ m}^2) + K \cdot (8 - 12 \text{ m}^2) + A \cdot (4,5 - 5 \text{ m}^2) \cdot (1,3 - 1,4) \quad (2.27)$$

Kde: F_{spr} – správní plocha [m^2],
 T – počet technologů,
 K – počet konstruktérů,
 A – počet administrativních pracovníků.

- **Sociální plocha**

Sociální plocha se skládá ze šaten, WC a umývárén.

$$F_{soc} = F_{\text{\textit{šat}}} + F_{WC} + F_{um} \quad (2.28)$$

Kde: F_{soc} – plocha sociální [m^2],
 $F_{\text{\textit{šat}}}$ – plocha šaten [m^2],
 F_{um} – plocha umývárén [m^2],
 F_{WC} – plocha toalet [m^2].

Pro šatny se počítá cirká 0,8 m^2 pro jednoho pracovníka a toto číslo se ještě navýší o 30 – 40 %, z důvodu rezervy pro chodby, schodiště apod.

$$F_{\text{\textit{šat}}} = 0,8 \cdot \text{m}^2 \cdot (D_{evc} + D_{pop}) \cdot (1,3 - 1,4) \quad (2.29)$$

U umývárén se počítá s prostorem 0,3 – 0,4 m^2 pro jednoho pracovníka.

$$F_{um} = (0,3 - 0,4 \text{ m}^2) \cdot (D_{evc} + D_{pop}) \cdot (1,3 - 1,4) \quad (2.30)$$

Pro WC se uvažují 2 m^2 pro jednoho pracovníka, za předpokladu, že jedno WC připadá na 15 pracovníků.

$$F_{WC} = 2 \cdot \frac{D_c}{15} \quad (2.31)$$

- **Celková plocha útvaru**

Celková plocha je vypočtena součtem pracovní, sociální a správní plochy:

$$F_{\text{\textit{útv}}} = F_{pr} + F_{spr} + F_{soc} \quad (2.32)$$

3 PŘEDSTAVENÍ PRODUKTOVÉHO PORTFÓLIA FIRMY [11]

Firma dělá zakázky pro desítky zákazníků, ale jelikož si firma nepřeje, aby byly jmenovány v této bakalářské práci, budou tedy jednotliví zákazníci přejmenováni.

3.1 Příklady nejčastějších dílů

Na středisku HS 600 se dělají výrobky pro 9 zákazníků. Pro zákazníky A, B, C, D, E, z nichž zákazník D je největší odběratel, se vyrábějí kostry, viz obrázek č. 14. Vyrábí se celkem 6 druhů koster, které se lehce liší jen tvarem, rozměry a barvou.

Mezi další výrobky se řadí litinové štíty znázorněny na obrázku 13, které se vyrábějí v devíti různých variantách. Tyto varianty se opět liší hlavně v barvě a tvaru, ve velikosti však zůstávají převážně obdobné. Štíty se dělají pro zákazníky D, E, F, G, A, z nichž A je největší odběratel.

Dalším zástupcem výrobků jsou hliníkové díly zobrazeny na obrázku 16, které se dělají pouze pro zákazníka D. Dělají se ve třech provedeních a liší se pouze v počtu děr a ve velikosti vnitřního průměru.

Poslední nejčastější výrobky, které se vyrábějí na tomto středisku jsou litinové příruby, viz obr. č. 15, pro zákazníky A, B, H, I. Dělají se v 5 různých provedeních, ale na rozdíl od ostatních výrobků, mají tyto příruby výrazně jiný tvar, velikost a provedení.



Obr. 14 litinová kostra [11]



Obr. 13 litinový štít [11]



Obr. 16 hliníkový díl [11]



Obr. 15 litinová příruba [11]

4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU [1], [4], [10]

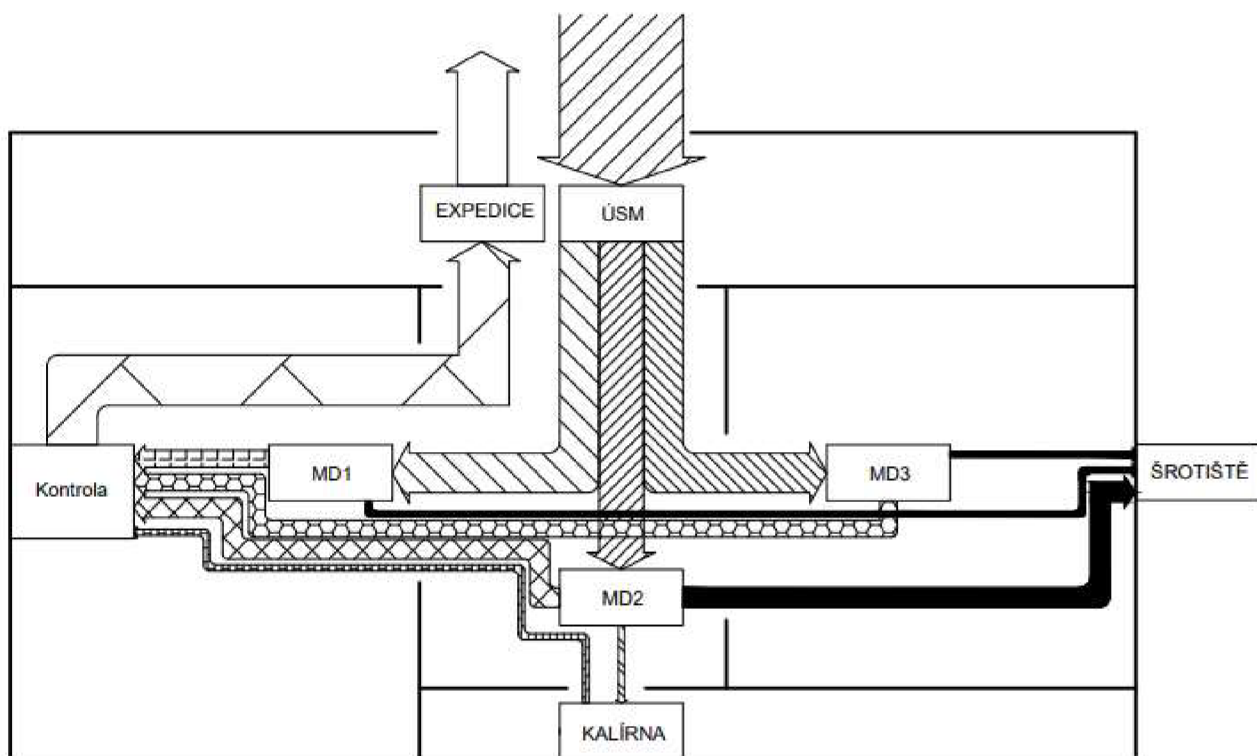
Jak již bylo dříve zmíněno, předmětem analýzy je hlavní výroba z pohledu materiálových toků a rozmístění pracovišť. Dále je zanalyzována jedna vybraná součástka, u které jsou provedeny kapacitní propočty pro původní variantu a následně pro upravenou. V poslední části jsou provedeny propočty pro ústřední sklad materiálu.

4.1 Analýza materiálových toků

Analýza materiálových toků je důležitá součást technologického projektu. Intenzita toků mezi jednotlivými objekty napovídá o jejich příslušném uspořádání v daném objektu. Jeden z analytických nástrojů pro vizualizaci materiálových toků v rámci provozu nebo celkového podniku je Sankeyův diagram znázorněný na obrázku 17 a šachovnicová tabulka – viz tab. 4.

Tab. 4 Šachovnicová tabulka současných meziobjektových mat. toků v tunách za rok.

	Okolí	Depal.	MD1	MD2	MD3	Kalírna	kontrola	Šrotiště	Expedice	Suma
Okolí	-----	650								650
Depal.		-----	203,5	240,5	208					652
MD1			-----				182	19,5		201,5
MD2				-----		52	104	84,5		240,5
MD3					-----		195	13		208
Kalírna						-----	52			52
Kontrola							-----		533	533
Šrotiště	117							-----		117
Expedice	533								-----	533
Suma	650	650	203,5	240,5	208	52	533	117	533	



Obr. 17 Dispoziční schéma dle Sankeyova diagramu

4.2 Kruhová metoda

Kruhová metoda se tvoří za pomoci šachovnicové tabulky – viz tab. 4, ze které je vytvořena tabulka dvojic odesílatelů a příjemců – viz tab. 5. Po vytvoření a následném vyplnění tabulky je zvoleno vhodné měřítko pro grafické vyjádření návrhu a k jednotlivým objektům jsou vypočteny poloměry kružnic. Na středu kružnice je uvedeno místo (popř. pracoviště) odesílatele a na obvod se zaznačí příjemce. Následně jsou kružnice kladeny od nejmenších kružnic po největší.

Tab. 5 Meziobjektová vzdálenost

Číslo odesílatele	VEN	KON	ÚSM	ÚSM	ÚSM	MD3	MD1	MD2	MD2	MD2
Číslo příjemce	SKL	EXP	MD2	MD3	MD1	KON	KON	KON	ŠRO	KAL
Dosavadní vzdálenost	36	100	70	75	83	50	15	30	65	40
Přepřavovaná hmotnost	650	533	240,5	208	201,5	195	182	104	84,5	52
Poloměr vzdálenosti L	1	2	4	5	5	5	5	9	11	18
Tunokilometry	23,4	53,3	16,8	15,6	16,7	10,1	2,7	3,1	5,5	2,1

Počátek kružnic je zvolen ve vstupu do podniku, jelikož ten nelze změnit. Měřítko na papír je zvoleno: $1 \text{ kg}^{-1} = 10 \text{ mm}$.

Dále je třeba překreslit výsledné pozice do půdorysu podniku v optimálním měřítku, které je voleno: $1 \text{ kg}^{-1} = 10 \text{ mm}$. Následně je nutné upravit pozice jednotlivých objektů vhodně k prostorům podniku či dle logického úsudku.

4.2.1 Varianta 1

U teoretického grafického zpracování – viz obr. č. 18, je třeba upravit umístění pracoviště tak, jak již bylo avizováno výše. Tyto objekty byly posunuty z důvodů:

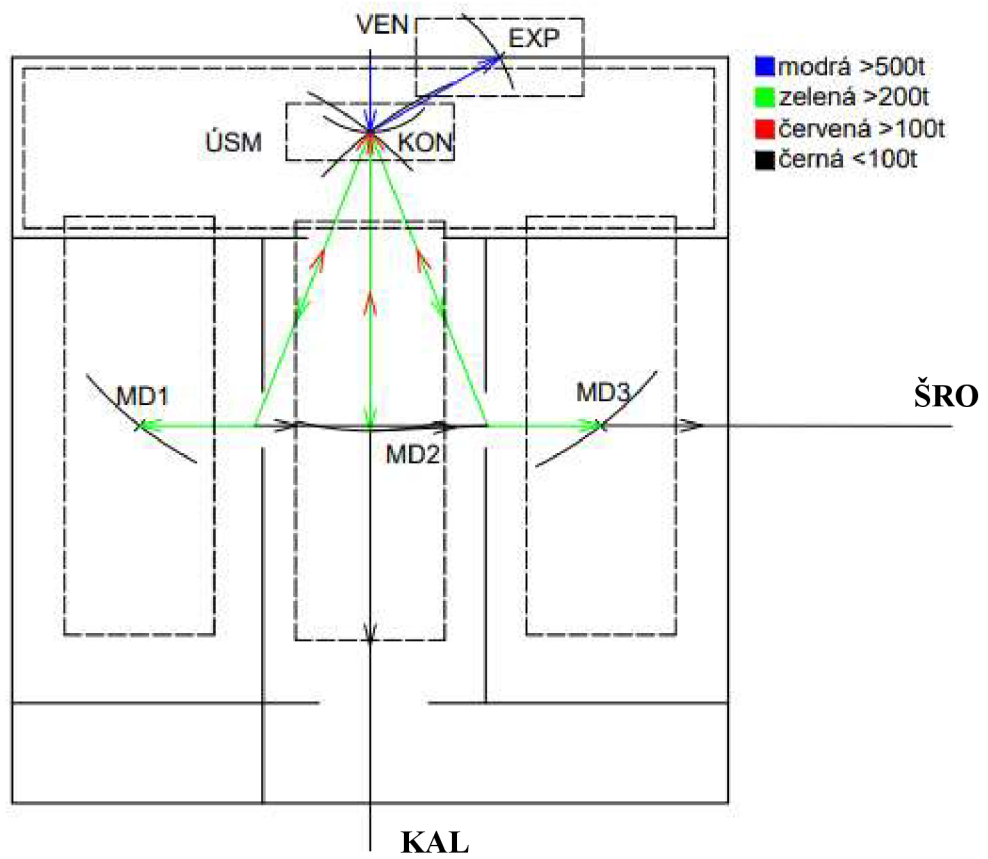
MD1 – Mechanickou dílnu 1, neboli středisko 600 je třeba posunout tak, aby nezasahovala do stěny dílny a dále aby ležela přiměřeně k hale č. 1. U pracovišť MD2 a MD3 je posunutí provedeno obdobným způsobem, jako u MD1.

KON – Kontrolu je třeba posunout tak, aby nezavazela v materiálovém toku ze skladu do mechanických dílen. Je posunuta vedle průchodu ve skladu do mechanické dílny 2

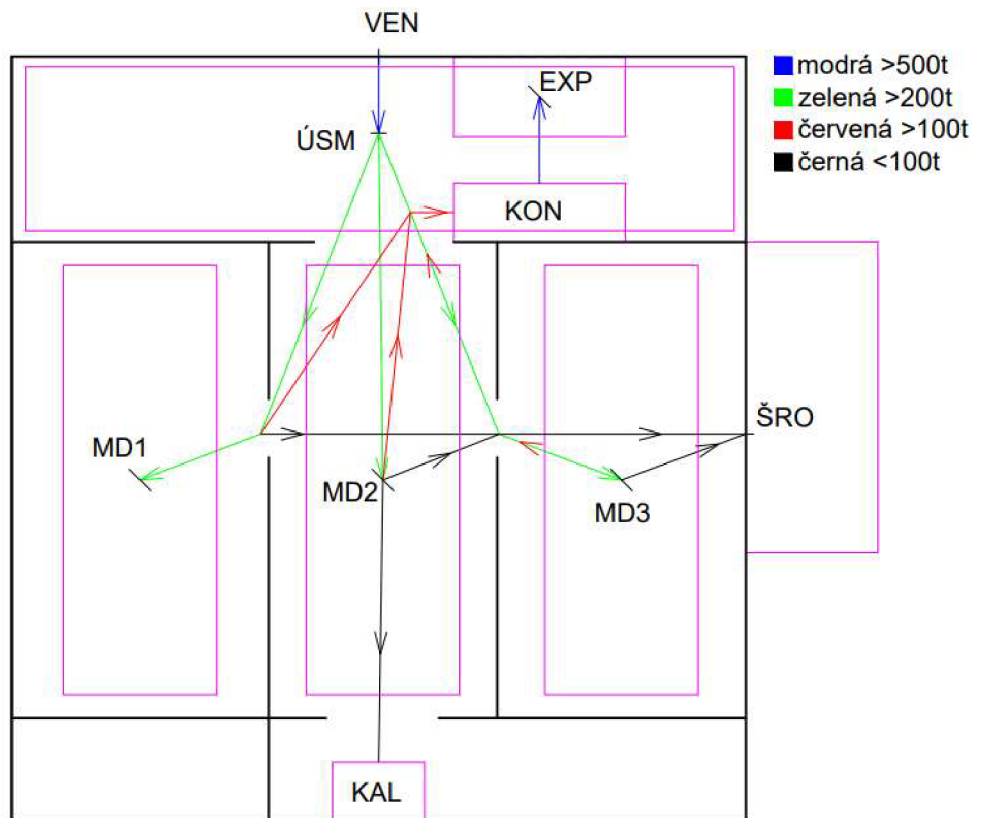
EXP – Expedici je třeba přemístit, aby nezasahovala do stěny skladu a nepřekážela materiálovému toku, který vede z okolí do ústředního skladu materiálu. Pro co nejkratší manipulaci s materiálem je přemístěna přímo naproti kontrole, odkud jde většina materiálu.

ŠRO – Šrotiště dle kruhové metody vyšlo výrazně mimo hranice podniku, je tedy nutné jej posunout zpět. Je přemístěno mimo budovu podniku na odkladovou plochu hned vedle mechanické dílny 3.

KAL – kalírna, stejně jako šrotiště vyšla dle kruhové metody mimo hranice budovy podniku, takže je opět nutné ji posunout zpět. Kalírna je umístěna pod mechanickou dílnu 2.



Obr. 18 Teoretické grafické rozložení varianty 1



Obr. 19 Grafické rozložení varianty 1

Zhodnocení varianty 1:

Z grafického zobrazení pozic varianty 1 – viz obr. č. 19, za použití kruhové metody, je získané možné rozložení objektů v podniku. Oproti původnímu stavu jsou zde zkrácené manipulace s materiálem z jednotlivých dílen, ale za to je zde poměrně patrné křížení materiálových toků z mechanických dílen na kontrolu a na šrotiště.

Výhody:

- Přesunutí kontroly se oproti stávajícímu rozpoložení objektů zkrátila manipulace s materiálem z MD2 a MD3 na kontrolu;
- Materiálové toky jsou zde vyřešeny lépe, než u stávajícího uspořádání pracovišť;
- Technologicky přidružené pracoviště jsou k sobě více přiblíženy

Nevýhody:

- Je třeba přesunout kontrolu na jiné místo, což znamená investovat do nových prostorů pro kontrolu;
- Po přesunutí kontroly z haly č. 1 se prodlouží manipulace s materiálem z MD1 na kontrolu
- Je zde poměrně velké křížení materiálových toků, a to zejména v mechanické dílně 2, kdy se z ostatních dílen přesouvá materiál na kontrolu a při vývozu třísek na šrotiště.

4.2.2 Varianta 2

Stejně jako u varianty 1 je třeba vytvořit teoretické grafické zpracování – viz obr. č. 20 a následně upravit jednotlivé objekty dle potřeby:

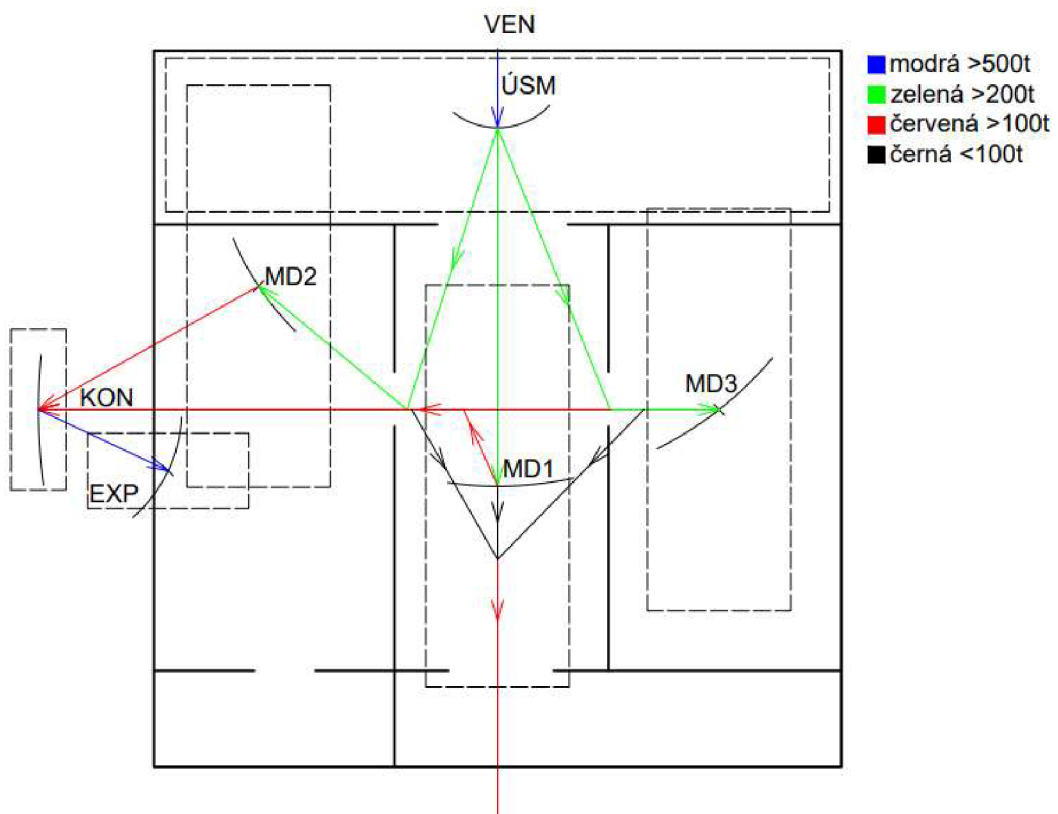
MD1 – Mechanická dílna 1 se prohodí s mechanickou dílnou 2 a to z důvodu zbytečně velké manipulace s materiálem u MD2. Dále se musí její umístění upravit tak, aby nekolidovala se stěnou haly (což je třeba udělat u všech mechanických dílen) a s kontrolou, která je taktéž umístěna v téže hale.

KON – Kontrola vyšla z kruhové metody mimo objekt podniku, je ji tedy třeba posunout dovnitř tak, aby nekolidovala s MD1.

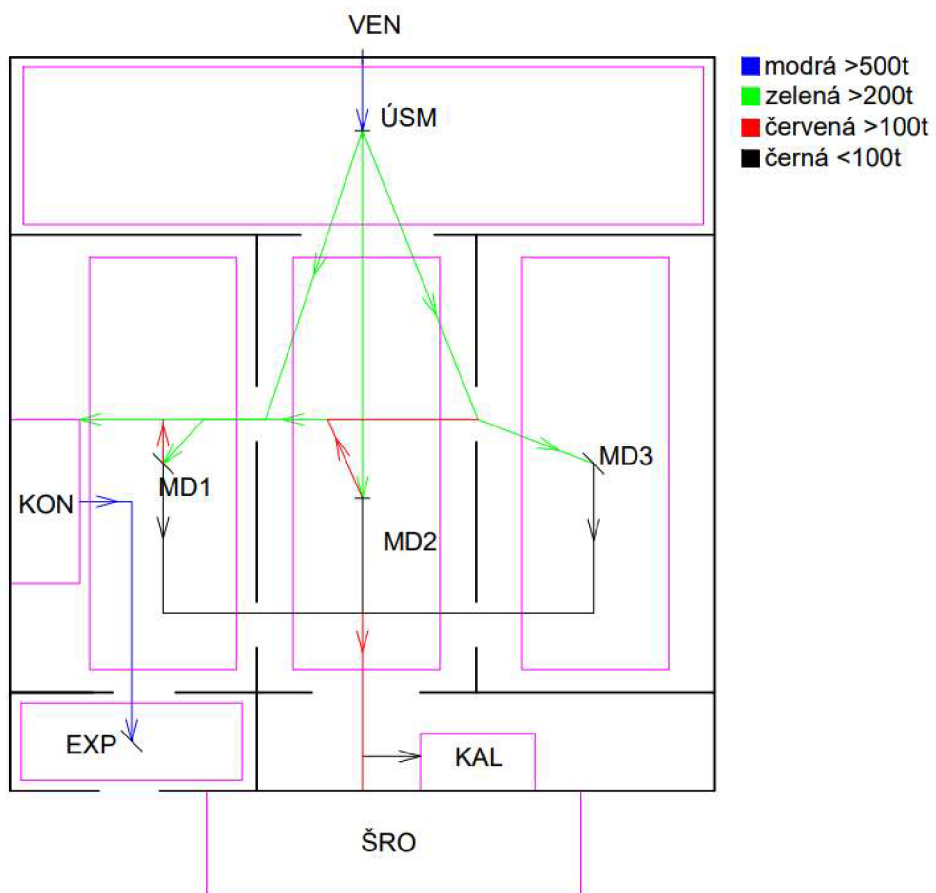
ŠRO – Jelikož šrotiště opět vyšlo za pomoci kruhové metody výrazně mimo hranice podniku, je třeba jej posunout blíže. Je umístěno pod MD2 vedle kalírny na panelovou plochu, kterou je možné použít jako odkládací plochu.

KAL – Stejně jako šrotiště, kalírna vyšla z kruhové metody mimo hranice podniku, je tedy třeba ji posunout zpět. Je umístěna pod MD2 a posunuta doleva tak, aby nepřekážela materiálovému toku směřujícímu na šrotiště.

EXP – Expedice je přímo vázaná na kontrolu, tak je třeba ji umístit v blízkém okolí. Je tedy umístěna do místnosti pod MD1, odkud je stále dobrý přístup i s vozíky a jinými manipulatory.



Obr. 20 Teoretické grafické rozložení varianty 2



Obr. 21 Grafické rozložení varianty 2

Zhodnocení Varianty 2

Z grafického zobrazení pozic varianty 2 – viz obr. č. 21 za použití kruhové metody je získáno možné rozložení objektů v podniku. Na rozdíl od varianty 1 je zde mnohem menší křížení materiálových toků, a to zejména při odvodu třísek na šrotiště a převozu výrobků na kontrolu.

Výhody:

- Menší křížení materiálových toků;
- Není třeba investovat do nové místnosti pro kontrolu;
- Technologicky přidružené pracoviště jsou k sobě více přiblíženy
- Kontrola a expedice jsou k sobě přiblíženy, což zkracuje manipulaci s materiálem

Nevýhody:

- Je třeba investovat do vrat na nové místo expedice;
- Delší manipulace s materiálem z MD3 na kontrolu;

4.3 Trojúhelníková metoda prostá

Obdobným způsobem jako u kruhové metody se vychází z šachovnicové tabulky, ze které je třeba vytvořit dvojice pracovišť (odesílatelů a příjemců). Za pomoci trojúhelníkové sítě, která je sestavena tak, aby co nejvíce odpovídala tvaru hal, je sestaven teoretický návrh rozpoložení jednotlivých objektů, které je třeba následně upravit do logického uspořádání.

4.3.1 Varianta 3

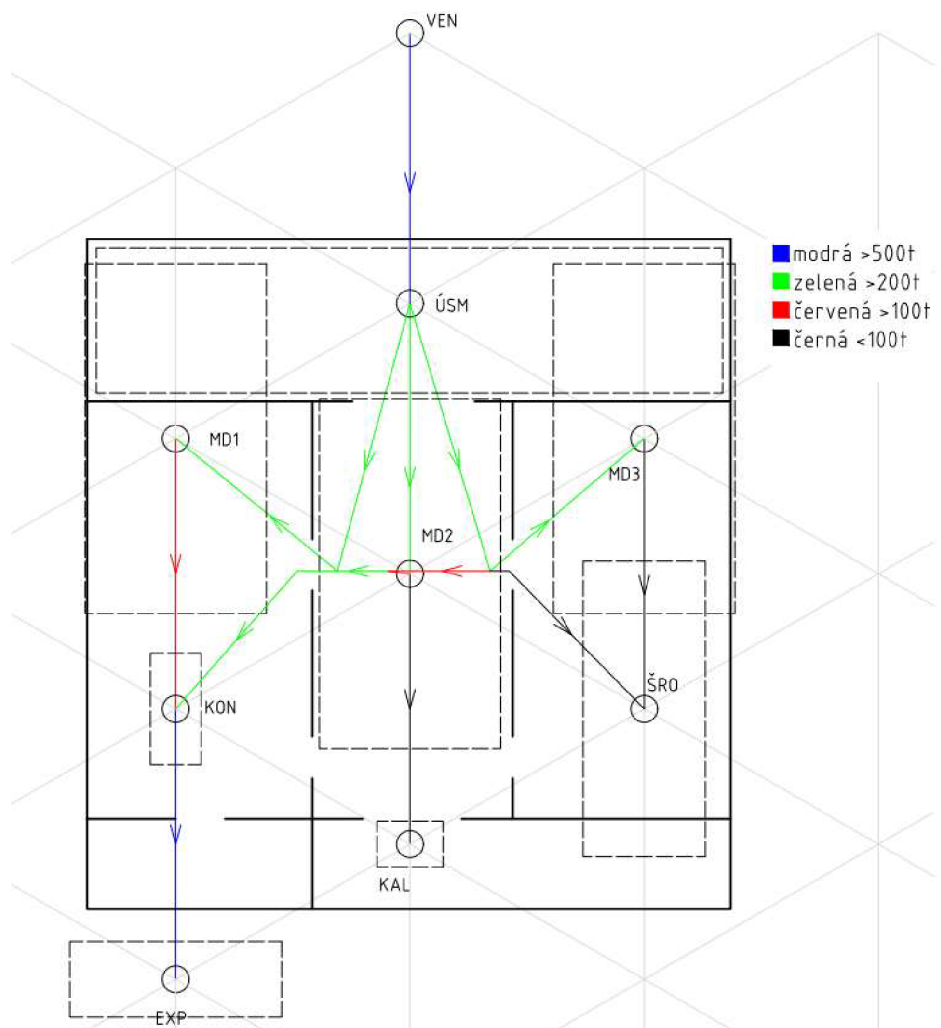
MD – Mechanické dílny je třeba upravit tak, aby nekolidovaly se stěnami hal a umístit je přiměřeně k příslušným halám, ve kterých jsou umístěny. Mechanickou dílnu 1 je třeba umístit s ohledem na fakt, že se v hale nachází kontrola a další kanceláře, které nejsou v tomto rozložení zobrazeny.

KON – Kontrola je umístěna v hale č. 1. Tuto halu sdílí s mechanickou dílnou 1 a s dalšími kancelářskými místnostmi, jak již bylo avizováno výše.

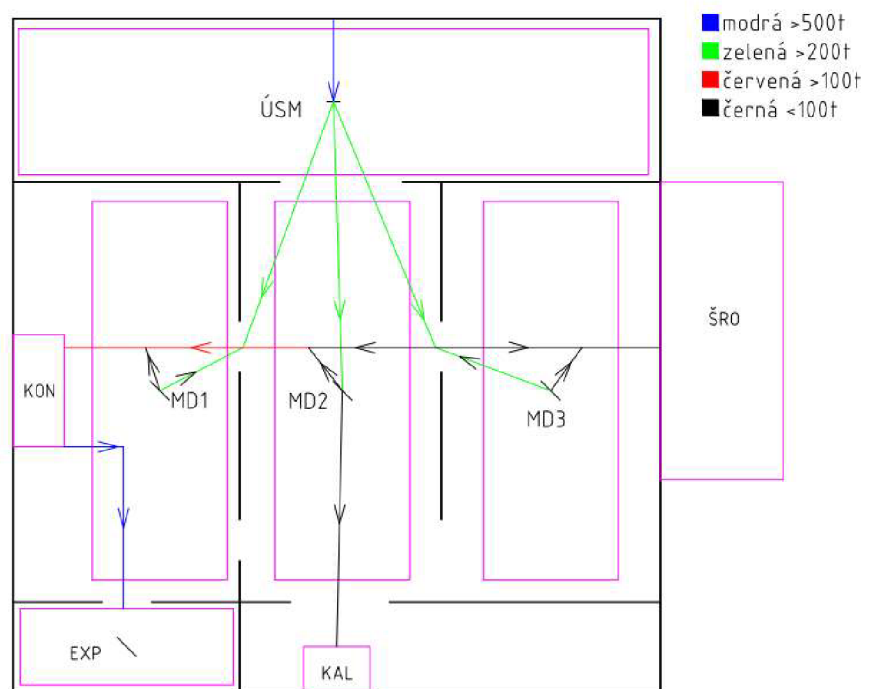
ŠRO – Dle teoretického rozložení by mělo být umístění šrotiště uvnitř podniku v hale č. 3. To je nereálné, jelikož na to v hale není místo, tak je posunuto mimo podnik na odkladní plochu vedle mechanické dílny 3.

KAL – Kalírnu je potřeba lehce posunout tak, aby odpovídala tvaru místnosti a nekolidovala se stěnami místnosti.

EXP – Expedice dle teoretického návrhu vyšla mimo podnik, což je třeba opravit posunutím zpět do budovy. Expedice je přímo vázaná na kontrolu, tak je nutné ji umístit v blízkém okolí. Je tedy umístěna do místnosti pod MD1, odkud je stále dobrý přístup i s vozíky a jinými manipulátory.



Obr. 22 Teoretické grafické rozložení varianty 3



Obr. 23 Grafické rozložení varianty 3

Zhodnocení varianty 3

Za pomoci trojúhelníkové metody prosté je na obrázku 23 vytvořeno grafické rozložení objektů v podniku. Dochází zde k mírnému křížení materiálového toku. Rozložení objektů zůstává až na expedici stejné, jako v původním stavu. Ta je přesunuta z ústředního skladu materiálu do místnosti pod halou č. 1.

Výhody:

- Technologicky příbuzné pracoviště jsou k sobě co nejvíce přiblíženy
- Kontrola zůstává na původním místě => není třeba investovat do nových prostorů
- Expedice je blíž ke kontrole, což zkrátí manipulační čas

Nevýhody:

- Střední křížení materiálových toků
- Poměrně velká vzdálenost od MD3 na kontrolu
-

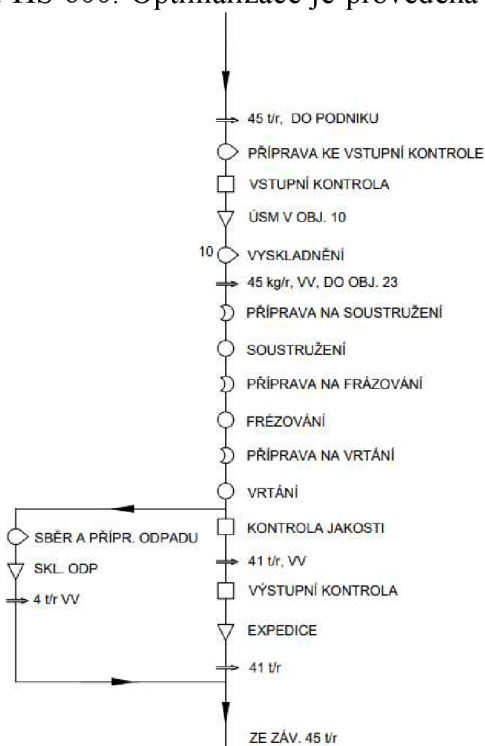
Z důvodu plynulejších materiálových toků, kratší manipulaci s materiálem, a hlavně z důvodu nepotřebného investování peněz a času do nových prostorů kontroly, zatímco se expedice „pouze“ přesune do jiné místnosti, se uspořádání varianty 2 jeví jako nejvhodnější.

4.4 Optimalizace ve výrobě

Optimalizace výrobního procesu je provedena pro představitele výroby, litinový štít, znázorněný v kapitole 3, který se vyrábí na středisku HS 600. Optimalizace je provedena za pomoci blokového schéma– viz obr. 24.

V současné době je výroba tohoto výrobku prováděna celkem na tři operace na třech různých strojích. Nejprve se provádí soustružení na CNC soustruhu DOUBLE, pak následuje frézování na CNC frézce Haas MiniMill 2 a jako poslední operace je provedeno vrtání na ruční vrtačce.

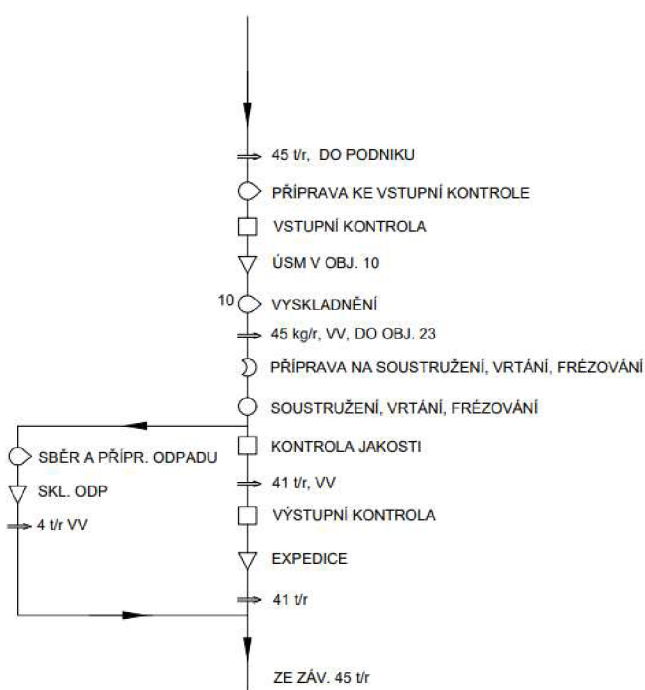
Jelikož je při výrobě této součásti použito tolik operací na různých strojích, stává se značně neekonomická a zbytečně nákladná, protože se zde prodlužuje výrobní doba jednoho výrobku z důvodu větší manipulace s materiálem mezi operacemi, ale taky je třeba zaplatit více pracovníků kteří, se podílí na výrobě tohoto výrobku.



Obr. 24 Blokové schéma současného stavu

Optimalizovat je tedy možné například použitím obráběcího centra – viz příloha č.2, na kterém by se zhotovily všechny tři operace najednou. Tento způsob by značně urychlil výrobní proces, jelikož by zde již nedocházelo ke zbytečné mezioperační manipulaci s materiálem, ale taky by bylo možné zredukovat počet pracovníků potřebných ke zhotovení této součásti na menší počet lidí. To může vést například ke snížení nákladů za výrobu tohoto výrobku a díky tomu by mohla mít firma lepší konkurenceschopnost na trhu.

Z blokového schéma výroby na obrázku 25, za použití obráběcího centra je patrné, že je manipulace s materiálem a s ní spojené mezioperační prodlevy sníženy.



Obr. 25 Blokové schéma s obráběcím centrem

4.5 Kapacitní propočty

Kapacitní propočty jsou provedeny nejprve pro původní stav, kdy je použito větší množství strojů a následně pro upravený stav, kde jsou všechny stroje nahrazeny jedním obráběcím centrem HiTURN 65 – 10X, které je zvoleno v předchozí kapitole. Propočty vychází z technologického postupu výroby zvoleného výrobku dle kapitoly 2.6.

• Efektivní časové fondy

V roce 2021 je 252 pracovních dnů [12] (do těchto dnů se nepočítají svátky). Délka jedné směny je 8 hodin a efektivní časový fond je tedy dle vzorečku 2.6:

$$E_r = P_d \cdot D_{sm} = 252 \cdot 8 = 2016 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Efektivní časový fond (vzorec 2.7) strojního pracoviště, pokud je čas na odstávky roven 11 %

$$E_s = E_r - (0,09 \div 0,13) \cdot E_r = 2016 - 0,11 \cdot 2016 = 1795 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Doba dovolené je uvažována 21 dnů a doba pracovní neschopnosti 16 dnů. Z toho dle vzorce 2.8 je určen efektivní časový fond dělníka:

$$E_d = E_s - (D + N) \cdot D_{sm} = 1795 - (21 + 16) \cdot 8 = 1499 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}$$

4.5.1 Kapacitní propočty pro současný stav

• Počty pracovišť

Z technologického postupu – viz příloha č.3, jsou převzaty časy jednotlivých operací výroby daného výrobku.

$$P_{th1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{8 \cdot 20000}{60 \cdot 1795 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,62; \quad P_{sk1} = 1$$

$$P_{th2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{3 \cdot 20000}{60 \cdot 1795 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,23; \quad P_{sk2} = 1$$

$$P_{th3} = \frac{t_{k3} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{2 \cdot 20000}{60 \cdot 1795 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,16; \quad P_{sk3} = 1$$

$$P_{th4} = \frac{t_{k4} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_r \cdot k_{pns}} = \frac{4 \cdot 20000}{60 \cdot 1795 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,31; \quad P_{sk4} = 1$$

Po vypočtení teoretických počtů pracovišť a jejich následném zaokrouhlení směrem nahoru vyšlo najevo, že na všechny operace je vhodné využít jednoho stroje či jednoho pracoviště.

Dále je třeba vypočítat využití strojů a pracovišť jednotlivých operací. K tomu se užije vzorec 2.10.

$$\eta_1 = \frac{P_{th1}}{P_{sk1}} \cdot 100 = \frac{0,93}{1} \cdot 100 = 62 \%$$

$$\eta_2 = \frac{P_{th2}}{P_{sk}} \cdot 100 = \frac{0,46}{1} \cdot 100 = 23 \%$$

$$\eta_3 = \frac{P_{th3}}{P_{sk3}} \cdot 100 = \frac{0,16}{1} \cdot 100 = 16 \%$$

$$\eta_4 = \frac{P_{th4}}{4} \cdot 100 = \frac{0,31}{1} \cdot 100 = 31 \%$$

Celkové využití strojních pracovišť, tj. operace 10 až 30:

$$\eta_{str} = \frac{\eta_1 \cdot P_{th1} + \eta_2 \cdot P_{th2} + \eta_3 \cdot P_{th3}}{P_{sk1} + P_{sk2} + P_{sk}} \cdot 100 = \frac{0,62 \cdot 1 + 0,23 \cdot 1 + 0,16 \cdot 1}{1 + 1 + 1} \cdot 100 = 33,7 \%$$

• Počty pracovníků

Počet pracovníků je získán jako součet ručních a strojních dělníků. Koeficient pro vícestrojovou obsluhu a je roven 1 (jelikož jedna operace trvá vždy méně jak 16 min) a proto je dle vzorce 2.11 počet výrobních dělníků stejný, jako skutečný počet strojů. Při výrobě tohoto výrobku je využito dvou směnného provozu. Počet pracovníků je tedy dle vzorců 2.12 a 2.13 roven:

$$D_{vsl} = \sum_{i=1}^{op} D_{vsi} = \frac{P_{sk1} + P_{sk2} + P_{sk3}}{a} = \frac{3}{1} = 3$$

$$D_{vsII} = (s_s - 1) \cdot D_{vsl} = (2 - 1) \cdot 3 = 3$$

$$D_{vs} = D_{vsl} + D_{vsII} = 3 + 3 = 6$$

Počet ručních dělníků vychází dle tohoto postupu na jednoho. Jelikož je ale využito ručního pracoviště (kontroly) pro tento výrobek pouhých 31 %, bude se uvažovat, že ruční pracovník pro tuto výrobu nebude žádný a jeho práci zastoupí pracovníci na kontrole. Celkový počet výrobních dělníků je tedy šest.

Evidenční stav strojních pracovníků je dle vzorce 2.14:

$$D_{evs} = D_{vs} \cdot \frac{E_s}{E_d} = 6 \cdot \frac{1795}{1499} = 7,17; \quad D_{evs} = 7$$

Počet pomocných dělníků je proveden dle vzorců 2.16 a 2.17:

$$D_p = 0,35 \cdot D_v = 0,35 \cdot 6 = 2,1$$

$$D_{evp} = 1,1 \cdot D_p = 1,1 \cdot 2,1 = 2,31; \quad D_{evp} = 3$$

Celkový evidenční počet dělníků podle vzorce 2.18:

$$D_{evc} = D_{evs} + D_{evr} + D_{evp} = 7 + 0 + 3 = 10$$

Celkový počet evidenčních dělníků je tedy 10, z čehož je sedm výrobních dělníků a tři pomocní dělníci.

Počet pomocného a obslužného personálu, dle vzorce 2.19:

$$P_{pop} = 0,015 \cdot D_{evc} = 0,015 \cdot 10 = 0,15; \quad P_{pop} = 1$$

Počet inženýrsko – technického a administračního personálu je podle vzorce 2.20:

$$TPA = 0,2 \cdot D_{evc} = 0,2 \cdot 10 = 2$$

Počet těchto pracovníků je dále třeba rozdělit v příslušném poměru na administrativní pracovníky, pracovníky na konstrukci a pracovníky operačního řízení (technologové, mistři), kterých je v tomto poměru nejvíce. Jelikož vyšlo, že tito pracovníci jsou pouze dva, tak se přiřadí na pozici mistra a technologa.

4.5.2 Kapacitní propočty pro nový stav

- Počty pracovišť

Pro tuto variantu byl vytvořen nový technologický postup – viz příloha 3, kde se všechny výrobní operace provádějí na jednom obráběcím centru. Kontrola zůstává stejná.

$$P_{th1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{13 \cdot 20000}{60 \cdot 1795 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,98; \quad P_{sk} = 1$$

$$P_{th2} = \frac{t_{k4} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_r \cdot k_{pns}} = \frac{4 \cdot 20000}{60 \cdot 1795 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,31; \quad P_{sk} = 1$$

Po vypočtení teoretických počtů pracovišť a jejich následném zaokrouhlením směrem nahoru vyšlo najevo, že na všechny operace je vhodné využít jednoho stroje, či jednoho pracoviště.

Dále je třeba vypočítat využití strojů a pracovišť jednotlivých operací. K tomu se užije vzorec 2.10.

$$\eta_1 = \frac{P_{th1}}{P_{sk}} \cdot 100 = \frac{0,98}{1} \cdot 100 = 98 \%$$

$$\eta_2 = \frac{P_{th4}}{4} \cdot 100 = \frac{0,31}{1} \cdot 100 = 31 \%$$

Celkové využití strojních pracovišť, je tedy 98 %, což je téměř trojnásobek původního stavu. Ruční pracoviště zůstává stejné, tedy 31 %.

- **Počty pracovníků**

Ze vzorců 2.11, 2.12 a 2.13 vyplývá, že počet pracovníků je díky použití obráběcího centra zredukován na jednoho dělníka. Jelikož bude i při této metodě využito dvou směnného provozu, je třeba počítat s dalším dělníkem na druhé směně.

$$D_{vsI} = \sum_{i=1}^{op} D_{vsi} = \frac{P_{sk1}}{a} = \frac{1}{1} = 1$$

$$D_{vsII} = (s_s - 1) \cdot D_{vsI} = (2 - 1) \cdot 1 = 1$$

$$D_{vs} = D_{vsI} + D_{vsII} = 1 + 1 = 2$$

Počet ručních dělníků vychází dle tohoto postupu na jednoho. Jelikož je ale využití ručního pracoviště (kontroly) pro tento výrobek pouhých 31 %, bude se uvažovat, že ruční pracovník pro tuto výrobu nebude žádný a jeho práci zastoupí pracovníci na kontrole. Celkem je tedy třeba využít pouze dva pracovníky.

Evidenční stav strojních pracovníků je dle vzorce 2.14:

$$D_{evs} = D_{vs} \cdot \frac{E_s}{E_d} = 2 \cdot \frac{1795}{1499} = 2,39; \quad D_{evs} = 3$$

Počet pomocných dělníků je proveden dle vzorců 2.16 a 2.17:

$$D_p = 0,35 \cdot D_v = 0,35 \cdot 2 = 0,7$$

$$D_{evp} = 1,1 \cdot D_p = 1,1 \cdot 0,7 = 0,77; \quad D_{evp} = 1$$

Celkový evidenční počet dělníků podle vzorce 2.18:

$$D_{evc} = D_{evs} + D_{evr} + D_{evp} = 3 + 0 + 1 = 4$$

Celkový počet evidenčních dělníků je tedy 4, ze kterých jsou tři výrobní dělníci a jeden pomocný dělník.

Počet pomocného a obslužného personálu, dle vzorce 2.19:

$$P_{pop} = 0,015 \cdot D_{evc} = 0,015 \cdot 4 = 0,06; \quad P_{pop} = 1$$

Počet inženýrsko – technického a administračního personálu je podle vzorce 2.20:

$$TPA = 0,2 \cdot D_{evc} = 0,2 \cdot 4 = 0,8; \quad TPA = 1$$

Počet těchto pracovníků je dále třeba rozdělit v příslušném poměru na administrativní pracovníky, pracovníky na konstrukci a pracovníky operačního řízení (technologové, mistři), kterých je v tomto poměru nejvíce. Jelikož vyšlo, že tito pracovníci jsou pouze dva, tak se přiřadí na pozici mistra a technologa.

4.6 Návrh ústředního skladu materiálu

Pro co nejefektivnější využití výroby je třeba mít správně optimalizovaný ústřední sklad materiálu. Nejprve je třeba podle vzorečku 4.1 spočítat celkovou kapacitu, na kterou je sklad dimenzován

$$Q_{skl} = q \cdot p + \frac{c \cdot q}{2} = 2,58 \cdot 7 + \frac{3 \cdot 2,58}{2} = 21,93 \text{ t} \quad (4.1)$$

Kde: Q_{skl} – skladové množství [t]
 p – pojistná zásoba [dny]
 c – dodávkový cyklus [dny]
 q – denní spotřeba materiálu [t]

$$q = \frac{Q_{celk}}{252} = \frac{650}{252} = 2,58 \text{ t} \quad (4.2)$$

Kde: Q_{celk} – celkové množství zpracovaného materiálu za rok [t]
 260 – počet pracovních dnů v roce

Jako další část při návrhu skladu je třeba stanovit počet jeřábů a vozíků, které budou přepravovat materiál po firmě. Pro těžké a objemné součásti bude využito jeřábu a pro lehké a středně těžké součásti, které se dají převézt za pomoci palet bude využito vysokozdvížných vozíků. Pro zjištění počtu jeřábů se využije vzorec 4.3:

Technické parametry:

Nosnost:	3,2 t
Rozpětí:	16 m
Rozvor kol mostu:	2,7 m
Rychlost pojezdu:	32 m/min
Rychlost zdvihu:	1,4 m/min
Výrobce:	ABUS s.r.o.
Cena:	3 750 000 Kč



Obr. 26 Mostový jeřáb [12]

$$n_j = \frac{M \cdot (k + 1) \cdot \left(\frac{2 \cdot L}{v_j} + t_z \right)}{m_r \cdot p_j \cdot t_c} = \frac{2430 \cdot (2 + 1) \cdot \left(\frac{2 \cdot 61}{8} + 5 \right)}{270 \cdot 1 \cdot 450} = 1,22 \quad (4.3)$$

Kde: M – počet manipulačních jednotek za rok [ks],
 k_s – počet manipulací s jednou součástí,
 L – přepravovaná vzdálenost [m],
 v_j – rychlost výjezdu jeřábu [m/min],
 t_z – doba pro svázání a odvázání [min],
 t_c – efektivní doba směny [min],
 m_r – počet směn za rok [dnů],
 p_j – počet najednou dopravených jednotek [ks]

$$M = n_{pos} \cdot m_r = 9 \cdot 406 = 3654 \text{ ks} \quad (4.4)$$

Kde: n_{pos} – počet dopravených součástí na operaci a směnu [ks]

Podle výpočtu vyšlo najevo, že je třeba užít 1,2 jeřábu, ale jelikož by bylo zbytečně nákladné pořizovat dva jeřáby, zaokrouhlí se počet pouze na jeden. Jeřáb je zvolen jednonosníkový mostový ABUS.

V poslední části optimalizace ústředního skladu materiálu je třeba spočítat již zmíněné potřebné množství vysokozdvížných vozíků – viz vzorec 4.5. Vozík je zvolen HYUNDAI 20BT – 9 – viz obr 27. Jedná se o vysokozdvížný vozík s elektropohonem, který slouží k manipulaci s lehkými a středně těžkými součástmi, jako jsou v tomto případě použity.

Technické parametry:

Nosnost:	2000 kg
Pohon:	Elektro
Maximální zdvih:	7000 mm
Váha:	3420 kg
Cena:	315 000 Kč



Obr. 27 Vysokozdvížný vozík [13]

$$n = \frac{Q \cdot i}{60 \cdot q_v \cdot E \cdot s_s \cdot k} \cdot \left(\frac{L}{v} + t_n + t_v \right) = \frac{542 \cdot 3}{60 \cdot 150 \cdot 1700 \cdot 2 \cdot 0,95} \cdot \left(\frac{145}{4} + 2 + 1 \right) \quad (4.5)$$

$$= 3,45$$

Kde:

- n – počet vozíků [ks],
- Q – hmotnost přepraveného materiálu [kg],
- i – průměrný počet manipulací se všemi součástmi
- q_v – hmotnost přemísťovaných součástí jedním vozíkem jednou jízdou [kg],
- E – časový fond vozíku [hod/směnu]
- s_s – směnnost
- k – koeficient ztrát kapacity vozíku z důvodu oprav
- L – průměrná délka dráhy vozíku zohledněna v obou směrech [m]
- v – průměrná rychlost vozíku při manipulaci s objektem [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]
- t_n – čas potřebný k naložení součásti na vozík [min]
- t_v – čas potřebný k vyložení součásti z vozíku [min]

Celkový počet vozíků vyšel dle výpočtu (4.5) 3,45 ks. Pro optimálnější počet budou použity 4 vozíky pro případ, že by se musel jeden odstavit z důvodu poruchy, či pokud by vozíky nestíhali dovážet materiál k výrobním pracovištím.

5 TECHNICKO – EKONOMICKÉ HODNOCENÍ [4]

Technicko – ekonomické hodnocení se provádí z důvodu zjištění efektivity nově zavedených opatření ve výrobě. V tomto případě je posuzován rozdíl v tunokilometrech původního a upraveného rozmístění pracovišť a následně je zhodnocen rozdíl plynoucí z kapacitních propočtů. Režie a zisk firmy není v ekonomickém zhodnocení začleněn.

5.1 Porovnání tunokilometrů

Tunokilometr je přepravní výkon, který s určitým množstvím (hmotností) ujede danou vzdálenost. Spočte se jako součin hmotnosti nákladu a dopravního výkonu.

Ze součtu tunokilometrů z tab. 5 vyšlo, že v původním způsobu rozmístění bylo celkem 149,3 tunokilometrů. Ve zvolené upravené variantě byla přesunuta expedice blíže ke kontrole, což způsobilo snížení tunokilometrů na 124,4 – viz. tab. 6. Celkem je ušetřeno 24,9 tkm a zároveň není třeba věnovat významnější investice do nových místností, jelikož je třeba jen přesunout expedici, ve které se nacházejí pouze stoly, židle a vybavení na expedování. Dále byl přesunut sklad odpadu, což mírně navýšilo tunokilometry, ale opět je třeba přesunout jen bedny s odpadem na jiné místo.

Tab. 6 Meziobjektová vzdálenost varianty 2

Číslo odesilatele	VEN	KON	ÚSM	ÚSM	ÚSM	MD3	MD1	MD2	MD2	MD2
Číslo příjemce	SKL	EXP	MD2	MD3	MD1	KON	KON	KON	ŠRO	KAL
Dosavadní vzdálenost	36	53	70	75	83	50	15	30	68	40
Přepravovaná hmotnost	650	533	240,5	208	201,5	195	182	104	84,5	52
Poloměr vzdálenosti L	1	2	4	5	5	5	5	9	11	18
Tunokilometry	23,4	28,2	16,8	15,6	16,7	10,1	2,7	3,1	5,7	2,1

5.2 Propočet investic [4], [15]

Při současném stavu je využito třech strojů a deseti výrobních dělníků na výrobu vybraného představitele. Po upravení technologického postupu, ve kterém je užito obráběcí centrum místo třech předešlých strojů jsou nyní zapotřebí pouze tři výrobní dělníci. Tyto informace jsou zobrazeny v tabulkách 7 a 8.

Ze vzorce 5.1 je patrné, že výroba dosáhne kritického objemu produkce již po zhotovení 1359 kusech, což je zhruba jedna osmina roční produkce těchto výrobků.

Tab. 7 Souhrn současného stavu

Stroj/ dělník	Počet	Náklad za provoz/ mzdu	Pořizovací cena
soustruh DOUBLE+CNC	1	350	-----
frézka Haas MiniMill 2	1	350	-----
Stolní vrtačka	1	300	-----
Výrobní dělník	10	130	-----
Pomocný dělník	3	140	-----

Tab. 8 Souhrn upraveného stavu

Stroj/ dělník	Počet	Náklad za provoz/ mzdu	Pořizovací cena
Obráběcí centrum HiTURN 65 – 10X	1	350	2 500 000
Výrobní dělník	3	130	-----
Pomocný dělník	1	140	-----

$$Q_k = \frac{N_{n1} - N_{n2}}{n_{z2} - n_{z1}} = \frac{2\,500\,000 - 0}{2720 - 880} = 1358,69 \text{ ks} \quad (5.1)$$

Kde: N_{n1}, N_{n2} – nezávislé náklady na ročním objemu produkce pro 1. a 2. variantu [kč]
 n_{z1}, n_{z2} – závislé náklady na roční objem produkce pro 1. a 2. variantu [kč/ks]
 Q_k – kritický roční objem produkce [ks]

6 ZÁVĚRY

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zoptimalizovat výrobní proces ve firmě Kovokon. V podniku je aplikována převážně sériová výroba různých tvarových součástí a využívá se zde mnoha druhů obrábění, jako soustružení, vrtání, frézování, broušení.

Optimalizace probíhala ve třech fázích. V první bylo provedeno reorganizování pracovišť za pomoc kruhové metody a trojúhelníkové metody prosté. Byly sestaveny tři různé varianty, z nichž je zvolena nejefektivnější, z pohledu materiálových toků. Ve druhé fázi bylo pro zvoleného představitele sestaveno blokové schéma výroby a k němu vytvořeny kapacitní propočty zabývající se počtem pracovišť a pracovníků. Obdobné schéma a propočty jsou vytvořeny pro nový způsob výroby zvoleného představitele za pomoci obráběcího centra. Z výsledků vyšlo najevo, že s použitím obráběcího centra se zvýší procentuální využití strojů, uspoří se místo z důvodu nižšího počtu strojů a také se zmenší počet pracovníků nutných k výrobě z deseti na čtyři. Ve finální části je proveden propočet na ústřední sklad materiálu, konkrétněji propočet na celkovou kapacitu skladu. Dle výpočtu vyšlo najevo, že sklad by měl být dimenzován, aby pojal celkem 21,93t materiálu najednou. Ke skladu je dále spočteno potřebné množství jeřábů a vysokozdvížných vozíků. Z výpočtů vyšlo, že je třeba použít alespoň jeden jeřáb a minimálně čtyři vozíky

Dle technicko – ekonomického zhodnocení vyšlo najevo, že upravení výroby použitím obráběcího centra se stane efektivnější již po vyrobení 1359. výrobku. Pro výpočty byly zohledněny faktory jako investice za nové obráběcí centrum a průměrné platy dělníků. Dále bylo zjištěno, že nová varianta uspořádání pracovišť ušetří 24,9 tunokilometrů.

Všechny cíle práce byly splněny a výstupy můžou být zavedeny do reálného provozu v podniku.

ZDROJE [16]

- [1] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
- [2] 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.
- [3] ZELENKA, Antonín. *Projektování výrobních procesů a systémů*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03912-0.
- [4] KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.
- [5] RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty*. 1.vyd. Brno: VUT-FSI, 1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3.
- [6] HLAVENKA, Bohumil. *Manipulace s materiálem (Systémy a prostředky manipulace s materiálem)*. 1. vyd. Brno: VUT-FSI, 1990. 164 s. ISBN 80-214-0068-4.
- [7] SAMEK, Jaroslav. *Modely optimálního rozmístění výroby*. 1.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989.
- [8] *Výrobní linka použitá - nakupujte výhodně online*. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 1999 [cit. 18.05.2021]. Dostupné z: <https://www.surplex.com/cz/stroje/c/vyrobní-linky-8074.html>
- [9] Simple Lift s.r.o. - prodej a servis manipulační techniky [online]. Copyright © [cit. 19.05.2021]. Dostupné z: <https://simplelift.cz/wp-content/uploads/2018/05/15-15ES.png>
- [10] *Výroba, výrobní proces | oneindustry – průmyslový portál, výroba a technologie*. oneindustry – průmyslový portál, výroba a technologie [online]. Copyright © 2020 INFOCUBE s.r.o. Jak [cit. 19.02.2021]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.one/lexikon/vyroba-vyrobní-proces/>
- [11] NAVRÁTIL, Libor. *Fotky výrobků* [elektronická pošta]. Message to: 208755@vutbr.cz. 3.března 2021 11:16 [cit. 2021-03-03].
- [12] *Plánovací kalendář 2021*. Kalendář [online]. Dostupné z: <https://kalendar.beda.cz/roční-planovací?type=s1>
- [13] *Jeřáby a zdvihací technika | iteco.cz* [online]. Dostupné z: https://www.iteco.cz/files/products_images/big/r/RS1438_SCREENHighRes.jpg
- [14] https://www.matl-bula.cz/files/mod_eshop/produkty/full/6360242000-3.jpg
- [15] ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE [online]. Copyright © [cit. 19.05.2021]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/tech_projekt/technologické_projektování_navody.pdf
- [16] Citace PRO. Citace PRO [online]. Copyright © Citace.com, s.r.o. 2015 [cit. 03.03.2021]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com>

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK A HODNOT

Označení	Popis	Jednotka
A	Počet administrativních pracovníků	[-]
a	Koeficient vícestrojové obsluhy	[-]
c	Dodávkový cyklus	[dny]
D	počet dnů dovolené	[dnů]
D _c	Celkový počet pracovníků	[-]
D _{evc}	celkový počet evidenčních dělníků	[-]
D _{evp}	celkový evidenční počet pomocných dělníků	[-]
D _p	celkový počet pomocných dělníků	[-]
D _{pop}	pomocný a obslužný personál	[-]
D _{vsI}	počet strojních výrobních dělníků pro první	[ks]
D _{vsII}	počet strojních výrobních dělníků druhou operaci	[ks]
D _{vr}	celkový počet ručních výrobních dělníků	[ks]
D _{vs}	celkový stav strojních pracovníků	[ks]
d _r	Počet pracovních dní v roce	[dny]
d _s	Počet dní, které je součástí na skladě	[dny]
E	časový fond vozíku	[hod/směnu]
E _d	Efektivní časový fond dělníka	[-]
E _r	efektivní časový fond ručního pracoviště	[hod/rok]
E _s	efektivní časový fond strojního pracoviště	[hod/rok]
F _p	Pomocná podlahová plocha	[m ²]
F _{pd}	plocha dopravních cest	[m ²]
F _{phn}	plocha pro hospodaření s nářadím	[m ²]
F _{pk}	kontrolní plocha	[m ²]
F _{pr}	Celková provozní plocha	[m ²]
F _{pskl}	plocha skladů	[m ²]
F _{pu}	plocha pro údržbu	[m ²]
F _r	výrobní plocha ručního pracoviště	[m ²]
F _s	výrobní plocha strojních pracovišť	[m ²]
F _{soc}	plocha sociální	[m ²]
F _{spr}	správní plocha	[m ²]
F _{šat}	plocha šaten	[m ²]
F _{um}	plocha umýváren	[m ²]
F _v	Celková výrobní plocha	[m ²]
F _{WC}	plocha toalet	[m ²]
f _r	Měrná plocha ručního pracoviště	[m ²]
f _{sj}	Měrná plocha strojního pracoviště pro daný stroj	[m ²]
G	Přepravovaná hmotnost	[t]
K	počet konstruktérů	[-]
K _c	celkový počet dnů v roce	[kalen. počet]
k	Koeficient ztrát kapacity vozíku z důvodu oprav	[-]
k _{pns}	koeficient překračování norem	[-]
L	přepravovaná vzdálenost	[m]
M	počet manipulačních jednotek za rok	[ks]
m _r	Počet směn za rok	[dny]
N	počet neděl	[dny/rok]
N _n	počet dnů nemocenské	[dny/ rok]
N _{n1}	nezávislé náklady na ročním objemu produkce pro 1. variantu	[kč]

N_{n2}	nezávislé náklady na ročním objemu produkce pro 2. variantu	[kč]
N_r	Plánovaná roční výroba součástí	[ks]
n_{min}	Hledaná velikost výrobní dávky	[ks]
n_t	Počet hlavních operací	[-]
n_{z1}	Závislé náklady na roční objem produkce pro 1. variantu	[kč/ks]
n_{z2}	Závislé náklady na roční objem produkce pro 2. variantu	[kč/ks]
P_r	navržený počet ručních pracovišť	[-]
P_p	Maximální přípustné procento dávkového času	[%]
P_{thi}	teoretické množství pracovišť na provedení dané operace	[-]
p_j	Počet najednou dopravených jednotek	[ks]
Q_{celk}	celkové množství zpracovaného materiálu za rok	[t]
Q_{skl}	skladové množství	[t]
q	Denní spotřeba materiálu	[t]
S	počet sobot	[dny/rok]
S_v	počet státních svátků	[dny/rok]
s_s	Směnovost pracovišť	[-]
T	počet technologů	[-]
t_{AC}	Doba aktivní činnosti stroje	[min/ks]
t_{BC}	Doba potřebná k realizaci aktivní činnosti stroje	[min/dávka]
t_c	Efektivní doba směny	[min]
t_n	Čas potřebný k naložení součásti na vozík	[min]
t_v	Čas potřebný k vyložení součásti z vozíku	[min]
t_z	Doba pro svázání a odsvázání	[min]
v_j	Rychlost výjezdu jeřábu	[m/min]
η_i	využití strojů i – té operace	[%]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklad optimalizace výrobních pracovišť a výroby [6], [7], [11].....	9
Obr. 2 středisko HS 600 (MD1).....	10
Obr. 3 Volné uspořádání pracovišť [1].....	12
Obr. 4 Technologické uspořádání pracovišť [1].....	13
Obr. 5 Předmětné uspořádání pracovišť [1].....	13
Obr. 6 Modulární uspořádání pracovišť [1].....	14
Obr. 7 Buňkové uspořádání pracovišť [1].....	14
Obr. 8 Kombinované technologické a předmětné uspořádání pracovišť [1].....	15
Obr. 9 Sankeyův diagram [1].....	16
Obr. 10 Grafické řešení rozmístování objektů [5].....	17
Obr. 11 Trojúhelníková metoda prostá [4].....	18
Obr. 12 Znázornění toku materiálu [6].....	19
Obr. 13 litinový štít [11].....	26
Obr. 14 litinová kostra [11].....	26
Obr. 15 litinová příruba [11].....	26
Obr. 16 hliníkový díl [11].....	26
Obr. 17 Dispoziční schéma dle Sankeyova diagramu.....	27
Obr. 18 Teoretické grafické rozložení varianty 1.....	29
Obr. 19 Grafické rozložení varianty 1.....	29
Obr. 20 Teoretické grafické rozložení varianty 2.....	31
Obr. 21 Grafické rozložení varianty 2.....	31
Obr. 22 Teoretické grafické rozložení varianty 3.....	33
Obr. 23 Grafické rozložení varianty 3.....	33
Obr. 24 Blokové schéma současného stavu.....	34
Obr. 25 Blokové schéma s obráběcím centrem.....	35
Obr. 26 Mostový jeřáb [12].....	39
Obr. 27 Vysokozdvížený vozík [13].....	40

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Šachovnicová tabulka meziobjektových mat. toků v tunách za rok. [15].....	16
Tab. 2 Vzdálenosti mezi objekty [5].....	17
Tab. 3 Vztah technologického počtu kusů a optimální velikostí výrobní dávky [1].....	20
Tab. 4 Šachovnicová tabulka současných meziobjektových mat. toků v tunách za rok.	27
Tab. 5 Meziobjektová vzdálenost.....	28
Tab. 6 Meziobjektová vzdálenost varianty 2.....	41
Tab. 7 Souhrn současného stavu.....	41
Tab. 8 Souhrn upraveného stavu.....	42

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Layout podniku
Příloha 2	Obráběcí centrum HiTURN 65 – 10X
Příloha 3	technologické postupy

Příloha 1: Layout podniku




Příloha 2: Obráběcí centrum HiTURN 65 – 10X


Technická data // Dane techniczne



TECHNICKÁ DATA // DANE TECHNICZNE		HITURN 65 – 10X
Max. průměr materiálové tyče // Max średnica materiału prętowego	mm	65
Levé vřeteno // Lewe wrzeciono		
Max. otáčky levého vřetena - S1 // Max obroty lewego wrzeciona - S1	min ⁻¹	5 000
Výkon motoru levého vřetena (S1/S6 - 40%) // Moc silníka lewego wrzeciona (S1/S6 - 40%)	kW	24 / 29
Jmenovitý krouticí moment lev. vřetena (S1/S6 - 40%) // Nominal. moment skręcający lew. wrzeciona (S1/S6 - 40%)	Nm	270 / 325
Minimální programovatelný inkrement osy C1 // Min. programowalny przyrost osi C1	°	0,001°
Pravé vřeteno // Prawe wrzeciono		
Max. otáčky pravého vřetena - S2 // Max obroty prawego wrzeciona - S2	min ⁻¹	6 000
Výkon motoru pravého vřetena (S1/S6 - 40%) // Moc silníka prawego wrzeciona (S1/S6 - 40%)	kW	16 / 31
Jmenovitý krouticí moment prav. vřetena (S1/S6 - 40%) // Nominal. moment skręcający praw. wrzeciona (S1/S6 - 40%)	Nm	76 / 150
Minimální programovatelný inkrement osy C2 // Min. programowalny przyrost osi C2	°	0,001°
Zdvih pravého vřetena v ose Z2 // Skok prawego wrzeciona w osi Z2	mm	735
Počet numericky řízených os // Liczba numerycznie sterowanych osi		
Počet suportů // Liczba suportów	počet // liczba	10
Počet zapichovacích suportů // Liczba suportów odcinających	počet // liczba	3
Počet zapichovacích suportů // Liczba suportów odcinających	počet // liczba	1
Zdvih suportů nástrojových hlav v osách: // Skok suportów głowic narzędziowych w osiach:		
X1 / Y1 / Z1	mm	222 / 80 / 276
X2	mm	222
X3 / Z3	mm	187 / 153
A3	mm	104
Rychlosuv v osách // Szybki suw w osiach:		
X1 / Y1 / Z1	m.min ⁻¹	26 / 21,6 / 36
X2	m.min ⁻¹	26
X3 / Z3	m.min ⁻¹	26 / 26
A3	m.min ⁻¹	26
Z2	m.min ⁻¹	36
Počet poloh nástrojových hlav // Liczba pozycji głowic narzędziowych		
Počet poloh levé horní nástr. hlavy // Liczba pozycji lewej górnej głowicy narzędziowej	počet // liczba	12 nahaněných // 12 napędzanych
Počet poloh pravé horní nástr. hlavy // Liczba pozycji prawej górnej głowicy narzędziowej	počet // liczba	12 nahaněných // 12 napędzanych
Počet poloh dolní nástr. hlavy // Liczba pozycji dolnej głowicy narzędziowej	počet // liczba	4 nenahaněné // 4 nie napędzane
Řidičí systém // System sterowniczy		FANUC 31i
Délka x šířka x výška / Hmotnost stroje // Długość x szerokość x wysokość / Masa maszyny		4 900 x 2 165 x 2 200 / 6 500

Příloha 3: Technologické postupy

		Technologický postup výroby		Vytvořil:	Koniček Jan
				Datum:	29.4.2021
Název:	Štít	Číslo výkresu:	512982001000002		
Sestava:	Motor	Pozice:	2		
Materiál:	Odlitek AH180	Váha:	9,463 kg		
Č. op.	Pracoviště	Operace	Hodinová norma [ks/hod]		
10	Soustruh	Zarovnat čelo hotově na L=17. Soustružit D 343 H6 do hloubky 7 (+0,5). D 110(+0,020/+0,005) do hloubky 61,5 (-0,2). Zarovnat zadní čelo na L=89. Soustružit D 80 H8 na L= 11. D 52 (±0,2). Zarovnat zadní čelo na L= 98 (-0,2). Soustružit hotově D 230 j6 na L=4 (-0,4)	7,3		
20	Frézka	Frézovat drážku na D 80. Vrtat 4x D 13 H13 dle výkresu. Odjehlit, vyfoukat, vyčistit.	18		
30	Vrtačka	Vrtat 4x M6 - 6H dle výkresu. Odjehlit, vyfoukat, vyčistit.	25		
40	Kontrola	Výstupní kontrola	10		

		Technologický postup výroby		Vytvořil:	Koniček Jan
				Datum:	29.4.2021
Název:	Štít	Číslo výkresu:	512982001000002		
Sestava:	Motor	Pozice:	2		
Materiál:	Odlitek AH180	Váha:	9,463 kg		
Č. op.	Pracoviště	Operace	Hodinová norma [ks/hod]		
10	Obráběcí centrum	Zarovnat čelo hotově na L=17. Soustružit D 343 H6 do hloubky 7 (+0,5). D 110(+0,020/+0,005) do hloubky 61,5 (-0,2). Zarovnat zadní čelo na L=89. Soustružit D 80 H8 na L= 11. D 52 (±0,2). Zarovnat zadní čelo na L= 98 (-0,2). Soustružit hotově D 230 j6 na L=4 (-0,4). Frézovat drážku na D 80. Vrtat 4x D 13 H13 dle výkresu. Vrtat 4x M6 - 6H dle výkresu. Odjehlit, vyfoukat, vyčistit.	4,5		
20	Kontrola	Výstupní kontrola	10		