



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH OPTIMALIZACE TECHNOLOGICKÝCH
PRACOVÍŠŤ A SKLADU VE STROJÍRENSKÉM PODNIKU**

OPTIMAL LAYOUT PROPOSAL OF TECHNOLOGICAL WORKPLACES AND STORAGE IN A MECHANICAL
ENGINEERING COMPANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavel Janderka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Pavel Janderka**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Marek Štroner, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

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

Návrh optimalizace technologických pracovišť a skladu ve strojírenském podniku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhnutí optimálního uspořádání technologických pracovišť a skladu ve zvoleném strojírenském podniku na základě již známé dispozice. Kritéria pro výsledné uspořádání by měla být v souladu s firemním vybavením a podnikovými cíli.

Cíle bakalářské práce:

1. Analýza současného stavu.
2. Kapacitní propočet haly a skladu na základě strojního vybavení.
3. Návrh uspořádání haly včetně dispozičního řešení.
4. Technicko ekonomické hodnocení a volba vhodné varianty.

Seznam doporučené literatury:

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

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

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

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

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

JANDERKA Pavel: Návrh optimalizace technologických pracovišť a skladu ve strojírenském podniku.

Práce předkládá návrh uspořádání technologických pracovišť a skladu ve firmě TIRAD s r.o. Analýzou současného stavu byly zjištěny nedostatky v aktuálním rozmístění pracovišť. Na základě těchto poznatků a kapacitních propočtů, byly vytvořeny dvě možné varianty řešení. První řešení spočívalo v optimalizaci stávající výroby. Druhé řešení, které bylo následně vyhodnoceno jako vhodnější, zahrnuje přemístění výroby do nové výrobní haly. Tato hala má větší celkovou výrobní plochu, na které můžeme zvolit rozmístění strojů, aby byl zaručen ideální materiálový tok. Větší plochy nám také zaručují možnost budoucího rozvoje a rozšíření strojového parku. Díky vhodnému dispozičnímu řešení byly vzdálenosti přepravy zkráceny, a tím byly sníženy manipulační časy oproti stávajícímu stavu na méně než polovinu, což má za následek velkou časovou i finanční úsporu.

Klíčová slova: Rozmístění pracovišť, optimalizace, kapacitní propočty, sklady, výrobní plocha

ABSTRACT

JANDERKA Pavel: Optimal layout proposal of technological workplaces and storage in a mechanical engineering company.

The thesis presents a proposal of the arrangement of technological workplaces and warehouse in TIRAD s r.o. Analysis of the current situation revealed shortcomings in the current location of workplaces. Based on these findings and capacity calculations, two possible solutions have been developed. The first solution was to optimize existing production. The second solution, which was subsequently assessed as more appropriate, involves relocating production to a new production hall. This hall has a larger total production area where we can choose the machine layout to ensure the ideal material flow. Larger areas also guarantee the future development and expansion of the fleet. Thanks to a suitable layout, the transport distances have been reduced and thus the handling times have been reduced to less than half of the current state, resulting in both time and money savings.

Keywords: Location of the workstations, optimization, capacity calculations, warehouses, production areas

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JANDERKA, Pavel. *Návrh optimalizace technologických pracovišť a skladu ve strojírenském podniku*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116675>.
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 Brně dne 23.05.2019

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Marku Štronerovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky týkající se zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat zástupcům firmy TIRAD s r.o., především panu Ing. Lubomíru Vespalcovi, a to za věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracovávání bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	9
1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	10
1.1 Vstupní hodnoty	14
2 KAPACITNÍ PROPOČET HALY A SKLADU	17
2.1 Vstupní hodnoty	17
2.1.1 Výpočet časových fondů	17
2.2 Výpočet strojů a ručních pracovišť	18
2.2.1 Výpočet počtu strojů.....	18
2.2.2 Výpočet počtu ručních pracovišť	19
2.3 Výpočet využití strojů a ručních pracovišť	20
2.3.1 Výpočet využití strojů.....	20
2.3.2 Výpočet předpokládaného využití ručních pracovišť	21
2.3.3 Skupinové využití strojů.....	21
2.4 Výpočet počtu pracovníků	23
2.4.1 Výpočet výrobních dělníků.....	23
2.4.2 Výpočet evidenčního počtu dělníků	24
2.5 Výpočet výrobních ploch	26
2.6 Řešení dopravy	33
3 NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ HALY VČETNĚ DISPOZIČNÍHO ŘEŠENÍ..	36
3.1 Optimalizace stávající výroby	37
3.2 Přesunutí výroby do nové haly.....	37
4 VOLBA VHODNÉ VARIANTY A TECHNICKO-EKONOMICKÉ	
ZHODNOCENÍ	39
4.1 Technicko-ekonomické zhodnocení.....	39
5 ZÁVĚRY	42

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

Seznam výkresů

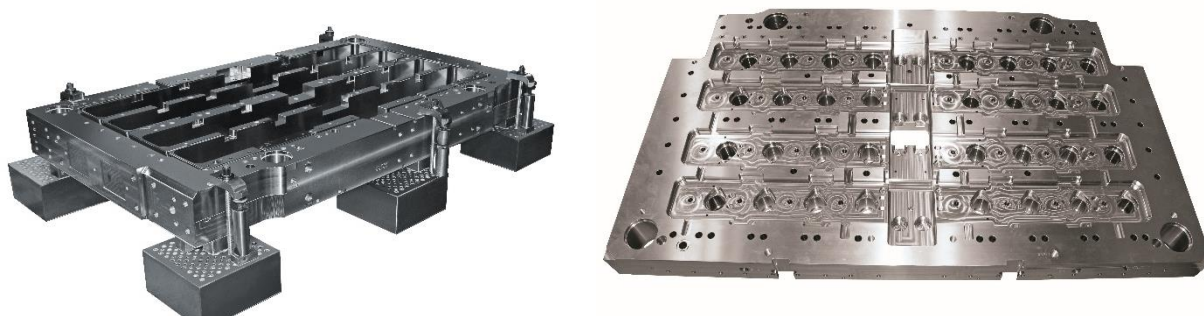
ÚVOD [1], [2]

Návrh optimalizace technologických pracovišť a skladu ve firmě TIRAD s.r.o. bude probíhat za využití informací o aktuální výrobě, strojovém parku a výrobcích. v první části bude provedena analýza současného stavu, kde bude zhodnocena aktuální výroba, rozmístění pracovišť, umístění a velikosti skladů a zhodnocení stávající haly. Práce bude řešena s ohledem na stávající strojové vybavení, které je moderní a plně dostačující.

Ve firmě se vyrábí hlavně základní desky pro formy vstřikovacích lisů viz Obr. 1, takže se jedná o kusovou výrobu, ale téměř všechny výrobky mají stejný technologický postup. S ohledem na typ výroby musí pro kapacitní propočty být vybrán reprezentant výroby. Tento výrobek bude vybrán s ohledem na jeho složitost a pro co nejpřesnější výsledky musí být vybrán výrobek, který prochází všemi možnými operacemi.

Následný návrh uspořádání haly bude proveden pro dvě varianty. První varianta je upravení rozložení pracovišť ve stávající hale. Druhá varianta je vytvořit dispoziční řešení pro novou halu. Pro obě možnosti budou vytvořeny výkresy.

Na konci bude i s přihlédnutím na požadavky a představy firmy vybrána vhodná varianta, pro kterou bude vytvořeno technicko-ekonomické zhodnocení.

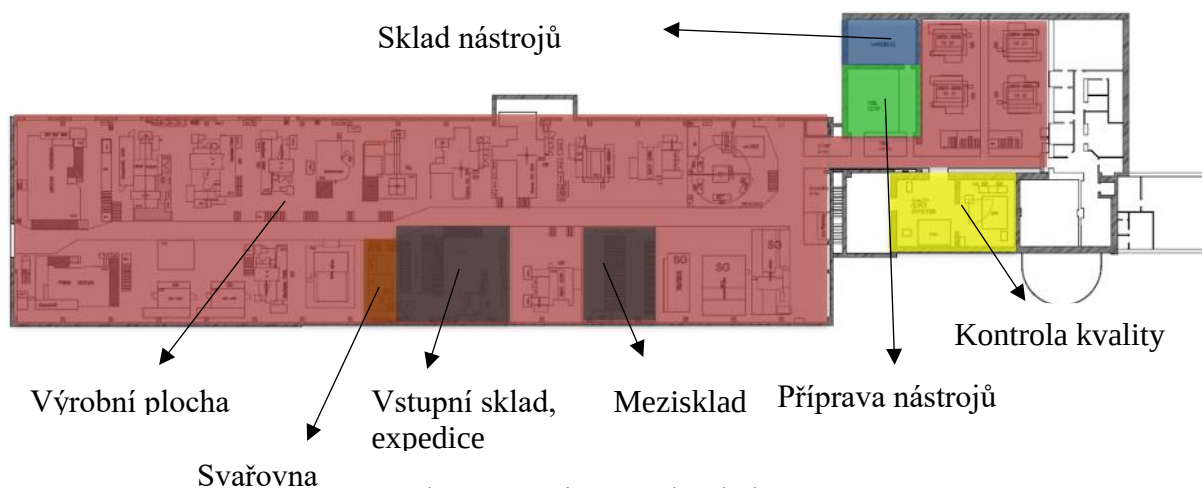


Obr.1 Výrobky firmy TIRAD s.r.o. [2]

1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [19]

Firma TIRAD, s.r.o. je hrdým členem společnosti Milacron, která vznikla spojením nejdůvěryhodnějších značek v průmyslu zpracování plastů. Sídlí nedaleko obce Želetava v okrese Třebíč a zabývá se výrobou nestandardních základů forem a součástí pro vstřikovací formy, obrábění součástí využívaných pro zdravotnické účely, výrobu obalů a výrobu součástí z termoplastu.

Výroba ve firmě TIRAD je kusová, ale většina výrobků má velice podobný technologický postup. Složitost konstrukce, velikost a hmotnost jednotlivých výrobků následně rozhoduje o volbě nejvhodnějších operací, o výběru samotných strojů dále rozhodne plánovač výroby. Stávající výrobní hala viz. Obr. 2 disponuje celkovou výrobní plochou 3100 m². Na této ploše se nachází všechny stroje, ruční pracoviště a sklady (vstupní sklad, mezisklad, sklad pro balení a expedici). Další součástí haly je sklad a příprava nástrojů a kontrola kvality.



Obr. 2 Stávající výrobní hala [6]

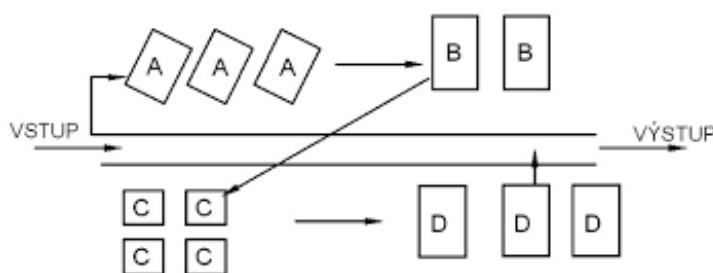
Výrobní hala, ve které momentálně probíhá výroba, již nyní nevyhovuje požadavkům firmy. Kvůli nedostatku místa není možné jakékoliv rozšíření výroby nebo zvětšení skladovacích ploch. Současné dispoziční řešení viz výkres 1 není ideální, a to především z důvodu technologického uspořádání pracovišť viz Obr. 3. Tok materiálu viz výkres 2 není vhodný a často dochází ke zbytečnému zvyšování nároků na manipulaci, a tím zvyšování celkového výrobního času.

Materiálový tok zaznamenává pohyb materiálu od vstupu přes jednotlivé sklady, pracoviště, pomocné ruční a dokončovací operace až po expedici. Materiálový tok je efektivní pouze tehdy, když jsou na něj kladeny požadavky na minimální časové prodlevy mezi samotnými operacemi, je optimalizována nejkratší možná délka cest a je zaručena plynulost pohybu materiálu. Charakter toku materiálu je určen především uspořádáním jednotlivých pracovišť. Základní požadavky na optimální materiálový tok jsou následující:

- omezit nebo vyloučit zdržování materiálu mezi dvěma operacemi;
- materiál co nejméně přenášet, či převážet;
- zajistit maximální možnou plynulost pohybu materiálu.

Mezi činitele ovlivňující materiálový tok patří například objem výroby, následnost samotných operací, směr a vzdálenost přepravy, charakteristika budovy a s ní spojená kvalita dopravních cest.

Technologické uspořádání je takové rozmístění strojů, při kterém jsou všechny operace slučovány podle příbuznosti. Podle toho jsou umísťovány i stroje, takže jsou například stroje pro hrubování v jedné části, vrtáčky v další apod.



Obr. 3 Technologické uspořádání [5]

Výhody:

- Snadné zavedení vícestrojové obsluhy
- Poruchy jednotlivých strojů nenaruší výrobu
- Docílíme lepší využití strojů
- Lepší využití nástrojového vybavení (upínky, otočné stoly)

Nevýhody:

- Komplikovaný, dlouhý tok materiálu (rostou náklady na dopravu)
- Větší nárok na výrobní plochu (uličky – aby se materiál dostal jednoduše ke každému stroji)

Jedná se o kusovou výrobu a stroje jsou umístěny dle technologické příbuznosti. Ruční výroba probíhá ve dvousměnném provozu (5 dnů v týdnu, 2 směny za den, doba 1 směny je 8 hod), strojní pracoviště kromě operace broušení pracují v nepřetržitém dvousměnném provozu (7 dnů v týdnu, 2 směny za den, doba jedné směny je 12 hod) a samotné broušení je v třísměnném provozu (5 dnů v týdnu, 3 směny za den, doba jedné směny je 8 hod). Nepřetržitý provoz vyžaduje výkon práce 24 hodin denně po sedm dnů v týdnu s výjimkou státních svátků a případných celozávodních dovolených.

Aktuální strojní vybavení se skládá z celkového počtu 24 strojů viz tabulka č.1. Tento počet strojů je rozdělen do základních 4 pracovišť dle technologického postupu, a to na hluboké vrtání, hrubování, broušení, malé a velké dokončování a jeden cvičný stroj. Pro technologii hlubokého vrtání jsou k dispozici 3 stroje, pro hrubování, které je dále rozděleno na hrubování TOP / BOTTOM a hrubování boků / šikmin je určeno 8 strojů. Broušení zajišťují 3 stroje a dokončování zajišťuje 9 strojů, které jsou opět rozděleny, a to na 5-osé a 3-osé dokončování.

Tab. 1 Rozdělení strojů [7]

Rozdělení strojů					
Hluboké vrtání	Frézování, hrubování boků	Frézování, hrubování TOP / BOTTOM	Broušení naplocho	Frézování, dokončení TOP / BOTTOM	Frézování dokončení, šikmin / boků
VK12 Unior	VK32 MAZAK HCN10800 II	VK13 TAJMAC MCV1680	VB01 Favretto MD200	VK19 TAJMAC MCV1220	VK09 HURON KX100
VK28 BUCK TBFZ2000	VK33 MAZAK HCN12800	VK17 TAJMAC MCV1680	VB04 ZIERSCH ZT 1524	VK20 TAJMAC MCV1220	VK24 HURON KX200

VK16 Aurbach IA3 TLF	VK34 TAJMAC H1000	VK25 Sachman TS10	VB05 ROSA Linea platinum	VK21 TAJMAC MCV1220	
		VK26 Sachman TS10		VK22 TAJMAC MCV1220	
		VK27 Sachman T314		VK23 TAJMAC MCV1220	
				VK29 TAJMAC MCV2318	
				VK30 TAJMAC MCV2318	

K manipulaci s materiálem se využívá mostových jeřábů viz Obr. 4 a vysokozdvizných vozíků. Ve stávající výrobní hale se nachází celkově 7 mostových jeřábů. Jeřáby jsou vhodným řešením kvůli hmotnostem výrobků, jednoduché manipulaci a usazení výrobků na upínací plochy strojů, dále také slouží jako prostředek pro překládání výrobků ze strojů na VZV a tím k přemístění k následujícímu stroji. Standardně se využívá 6 mostových jeřábů, které mají nosnost 6 300 kg a rozpětí jeřábu je 24 m. Pojezd probíhá přes celou vzdálenost haly, která je rozdělena na 6 oddělených sekcí. Poslední jeřáb, který se nepoužívá na manipulaci s materiálem, má nosnost 20 000 kg, je využívám přednostně při stěhování strojů nebo při manipulaci s

nadměrnými břemeny. Rozpětí jeřábu je stejné jako u ostatních, ale nesdílí s ostatními jeřábovou dráhu, má vlastní dráhu přes celou délku haly. Podrobnější technické parametry a informace viz příloha 1.

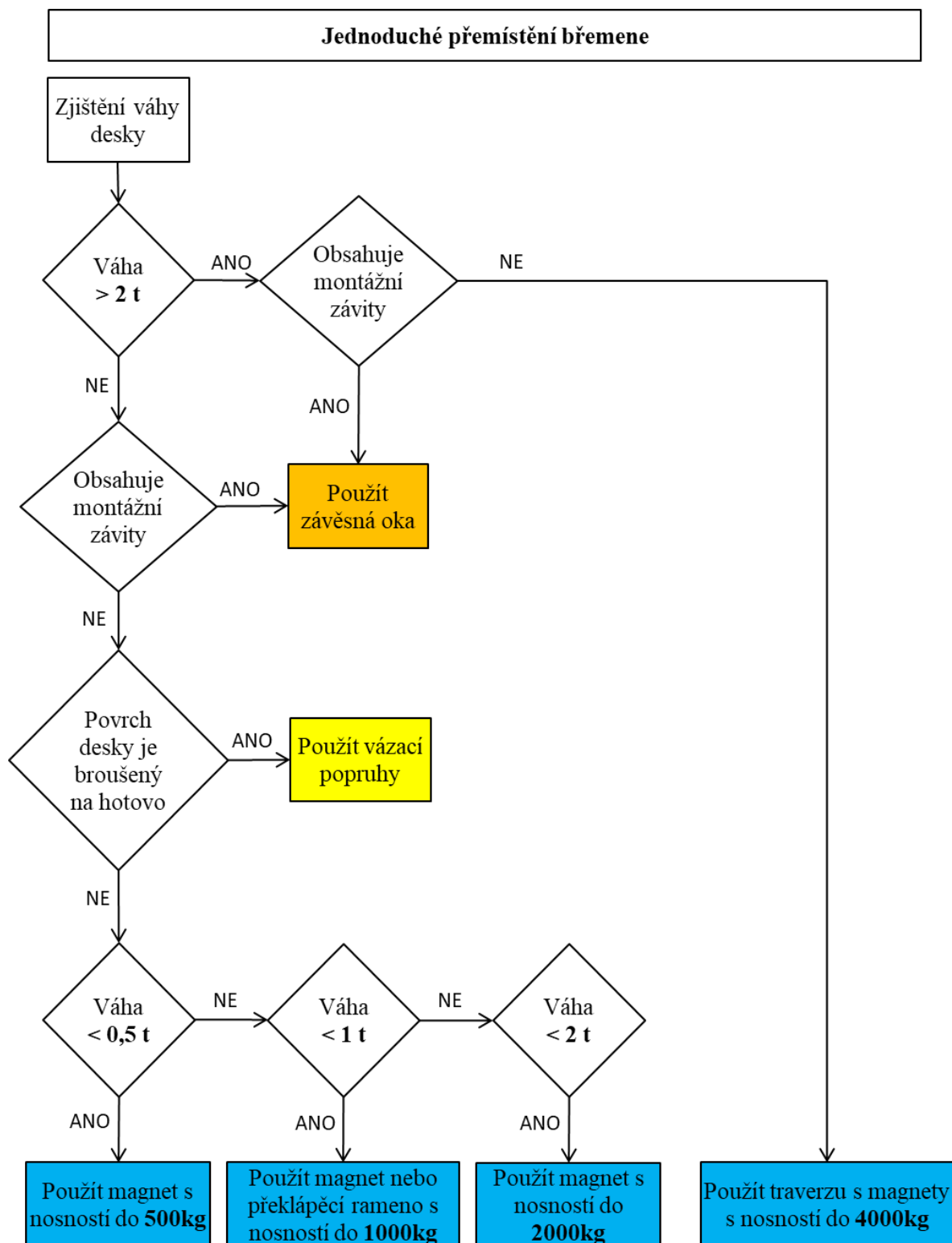


Obr. 4 Mostový jeřáb GIGA [12]

K přepravě výrobků je využíváno několik způsobů upínání viz obrázek č. 6. Na výběru vhodného způsobu má vliv několik základních věcí jako např. hmotnost, povrch a dále také zda má polotovar předvrtané díry pro uchycení závěsných ok. viz obrázek č. 5. O tom, zda předvrtání je možné, rozhoduje složitost konstrukce, rozměry (tloušťka desky hraje důležitou roli) a také se zohledňuje přání zákazníka. Materiál je objednáván přímo na rozměry polotovaru a při objednávce je zdůrazněno, jestli má výrobek obsahovat předvrtané manipulační díry. Důvodem absence dělíry materiálu je úspora materiálu a financí.



Obr. 5 Závěsná oka [13]



Obr. 6 Diagram volby vazacích prostředků [13]

Pro manipulaci s paletami se využívají nerezové ruční paletové vozíky pro aplikace v korozivním prostředí BT Lifter viz Obr. 7 s maximální nosností 1000 kg a maximální výškou zdvihu 800 mm.

Pro manipulaci s většími břemeny je použit elektrický vysokozdvizný vozík viz Obr. 8 ES16-16WA s maximální nosností 1600 kg a výškou zdvihu 3000 mm. Tyto manipulační prostředky jsou využívány ve skladech, pro jednodušší manipulaci při balení, ukládání výrobků do regálů a zejména pro manipulaci mezi stroji.



Obr. 7 BT Lifter [14] Obr. 8 VZV ES16-16WA [15]

1.1 Vstupní hodnoty [2], [7], [8], [9]

Ve firmě TIRAD s.r.o. bylo v roce 2018 vyrobeno 2877 kusů (průměrně 240 ks/měsíc, 55 ks/týden, 8ks/den). Ve výrobě se nachází celkem 24 strojů viz příloha 2., z toho 24 strojů ve výrobě a 1 cvičný stroj pro zaškolení CNC operátorů, svařovna, ruční pracoviště a pracoviště kontroly kvality.

Pro následné kapacitní propočty je nutné vybrat vhodný výrobek z celé škály vyráběných součástí. Vybranou součástí bude tzv. reprezentant výroby viz Tab. 2, tj. výrobek, který prochází co největším množstvím možných operací a je typický pro danou výrobu.

Tab. 2 Výběr reprezentanta výroby [7]

Výběr produktu dle nepoužívanějších procesů				
Proces	A	B	C	D
Hluboké vrtání	x	x		
Frézování,hrubování boků	x	x	x	x
Frézování hrubování,TOP,BOTTOM	x	x	x	x
Broušení naplocho	x	x	x	x
Frézování,dokončení,TOP,BOTTOM	x	x	x	x
Frézování,dokončení,šikmin a boků		x		x
Ruční dokončení	x	x	x	x
Kontrola kvality	x	x	x	x

Pro proces „B“ byla vybrána základní deska formy do vstřikovacího lisu. Jedná se o výrobek se základními rozměry 690 x 1360 x 105 mm, váha polotovaru je 770 kg a váha hotového výrobku je 690,89 kg.

Materiál výrobku je 1.2085 / X33CrSi16 viz. Tab. 3. Pozitivními vlastnostmi tohoto materiálu jsou obrobiteľnosť i v zušlechťeném stavu, odolnosť proti opotrebeniu a leštitelnosť. Tento materiál sa používa napríklad pro rámy forem pro zpracování agresivních plastů a formy pracující v potravinářském průmyslu.

Tab. 3 Chemické složení oceli 19 436 [8]

Materiál	Ocel 19 436 (1.2085)				
Chemické složení	Uhlík - C [%]	Chrom - Cr [%]	Křemík – Si [%]	Mangan – Mn [%]	Nikl – Ni [%]
	0,28 – 0,38	15 - 17	≤ 1	≤ 1,4	≤ 1

Technologický postup výroby viz tabulka č. 4 určující sled operací spojených s proměnou polotovaru na hotový výrobek a musí zabezpečit co nejmenší náklady na výrobu při zachování vysoké efektivity práce. Jedná se o zjednodušený výrobní postup popisující tok materiálu a výrobu vybrané součásti, který obsahuje pouze označení pracoviště, operaci, název stanoviště, výrobní a přípravné časy. v příloze č. 3 je naznačeno strojové zastoupení (možné přesunutí výroby na jiný, než předepsaný stroj např. v případě poruchy stroje).

Tab. 4 Technologický postup [7]

Technologický postup					
Číslo operace:	OPERACE:	Stanoviště:	Přípravný čas [min]:	Výrobní čas [min]:	Poznámka:
	Příjem materiálu	Vstupní sklad			Příjem materiálu probíhá většinou 1x týdně
	Vstupní inspekce	Vstupní sklad			Pracovník skladu zkontroluje rozměry polotovaru a označí jej.
	Mezioperační sklad	Mezisklad			Kapacita 60 palet uložených v regálu + 30 desek uložených vertikálně do stojanů
1	Hluboké vrtání	VK28	60	502,9	Vstup / výstup: 1 deska
2	Frézování, hrubování boků	VK32	30	120,7	Vstup / výstup: 1 deska
3	Frézování, hrubování TOP, BOTTOM	VK17	60	646,3	Vstup / výstup: 1 deska
4	Broušení naplocho	VB05	30	196,4	Vstup / výstup: 1 deska
5	Frézování, dokončení TOP, BOTTOM	VK23	90	1228,7	Vstup / výstup: 1 deska
6	Frézování, dokončení šikmin a boků	VK09	90	106,5	Vstup / výstup: 1 deska
7	Ruční dokončení	VRS1	0	357,5	Vstup / výstup: 1 deska

8	Kontrola kvality	OM01	0	214,9	Vstup / výstup: 1 deska
	Uskladnění hotových výrobků	Sklad hotových výrobků			Kapacita 20 palet. Paletový regál s nosností 1000 kg/paletu
	Balení	Sklad hotových výrobků			Pracovník skladu zabalí výrobek dle požadavků zákazníka.
	Uskladnění zabalených zakázek	Sklad expedice			Kapacita 15 palet. Paletový regál s nosností 1500 kg/paletu.
	Expedice	Sklad expedice			Expedice probíhá většinou 1x týdně.

2 KAPACITNÍ PROPOČET HALY A SKLADU [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [16], [17], [18]

Úkolem kapacitních propočtů je řešit vztah mezi předepsaným (plánovaným) výrobním programem a výrobním profilem navrhovaného objektu. Vstupními hodnotami pro kapacitní propočty jsou především informace o vhodném reprezentantu výroby, což je například jeho hmotnost a výrobní kapacita. Dále je důležité znát informace o aktuální výrobě, pro kterou budou prováděny kapacitní propočty, jako např. strojní vybavení, směnnost, manipulační prostředky a další. Před samotným začátkem výpočtů je nutné rozdělit za pomoci technologického postupu operace na ruční a strojní.

2.1 Vstupní hodnoty [3], [7], [8]

Pro kapacitní výpočty je nutné znát základní hodnoty o dané výrobě, ze kterých se bude následně vycházet. Jedná se o směnnost, počet vyrobených kusů za rok, hmotnosti dané součásti a výrobních časech pro jednotlivé operace.

Tab. 5 Výrobní časy [7]

Stanoviště	Celkový čas [min]	Přípravný čas [min]	Výrobní čas [min]
VK28 - Hluboké vrtání	562,9	60,0	502,9
VK32 - Frézování, hrubování boků	150,7	30,0	120,7
VK17 - Frézování hrubování, TOP, BOTTOM	706,3	60,0	646,3
VB05 - Broušení naplocho	226,4	30,0	196,4
VK23 - Frézování, dokončení, TOP, BOTTOM	1318,7	90,0	1228,7
VK09 - Frézování, dokončení, šikmin a boků	196,5	90,0	106,5
VRS1 - Ruční dokončení	357,5	0,0	357,5
OM01 – Kontrola kvality	214,9	0,0	214,9

- Využití materiálu

$$\eta_{mat} = \frac{Q_{\check{c}}}{Q_h} \cdot 100 = \frac{690,89}{770} \cdot 100 = 89,73\% \quad (2.1)$$

Využití materiálu je 89,73%. Hmotnost odpadu ve formě třísek je 79,11 Kg.

2.1.1 Výpočet časových fondů [3], [9]

E_r - Roční časový fond pro ruční pracoviště v jedné směně

2. směnný provoz – směna = 8 hodin

$$E_r = (\text{počet dnů} \cdot \text{hodin směny}) = (251 \cdot 8) = 2008 \text{ hod/rok} \quad (2.2)$$

E_s - Roční časový fond pro hluboké vrtání, hrubování, dokončování v jedné směně

2. směnný provoz – směna = 12 hodin

$$E_s = (\text{počet dnů} \cdot \text{hodin směny}) = (352 \cdot 12) = 4224 \text{ hod/rok} \quad (2.3)$$

E_{sbr} - Roční časový fond pro broušení v jedné směně

3. směnný provoz – směna = 8 hodin

$$E_{sbr} = (\text{počet dnů} \cdot \text{hodin směny}) = (251 \cdot 8) = 2008 \text{ hod/rok} \quad (2.4)$$

E_{dr} - Efektivní časový fond dělníka pro dvousměnný provoz

2. směnný provoz

$$E_{dr} = (\text{počet dnů} - \text{dovolená} - \text{absence}) \cdot \text{hodin směny} = \\ = (251 - 25 - 15) \cdot 8 = 1688 \text{ hod/rok} \quad (2.5)$$

E_{ds} - Efektivní časový fond dělníka pro nepřetržitý dvousměnný provoz

2. směnný provoz

$$E_{ds} = (\text{počet dnů} - \text{dovolená} - \text{absence}) \cdot \text{hodin směny} = \\ = (352 - 25 - 15) \cdot 12 = 3744 \text{ hod/rok} \quad (2.6)$$

E_{abr} - Efektivní časový fond dělníka pro třisměnný provoz

3. směnný provoz

$$E_{dr} = (\text{počet dnů} - \text{dovolená} - \text{absence}) \cdot \text{hodin směny} = \\ = (251 - 25 - 15) \cdot 8 = 1688 \text{ hod/rok} \quad (2.7)$$

2.2 Výpočet strojů a ručních pracovišť [1], [3], [7], [9], [11]

Potřebný počet strojů se stanoví z celkového času t_k na provedení dané operace, počtu kusů vyrobených za rok N , ročního časového fondu E_s , směnnosti S_s a koeficientu překračování norem k_{pns} . Jednotlivé operace jsou rozlišeny pořadovým číslem podle technologického postupu.

2.2.1 Výpočet počtu strojů [3], [7], [9], [11]

- Výpočet teoretického počtu strojů P_{th} pro operaci číslo 1 (Hluboké vrtání).

$$P_{th1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{562,9 \cdot 2877}{60 \cdot 4224 \cdot 2 \cdot 1,2} = 2,662 \text{ ks} \quad (2.8)$$

Kde: $N=2877$ Ks

$E_s=4224$ hod/rok

$S_s=2$

$k_{pns}=1,2$

$t_{k1}=562,9$ min

$P_{th1}=2,662$ ks

$P_{sk1}=3$ ks

Pro zabezpečení operace č. 1 je potřeba 3 ks strojů.

- Výpočet teoretického počtu strojů P_{th} pro operaci číslo 2 (Frézování, hrubování boků).

$$P_{th2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{150,7 \cdot 2877}{60 \cdot 4224 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,713 \text{ ks} \quad (2.9)$$

Kde: $t_{k2}=150,7$ min

$P_{th2}=0,713$ ks

$P_{sk2}=1$ ks

Pro zabezpečení operace č. 2 je potřeba 1 ks strojů.

- Výpočet teoretického počtu strojů P_{th} pro operaci číslo 3 (Frézování, hrubování TOP, BOTTOM).

$$P_{th3} = \frac{t_{k3} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{706,3 \cdot 2877}{60 \cdot 4224 \cdot 2 \cdot 1,2} = 3,341 \text{ ks} \quad (2.10)$$

Kde: $t_{k3}=706,3 \text{ min}$

$P_{th3}=3,341 \text{ ks}$

$P_{sk3}=4 \text{ ks}$

Pro zabezpečení operace č. 3 je potřeba 4 ks strojů.

- Výpočet teoretického počtu strojů P_{th} pro operaci číslo 4 (Broušení na plocho).

$$P_{th4} = \frac{t_{k4} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{226,4 \cdot 2877}{60 \cdot 2008 \cdot 3 \cdot 1,2} = 1,502 \text{ ks} \quad (2.11)$$

Kde: $t_{k4}=226,4 \text{ min}$

$P_{th4}=1,502 \text{ ks}$

$E_r=2008 \text{ hod/rok}$

$P_{sk4}=2 \text{ ks}$

$S_s=3$

$k_{pns}=1,2$

Pro zabezpečení operace č. 4 je potřeba 2 ks strojů.

- Výpočet teoretického počtu strojů P_{th} pro operaci číslo 5 (Frézování, dokončování TOP, BOTTOM).

$$P_{th5} = \frac{t_{k5} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{1318,7 \cdot 2877}{60 \cdot 4224 \cdot 2 \cdot 1,2} = 6,237 \text{ ks} \quad (2.12)$$

Kde: $t_{k5}=1318,7 \text{ min}$

$P_{th5}=6,237 \text{ ks}$

$P_{sk5}=7 \text{ ks}$

Pro zabezpečení operace č. 5 je potřeba 7 ks strojů.

- Výpočet teoretického počtu strojů P_{th} pro operaci číslo 6 (Frézování, dokončování šikmin a boků).

$$P_{th6} = \frac{t_{k6} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{196,5 \cdot 2877}{60 \cdot 4224 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,929 \text{ ks} \quad (2.13)$$

Kde: $t_{k6}=196,5 \text{ min}$

$P_{th6}=0,929 \text{ ks}$

$P_{sk6}=1 \text{ ks}$

Pro zabezpečení operace č. 6 je potřeba 1 ks stroje.

2.2.2 Výpočet počtu ručních pracovišť [3], [7], [9], [11]

Potřebný počet ručních pracovišť se stanoví velice podobně jako výpočet počtu strojních pracovišť, a to z celkového výrobního času t_k na provedení dané operace, počtu kusů vyrobených za rok N ročního časového fondu E_r , směnnosti S_r a koeficientu překračování norem k_{npr} . Jednotlivé operace jsou rozlišeny pořadovým číslem podle technologického postupu.

- Výpočet teoretického počtu ručních pracovišť P_r pro operaci číslo 7.

$$P_{r7} = \frac{t_{k7} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot S_r \cdot k_{pnr}} = \frac{357,5 \cdot 2877}{60 \cdot 2008 \cdot 2 \cdot 1,25} = 3,415 \text{ ks} \quad (2.14)$$

Kde: $t_{k7}=375,5 \text{ min}$

$P_{r7}=3,415 \text{ ks}$

$P_{rsk7}=4 \text{ ks}$

Pro zabezpečení operace č. 7 je potřeba 4 ks ručních pracovišť.

Tab. 6 Tabulka počtu strojů

Tabulka počtu strojů				
	Operace	Teoretický počet strojů	Skutečný počet strojů	
1.	Hluboké vrtání	$P_{th1}=2,662$	$P_{sk1}=3$	[ks]
2.	Frézování, hrubování boků	$P_{th2}=0,713$	$P_{sk2}=1$	[ks]
3.	Frézování, hrubování TOP, BOTTOM	$P_{th3}=3,341$	$P_{sk3}=4$	[ks]
4.	Broušení naplocho	$P_{th4}=1,502$	$P_{sk4}=2$	[ks]
5.	Frézování, dokončení TOP, BOTTOM	$P_{th5}=6,237$	$P_{sk5}=7$	[ks]
6.	Frézování, dokončení šikmin a boků	$P_{th6}=0,929$	$P_{sk6}=1$	[ks]
7.	Ruční dokončení	$P_{r7}=3,415$	$P_{rsk7}=4$	[ks]

2.3 Výpočet využití strojů a ručních pracovišť [3], [7], [9], [11]

Ze vzájemného poměru teoretického počtu strojů/ručních pracovišť a skutečného počtu strojů/ručních pracovišť a následného vynásobení této hodnoty $\cdot 100$ je získáno teoretické využití strojů η [%]. Následně je nutné vypočítat skupinové využití strojů a využití celého strojového parku. Tyto výsledky jsou znázorněny ve formě grafu viz Obr. 9.

2.3.1 Výpočet využití strojů [3], [7], [9], [11]

- Předpokládané využití stroje pro operaci číslo 1 (Hluboké vrtání).

$$\eta_1 = \frac{P_{th1}}{P_{sk1}} \cdot 100 = \frac{2,662}{3} \cdot 100 = 88,75 \% \quad (2.15)$$

Využití strojů pro operaci číslo 1 je 88,75 %.

- Předpokládané využití stroje pro operaci číslo 2 (Frézování, hrubování boků).

$$\eta_2 = \frac{P_{th2}}{P_{sk2}} \cdot 100 = \frac{0,713}{1} \cdot 100 = 71,28 \% \quad (2.16)$$

Využití strojů pro operaci číslo 2 je 71,28 %.

- Předpokládané využití stroje pro operaci číslo 3 (Frézování, hrubování TOP, BOTTOM).

$$\eta_3 = \frac{P_{th3}}{P_{sk3}} \cdot 100 = \frac{3,341}{4} \cdot 100 = 83,52 \% \quad (2.17)$$

Využití strojů pro operaci číslo 3 je 83,52 %.

- Předpokládané využití stroje pro operaci číslo 4 (Broušení na plocho).

$$\eta_4 = \frac{P_{th4}}{P_{sk4}} \cdot 100 = \frac{1,502}{2} \cdot 100 = 75,09\% \quad (2.18)$$

Využití strojů pro operaci číslo 4 je 75,09 %.

- Předpokládané využití stroje pro operaci číslo 5 (Frézování, dokončení TOP, BOTTOM).

$$\eta_5 = \frac{P_{th5}}{P_{sk5}} \cdot 100 = \frac{6,237}{7} \cdot 100 = 89,10 \% \quad (2.19)$$

Využití strojů pro operaci číslo 5 je 89,10 %.

- Předpokládané využití stroje pro operaci číslo 6 (Frézování, dokončení šikmin, boků).

$$\eta_6 = \frac{P_{th6}}{P_{sk6}} \cdot 100 = \frac{0,929}{1} \cdot 100 = 92,94 \% \quad (2.20)$$

Využití strojů pro operaci číslo 6 je 92,94 %.

2.3.2 Výpočet předpokládaného využití ručních pracovišť. [3]

- Předpokládané využití ručních pracovišť pro operaci číslo 7.

$$\eta_7 = \frac{P_{r7}}{P_{rsk7}} \cdot 100 = \frac{3,145}{4} \cdot 100 = 85,37 \% \quad (2.21)$$

Využití ručních pracovišť pro operaci číslo 7 je 85,37 %.

2.3.3 Skupinové využití strojů [3]

- Předpokládané využití strojů pro operace frézování hrubování.

$$\eta_{frh} = \frac{\sum_{i=1}^n (\eta \cdot P_{ski})}{\sum_{i=1}^n P_{ski}} = \frac{(71,28 \cdot 1) + (83,52 \cdot 4)}{1 + 4} = 81,07 \% \quad (2.22)$$

Skupinové využití strojů pro operace frézování je 81,07 %.

- Předpokládané využití strojů pro operace frézování dokončování.

$$\eta_{frd} = \frac{\sum_{i=1}^n (\eta \cdot P_{ski})}{\sum_{i=1}^n P_{ski}} = \frac{(89,10 \cdot 7) + (92,94 \cdot 1)}{7 + 1} = 89,58 \% \quad (2.23)$$

Skupinové využití strojů pro operace frézování je 89,58 %.

- Předpokládané využití strojů pro operace hlubokého vrtání.

$$\eta_{vrt} = \frac{\sum_{i=1}^n (\eta \cdot P_{ski})}{\sum_{i=1}^n P_{ski}} = \frac{88,75 \cdot 3}{3} = 88,75 \% \quad (2.24)$$

Skupinové využití strojů pro operace hlubokého vrtání je 88,75 %.

- Předpokládané využití strojů pro operace broušení.

$$\eta_{bru} = \frac{\sum_{i=1}^n (\eta \cdot P_{ski})}{\sum_{i=1}^n P_{ski}} = \frac{75,09 \cdot 2}{2} = 75,09 \% \quad (2.25)$$

Skupinové využití strojů pro operace broušení je 75,09 %.

- Předpokládané využití ručních pracovišť.

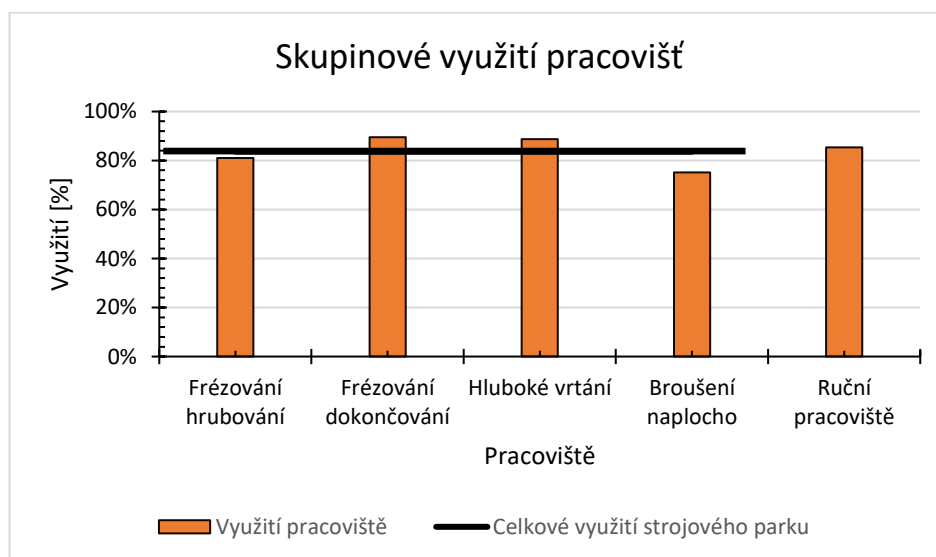
$$\eta_{ruč} = \frac{\sum_{i=1}^n (\eta \cdot P_{ski})}{\sum_{i=1}^n P_{ski}} = \frac{(85,37 \cdot 4)}{4} = 85,37 \% \quad (2.26)$$

Skupinové využití ručních pracovišť je 85,37 %.

- Předpokládané využití celého strojového parku.

$$\eta_{str} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta}{i} = \frac{(81,07 + 89,58 + 88,75 + 75,09)}{4} = 83,62 \% \quad (2.27)$$

Skupinové využití ručních pracovišť je 83,62 %.



Obr. 9 Skupinové využití pracovišť

2.4 Výpočet počtu pracovníků [3], [7], [9]

Je nutné vypočítat potřebný počet dělníků pro každé pracoviště. Výpočet pro jednotlivé operace bude počítán pro jednu směnu, následně bude zjištěn počet pracovníků pro všechny směny.

2.4.1 Výpočet výrobních dělníků [3], [7], [9]

- Potřebný počet pracovníků pro operaci číslo 1 (hluboké vrtání).

$$D_{VSI_1} = (S_s - 1) \cdot P_{th1} = (2 - 1) \cdot 2,662 = 2,662 \quad (2.28)$$

Pro operaci číslo 1 jsou zapotřebí 3 pracovníci.

- Potřebný počet pracovníků pro operaci číslo 2 (frézování hrubování boků).

$$D_{VSI_2} = (S_s - 1) \cdot P_{th2} = (2 - 1) \cdot 0,713 = 0,713 \quad (2.29)$$

Pro operaci číslo 2 je zapotřebí 1 pracovník.

- Potřebný počet pracovníků pro operaci číslo 3 (frézování hrubování TOP / BOTTOM).

$$D_{VSI_3} = (S_s - 1) \cdot P_{th3} = (2 - 1) \cdot 3,341 = 3,341 \quad (2.30)$$

Pro operaci číslo 3 jsou zapotřebí 4 pracovníci.

- Potřebný počet pracovníků pro operaci číslo 4 (broušení naplocho).

$$D_{VSI_4} = (S_{br} - 2) \cdot P_{th4} = (3 - 2) \cdot 1,502 = 1,502 \quad (2.31)$$

Pro operaci číslo 4 jsou zapotřebí 2 pracovníci.

- Potřebný počet pracovníků pro operaci číslo 5 (frézování dokončení TOP / BOTTOM).

$$D_{VSI_5} = (S_s - 1) \cdot P_{th5} = (2 - 1) \cdot 6,237 = 6,237 \quad (2.32)$$

Pro operaci číslo 5 je zapotřebí 7 pracovníků.

- Potřebný počet pracovníků pro operaci číslo 6 (frézování dokončení boků / šikmin).

$$D_{VSI_6} = (S_s - 1) \cdot P_{th6} = (2 - 1) \cdot 0,929 = 0,929 \quad (2.33)$$

Pro operaci číslo 6 je zapotřebí 1 pracovník.

- Potřebný počet pracovníků pro operaci číslo 7.

$$D_{VSI_7} = (S_r - 1) \cdot P_{r7} = (2 - 1) \cdot 3,415 = 3,415 \quad (2.34)$$

Pro operaci číslo 7 jsou zapotřebí 4 pracovníci.

- Celkový počet strojních pracovníků při dvousměnném provozu.

$$D_{VS2} = \sum_{i=0}^n D_{VSI} \cdot (S_s + 2) = 16 \cdot 4 = 64 \quad (2.35)$$

Celkový počet strojních pracovníků při dvousměnném provozu je 64.

- Celkový počet strojních pracovníků při třisměnném provozu.

$$D_{VS3} = \sum_{i=0}^n D_{VSI} \cdot S_r = 2 \cdot 3 = 6 \quad (2.36)$$

Celkový počet strojních pracovníků při třisměnném provozu je 6.

- Celkový počet pracovníků pro ruční pracoviště.

$$D_{VR} = \sum_{i=0}^n D_{VRI} \cdot S_r = 4 \cdot 2 = 8 \quad (2.37)$$

Celkový počet pracovníků pro ruční pracoviště je 8.

- Celkový počet výrobních dělníků.

$$D_V = D_{VS2} + D_{VS3} + D_{VR} = 64 + 6 + 8 = 78 \quad (2.38)$$

Celkový počet výrobních dělníků je 78.

Tab. 7 Tabulka počtu pracovníků

Tabulka počtu pracovníků pro jednotlivé operace			
		Teoretický počet pracovníků	Zvolený počet pracovníků
1.	Hluboké vrtání	$D_{VSI1}=2,662$	3
2.	Frézování, hrubování boků	$D_{VSI2}=0,713$	1
3.	Frézování, hrubování TOP, BOTTOM	$D_{VSI3}=3,314$	4
4.	Broušení naplocho	$D_{VSI4}=1,502$	2
5.	Frézování, dokončení TOP, BOTTOM	$D_{VSI5}=6,237$	7
6.	Frézování, dokončení šikmin a boků	$D_{VSI6}=0,929$	1
7.	Ruční dokončení	$D_{VRI7}=3,415$	4
Celkový počet pracovníků při 2. směnném provozu		$D_{VS2}=64$	
Celkový počet pracovníků při 3. směnném provozu		$D_{VS3}=6$	
Celkový počet pracovníků ručních pracovišť		$D_{VR}=8$	
Celkový počet výrobních dělníků		$D_V=78$	

2.4.2 Výpočet evidenčního počtu dělníků [3], [7], [9], [11]

- Evidenční počet dělníků pro strojní pracoviště při dvousměnném provozu.

$$D_{eVS2} = D_{VS2} \cdot \frac{E_s}{E_{d2}} = 64 \cdot \frac{4224}{3744} = 72,2 \quad (2.39)$$

Potřebný evidenční počet dělníků pro strojní pracoviště při dvousměnném provozu je 73 dělníků.

- Evidenční počet dělníků pro strojní pracoviště při třisměnném provozu.

$$D_{eVS3} = D_{VS3} \cdot \frac{E_{br}}{E_{dbr}} = 6 \cdot \frac{2008}{1688} = 7,1 \quad (2.40)$$

Potřebný evidenční počet dělníků pro strojní pracoviště při třisměnném provozu je 8 dělníků.

- Evidenční počet dělníků pro ruční pracoviště.

$$D_{eVR} = D_{VR} \cdot \frac{E_r}{E_{dr}} = 8 \cdot \frac{2008}{1688} = 9,5 \quad (2.41)$$

Potřebný evidenční počet dělníků pro ruční pracoviště je 10 dělníků.

- Počet pomocného a obslužného personálu.

$$D_P = D_V \cdot 0,35 = 78 \cdot 0,35 = 27,3 \quad (2.42)$$

Potřebný počet pomocného a obslužného personálu je 27.

- Evidenční počet pomocného a obslužného personálu.

$$D_{eP} = D_P \cdot 1,1 = 27 \cdot 1,1 = 29,7 \quad (2.43)$$

Evidenční počet pomocného a obslužného personálu je 30.

- Celkový evidenční počet pracovníků.

$$D_{eVC} = D_{eVS2} + D_{eVS3} + D_{eVR} + D_{eP} = 73 + 8 + 10 + 30 = 121 \quad (2.44)$$

Celkový evidenční počet pracovníků je 121.

- Počet pomocného personálu (uklízečky, svačínářky, telefonistky).

$$D_{Pop} = D_{eVC} \cdot 0,02 = 121 \cdot 0,02 = 2,42 \quad (2.45)$$

Potřebný počet pomocného personálu jsou 3 pracovníci.

- Evidenční počet pomocného personálu (uklízečky, svačínářky, telefonistky).

$$D_{ePop} = D_{Pop} \cdot 1,1 = 3 \cdot 1,1 = 3,3 \quad (2.46)$$

Evidenční počet pomocného personálu je 4.

- Počet pracovníků kontroly.

$$D_K = (D_{VS2} + D_{VS3}) \cdot 0,06 = (64 + 6) \cdot 0,06 = 4,2 \quad (2.47)$$

Potřebný počet pracovníků kontroly je 5.

- Počet ITA pracovníků.

$$ITA = (D_{eVC} + D_{ePOP}) \cdot 0,2 = (121 + 4) \cdot 0,2 = 25 \quad (2.48)$$

Potřebný počet ITA pracovníků je 25.

- Počet administrativních pracovníků.

$$ITA_A = 0,3 \cdot ITA = 0,3 \cdot 25 = 7,5 \quad (2.49)$$

Potřebný počet administrativních pracovníků je 8.

- Počet konstruktérů.

$$ITA_K = 0,2 \cdot ITA = 0,2 \cdot 25 = 5 \quad (2.50)$$

Potřebný počet konstruktérů je 5.

- Počet pracovníků na pozici operačního řízení.

$$ITA_o = 0,5 \cdot ITA = 0,5 \cdot 25 = 12,5 \quad (2.51)$$

Potřebný počet pracovníků na pozici operačního řízení je 12.

- Celkový počet pracovníků útvaru.

$$P_C = D_{eVC} + D_{ePop} + ITA + D_K = 121 + 4 + 25 + 5 = 155 \quad (2.52)$$

Pro zajištění chodu firmy je zapotřebí zajistit 155 pracovníků.

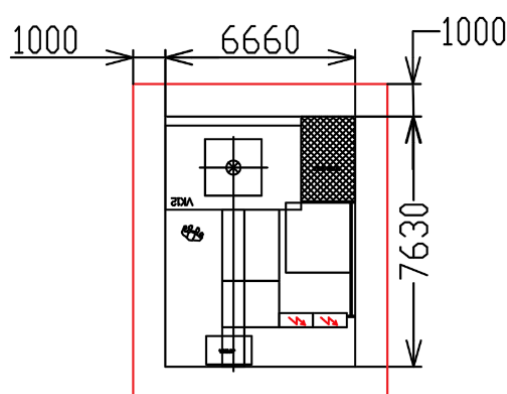
Tab. 8 Tabulka evidenčního počtu pracovníků

Tabulka evidenčního počtu pracovníků		
	Evidenční počet	Zvolený počet
Evidenční počet pracovníků ve 2. směnném provozu	$D_{eVS2}=72,2$	73
Evidenční počet pracovníků ve 3. směnném provozu	$D_{eVS3}=7,1$	8
Evidenční počet pracovníků pro ruční pracoviště	$D_{eVR}=9,5$	10
Evidenční počet pomocného a obslužného personálu	$D_{eP}=29,7$	30
Celkový evidenční počet pracovníků	$D_{eVC}=121$	
Evidenční počet pomocného personálu (uklízečky...)	$D_{ePOP}=3,3$	4
Počet pracovníků kontroly	$D_K=4,2$	5
Počet ITA pracovníků	$ITA=25$	
Počet administrativních pracovníků	$ITA_A=7,5$	8
Počet konstruktérů	$ITA_K=5$	
Počet pracovníků na pozici operačního řízení	$ITA_O=12,5$	12
Celkový počet pracovníků útvaru	$P_C=155$	

2.5 Výpočet výrobních ploch [3], [6], [7], [9]

Na základě strojového vybavení firmy budou výrobní plochy spočítány pro všechny stroje. Rozměry strojů pro výpočet plochy jsou rozšířeny o manipulační prostor 1 m okolo stroje viz Obr. 10., a to z důvodu bezpečnosti při obsluze a seřizování stroje.

Výpočet celkové výrobní plochy je stejný pro obě varianty. U varianty volby výrobní haly 3 jsou data o plochách určena výkresem haly, v obou variantách by strojové obsazení zůstalo stejné, proto není potřeba počítat plochy strojů pro obě varianty.



Obr.10 Plocha stroje

- Vzorový výpočet plochy f_{s2} (viz Obr. 10).

$$f_{s2} = (a + 2 \cdot m) \cdot (b + 2 \cdot m) = (7630 + 2 \cdot 1000) \cdot (6660 + 2 \cdot 1000) = 83\,395\,800 \text{ mm}^2 = 83,4 \text{ m}^2 \quad (2.53)$$

Kde: $a=7630 \text{ mm}$

$b=6660 \text{ mm}$

$m=1000 \text{ mm}$

Plocha f_{s2} stroje VK16 je $83,4 \text{ m}^2$

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK28.

$$F_{s1} = P_{hv1} \cdot f_{s1} = 1 \cdot 78,8 = 78,8 \text{ m}^2 \quad (2.54)$$

Kde: $f_{s1}=78,8 \text{ m}^2$

$F_{s1} = 78,8 \text{ m}^2$

$P_{hv1}=1$

Plocha pracoviště VK28 je $78,8 \text{ m}^2$.

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK16.

$$F_{s2} = P_{hv2} \cdot f_{s2} = 1 \cdot 83,4 = 83,4 \text{ m}^2 \quad (2.55)$$

Kde: $f_{s2}=83,4 \text{ m}^2$

$F_{s2} = 83,4 \text{ m}^2$

$P_{hv2}=1$

Plocha pracoviště VK16 je $83,4 \text{ m}^2$.

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK12.

$$F_{s3} = P_{hv3} \cdot f_{s3} = 1 \cdot 94,5 = 94,5 \text{ m}^2 \quad (2.56)$$

Kde: $f_{s3}=94,5 \text{ m}^2$

$F_{s3} = 94,5 \text{ m}^2$

$P_{hv3}=1$

Plocha pracoviště VK12 je $94,5 \text{ m}^2$.

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK26, VK25.

$$F_{s4} = P_{hr1} \cdot f_{s4} = 2 \cdot 63 = 126 \text{ m}^2 \quad (2.57)$$

Kde: $f_{s4}=63 \text{ m}^2$

$F_{s4} = 126 \text{ m}^2$

$P_{hr1}=2$

Plocha pracoviště VK26 a VK25 je 126 m^2 .

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK17, VK13.

$$F_{s5} = P_{hr2} \cdot f_{s5} = 2 \cdot 51,4 = 102,8 \text{ m}^2 \quad (2.58)$$

Kde: $f_{s5}=51,4 \text{ m}^2$

$F_{s5} = 102,8 \text{ m}^2$

$P_{hr2}=2$

Plocha pracoviště VK17 a VK13 je $102,8 \text{ m}^2$.

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK27.

$$F_{s6} = P_{hr3} \cdot f_{s6} = 1 \cdot 98,8 = 98,8 \text{ m}^2 \quad (2.59)$$

$$\text{Kde: } f_{s6}=98,8 \text{ m}^2 \quad F_{s6} = 98,8 \text{ m}^2$$

$$P_{hr3}=1$$

Plocha pracoviště VK27 je 98,8 m².

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK32.

$$F_{s7} = P_{hr4} \cdot f_{s7} = 1 \cdot 132,8 = 132,8 \text{ m}^2 \quad (2.60)$$

$$\text{Kde: } f_{s7}=132,8 \text{ m}^2 \quad F_{s7} = 132,8 \text{ m}^2$$

$$P_{hr4}=1$$

Plocha pracoviště VK32 je 132,8 m².

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK33.

$$F_{s8} = P_{hr5} \cdot f_{s8} = 1 \cdot 137,3 = 137,3 \text{ m}^2 \quad (2.61)$$

$$\text{Kde: } f_{s8}=137,3 \text{ m}^2 \quad F_{s8} = 137,3 \text{ m}^2$$

$$P_{hr5}=1$$

Plocha pracoviště VK33 je 137,3 m².

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK34.

$$F_{s9} = P_{hr6} \cdot f_{s9} = 1 \cdot 121,2 = 121,2 \text{ m}^2 \quad (2.62)$$

$$\text{Kde: } f_{s9}=121,2 \text{ m}^2 \quad F_{s9} = 121,2 \text{ m}^2$$

$$P_{hr6}=1$$

Plocha pracoviště VK34 je 121,2 m².

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VB01.

$$F_{s10} = P_{br1} \cdot f_{s10} = 1 \cdot 48,7 = 48,7 \text{ m}^2 \quad (2.63)$$

$$\text{Kde: } f_{s10}=48,7 \text{ m}^2 \quad F_{s10} = 48,7 \text{ m}^2$$

$$P_{br1}=1$$

Plocha pracoviště VB01 je 48,7 m².

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VB04.

$$F_{s11} = P_{br2} \cdot f_{s11} = 1 \cdot 69,4 = 69,4 \text{ m}^2 \quad (2.64)$$

$$\text{Kde: } f_{s11}=69,4 \text{ m}^2 \quad F_{s11} = 69,4 \text{ m}^2$$

$$P_{br2}=1$$

Plocha pracoviště VB04 je 69,4 m².

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VB05.

$$F_{s12} = P_{br3} \cdot f_{s12} = 1 \cdot 86,8 = 86,8 \text{ m}^2 \quad (2.65)$$

$$\begin{aligned} \text{Kde: } f_{s12} &= 86,8 \text{ m}^2 & F_{s12} &= 86,8 \text{ m}^2 \\ P_{br3} &= 1 \end{aligned}$$

Plocha pracoviště VB05 je 86,8 m².

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK19, VK20, VK21, VK22, VK23.

$$F_{s13} = P_{do1} \cdot f_{s13} = 5 \cdot 50 = 250 \text{ m}^2 \quad (2.66)$$

$$\begin{aligned} \text{Kde: } f_{s13} &= 50 \text{ m}^2 & F_{s13} &= 250 \text{ m}^2 \\ P_{do1} &= 5 \end{aligned}$$

Plocha pracovišť VK19, VK20, VK21, VK22 a VK23 je 250 m².

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK29, VK30.

$$F_{s14} = P_{do2} \cdot f_{s14} = 2 \cdot 69,9 = 139,8 \text{ m}^2 \quad (2.67)$$

$$\begin{aligned} \text{Kde: } f_{s14} &= 69,9 \text{ m}^2 & F_{s14} &= 139,8 \text{ m}^2 \\ P_{do2} &= 2 \end{aligned}$$

Plocha pracovišť VK29 a VK30 je 139,8 m².

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK09.

$$F_{s15} = P_{do3} \cdot f_{s15} = 1 \cdot 94,5 = 94,5 \text{ m}^2 \quad (2.68)$$

$$\begin{aligned} \text{Kde: } f_{s15} &= 94,5 \text{ m}^2 & F_{s15} &= 94,5 \text{ m}^2 \\ P_{do3} &= 1 \end{aligned}$$

Plocha pracoviště VK09 je 94,5 m².

- Výpočet výrobní plochy pro strojní pracoviště VK24.

$$F_{s16} = P_{do4} \cdot f_{s16} = 1 \cdot 118,8 = 118,8 \text{ m}^2 \quad (2.69)$$

$$\begin{aligned} \text{Kde: } f_{s16} &= 118,8 \text{ m}^2 & F_{s16} &= 118,8 \text{ m}^2 \\ P_{do4} &= 1 \end{aligned}$$

Plocha pracoviště VK24 je 118,8 m².

- Výpočet výrobní plochy pro cvičný stroj.

$$F_{s17} = P_{cv} \cdot f_{scv} = 1 \cdot 32,7 = 32,7 \text{ m}^2 \quad (2.70)$$

$$\begin{aligned} \text{Kde: } f_{scv} &= 32,7 \text{ m}^2 & F_{s17} &= 32,7 \text{ m}^2 \\ P_{cv} &= 1 \end{aligned}$$

Plocha pracoviště cvičného stroje je 32,7 m².

- Výpočet výrobní plochy pro ruční pracoviště.

$$F_r = P_r \cdot f_{r1} = 5 \cdot 25 = 125 \text{ m}^2 \quad (2.71)$$

Kde: $f_{r1}=25 \text{ m}^2$

$$F_r = 125 \text{ m}^2$$

$P_r=1$

Plocha ručních pracovišť je 125 m^2 .

- Výpočet celkové výrobní plochy.

$$F_V = F_r + \sum_{i=0}^n F_{s_i} = 125 + (78,8 + 83,4 + 94,5 + 126 + 102,8 + 98,8 + 132,8 + 137,3 + 121,4 + 48,7 + 69,4 + 86,8 + 250 + 139,8 + 94,5 + 118,8 + 32,7) = 125 + 1732,7 = 1941,3 \text{ m}^2 \quad (2.72)$$

Celková výrobní plocha je $1941,3 \text{ m}^2$.

Tab. 9 Tabulka ploch pracovišť

Pracoviště		Plocha [m^2]
VK28	Plocha pracoviště VK28	$F_{s1}=78,8$
VK16	Plocha pracoviště VK16	$F_{s2}=83,4$
VK12	Plocha pracoviště VK12	$F_{s3}=94,5$
VK26, VK25	Plocha pracovišť VK26, VK25	$F_{s4}=126$
VK17, VK13	Plocha pracovišť VK17, VK13	$F_{s5}=102,8$
VK27	Plocha pracoviště VK27	$F_{s6}=98,8$
VK32	Plocha pracoviště VK32	$F_{s7}=132,8$
VK33	Plocha pracoviště VK33	$F_{s8}=137,3$
VK34	Plocha pracoviště VK34	$F_{s9}=121,2$
VB01	Plocha pracoviště VB01	$F_{s10}=48,7$
VB04	Plocha pracoviště VB04	$F_{s11}=69,4$
VB05	Plocha pracoviště VB05	$F_{s12}=86,8$
VK19, VK20, VK21, VK22, VK23	Plocha pracovišť VK19, VK20, VK21, VK22, VK23	$F_{s13}=250$
VK29, VK30	Plocha pracovišť VK29, VK30	$F_{s14}=139,8$
VK09	Plocha pracoviště VK09	$F_{s15}=94,5$
VK24	Plocha pracoviště VK24	$F_{s16}=118,8$
Cvičný stroj	Plocha cvičného stroje	$F_{s17}=32,7$
Ruční pracoviště	Plocha pro ruční pracoviště	$F_r=125$
Celková výrobní plocha		$F_V=1941,3$

- Pomocný výpočet velikosti pomocné plochy.

$$F_{pp} = 0,6 \cdot F_V = 0,6 \cdot 1941,3 = 1164,8 \text{ m}^2 \quad (2.73)$$

Velikost pomocné plochy je $1164,8 \text{ m}^2$.

- Výpočet počtu strojů ostřírny (přípravna nástrojů).

$$P_{sko} = P_{sk} \cdot 0,05 = 24 \cdot 0,05 = 1,2 \quad (2.74)$$

Kde: $P_{sk}=24$ strojů

$$P_{sko} = 1,2 \quad \text{Volím 2 stroje}$$

Počet potřebných strojů ostřírny je 2.

- Výpočet plochy ostřírny (přípravna nástrojů).

$$F_{phno} = P_{sko} \cdot f_{so} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ m}^2 \quad (2.75)$$

Kde: $f_{so}=10 \text{ m}^2$

$$F_{phno} = 20 \text{ m}^2$$

$P_{sko}=2$

Plocha ostřírny je 20 m^2 .

- Výpočet velikosti plochy výdejny nářadí.

$$F_{phnv} = P_{sk} \cdot (0,3 \div 0,4) = 24 \cdot 0,35 = 8,05 \text{ m}^2 \quad (2.76)$$

Plocha výdejny nářadí je $8,4 \text{ m}^2$.

- Výpočet plochy pro hospodaření s nádražím.

$$F_{phn} = F_{phno} + F_{phnv} = 20 + 8,4 = 28,4 \text{ m}^2 \quad (2.77)$$

Plocha pro hospodaření s nářadím je $28,4 \text{ m}^2$.

- Výpočet počtu strojů údržby.

$$P_{skú} = P_{sk} \cdot 0,01 = 24 \cdot 0,01 = 0,24 \quad (2.78)$$

Počet potřebných strojů údržby je 1.

- Výpočet plochy údržby.

$$F_{Pú} = P_{skú} \cdot f_{ú} = 1 \cdot 30 = 30 \text{ m}^2 \quad (2.79)$$

Kde: $f_{ú}=30 \text{ m}^2$

Plocha údržby je 20 m^2 .

Následující plochy byly určeny ze stávajícího strojového vybavení, nebo z požadavků vedení firmy:

Plocha kontroly kvality je 120 m^2

$$F_{pk} = 120 \text{ m}^2$$

Plocha svařovny je $34,8 \text{ m}^2$

$$F_{psv} = 34,8 \text{ m}^2$$

Plocha pro montáž je $30,8 \text{ m}^2$

$$F_{pmon} = 30,8 \text{ m}^2$$

Plocha skladu pro vstupní inspekci je 50 m^2

$$F_{svs} = 50 \text{ m}^2$$

Plocha mezioperačního skladu je 150 m^2

$$F_{smo} = 150 \text{ m}^2$$

Plocha skladu hotových výrobků je 100 m^2

$$F_{shv} = 100 \text{ m}^2$$

Plocha výrobků na expedici je 50 m^2

$$F_{sex} = 50 \text{ m}^2$$

- Výpočet plochy skladu.

$$F_{Pskl} = F_{svs} + F_{smo} + F_{shv} + F_{sex} = 50 + 150 + 100 + 50 = 350 \text{ m}^2 \quad (2.80)$$

Plocha skladů je 350 m^2 .

- Výpočet pomocné plochy podlahových cest.

$$F_{Pdc} = F_{Pp} \cdot 0,35 = 1164,8 \cdot 0,35 = 407,7 \text{ m}^2 \quad (2.81)$$

Plocha podlahových cest je 407,7 m².

- Výpočet pomocné plochy.

$$\begin{aligned} F_P &= F_{Pskl} + F_{Pmon} + F_{Pk} + F_{Psv} + F_{Pdc} + F_{Phn} + F_{Pú} = \\ &= 350 + 30,8 + 120 + 34,8 + 407,7 + 28,4 + 30 = 1001,7 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (2.82)$$

Pomocná plocha má velikost 1001,7 m².

- Výpočet provozní podlahové plochy.

$$F_{Pr} = F_V + F_P = 1941,3 + 1001,7 = 2943 \text{ m}^2 \quad (2.83)$$

Celková provozní podlahová plocha je 2943 m².

- Výpočet velikosti správní plochy.

$$\begin{aligned} F_{spr} &= ITA_A \cdot 5 + ITA_K \cdot 12 + ITA_O \cdot 6 = 8 \cdot 5 + 5 \cdot 12 + 12 \cdot 6 \\ &= 172 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (2.84)$$

Kde: $ITA_A = 8$

$$F_{spr} = 172 \text{ m}^2$$

$ITA_K = 5$

$ITA_O = 12$

Velikost správní plochy je 172 m².

- Výpočet plochy šaten.

$$F_{\text{šat}} = (D_{eVC} \cdot D_{ePop}) \cdot 0,8 = (121 + 4) \cdot 0,8 = 100 \text{ m}^2 \quad (2.85)$$

Plocha šaten je 100 m².

- Výpočet plochy umývárny.

$$F_{um} = (D_{eVC} \cdot D_{ePop}) \cdot 0,4 = (121 + 4) \cdot 0,4 = 50 \text{ m}^2 \quad (2.86)$$

Plocha umývárny je 50 m².

- Výpočet plochy WC.

$$F_{WC} = \frac{2 \cdot P_C}{15} = \frac{2 \cdot 150}{15} = 20 \text{ m}^2 \quad (2.87)$$

Plocha WC je 20 m².

- Výpočet celkové sociální plochy.

$$F_{SOC} = (F_{\text{šat}} + F_{um} + F_{WC}) \cdot 1,4 = (100 + 50 + 20) \cdot 1,4 = 238 \text{ m}^2 \quad (2.88)$$

Velikost sociálních ploch je 238 m².

- Výpočet celkové plochy útvaru.

$$F_{útv} = F_{Pr} + F_{spr} + F_{SOC} = 2943 + 172 + 238 = 3353 \text{ m}^2 \quad (2.89)$$

Velikost celkové plochy útvaru je 3353 m².

- Výpočet celkové plochy linky.

$$F_L = F_{Pr} - F_{phn} - F_{pú} = 2943 - 28,4 - 30 = 2884,6 \text{ m}^2 \quad (2.90)$$

Velikost celkové plochy linky je 2884,6 m².

- Procento pomocné podlahové plochy z provozní podlahové plochy.

$$\eta_{Fp} = \frac{F_p \cdot 100}{F_{pr}} = \frac{1001,7 \cdot 100}{2943} = 34,04 \% \quad (2.91)$$

Pomocná podlahová plocha se rozkládá na 34,04 % provozní podlahové plochy.

- Procento výrobní podlahové plochy z provozní podlahové plochy.

$$\eta_{Fv} = \frac{F_v \cdot 100}{F_{pr}} = \frac{1941,3 \cdot 100}{2943} = 65,96 \% \quad (2.92)$$

Výrobní podlahová plocha se rozkládá na 65,96 % provozní podlahové plochy.

Tab. 10 Tabulka vypočtených ploch

	Plocha [m ²]
Plocha ostřírny (přípravná nástrojů)	F _{phno} =20
Plocha pro hospodaření s náradím	F _{phn} =28,4
Plocha údržby	F _{pú} =30
Plocha skladů	F _{pskl} =350
Plocha podlahových cest	F _{pdc} =415,6
Plocha pro montáž	F _{mon} =30,8
Plocha kontroly kvality	F _{pk} =120
Plocha svařovny	F _{psv} =34,8
Celková pomocná plocha	F _p =1001,7
Provozní podlahová plocha	F _{pr} =2943
Správní plocha	F _{spr} =172
Plocha šaten	F _{šat} =100
Plocha umývárny	F _{um} =50
Plocha pro WC	F _{wc} =20
Sociální plocha	F _{soc} =238
Celková plocha útvaru	F _{útv} =3353
Plocha linky	F _L =2884,6
Procento pomocné podlahové plochy z provozní podlahové plochy	η _{Fp} =34,04 %
Procento výrobní podlahové plochy z provozní podlahové plochy	η _{Fv} =65,96 %

2.6 Řešení dopravy [3], [4], [6], [7], [13] [16]

Pro zajištění dopravy polotovarů po objektu v současné době slouží vysoko zdvižné vozíky v kombinaci s mostovými jeřáby, toto řešení se ukázalo jako vhodné a plně dostačující výrobním kapacitám, proto bylo rozhodnuto že manipulační prostředky zůstanou stejné i pro optimalizaci.

2.6.1 Volba přepravky [3], [4], [6], [7], [16], [17]

Ve výrobě se nachází dva druhy přepravek, jeden je určen pro skladování polotovarů a rozdělaných kusů mezi samotnými operacemi technologického postupu. Druhý typ se používá při příjmu materiálu, v meziskladu a při expedici. Jedná se o palety stejných rozměrů. Pro výpočet počtu palet bude využito informací o výrobě viz tabulka 11.

Tab. 11 Informace pro výpočty přepravek [7]

Přepravované množství	$N = 2877$ ks/rok
Hrubá hmotnost	$Q_h = 770$ Kg
Kapacita palety	$n_{pal} = 1$ ks
Počet mezioperačních přeprav	$n_{pro} = 15$
Průměrná doba skladování	$t_{sk} = 15$ dní
Průměrná doba v meziskladu	$t_{msk} = 10$ dnů

- Počet směn za rok při nepřetržitém dvousměnném provozu.

$$S_{sr} = \text{počet pracovních dnů} * \text{směnnost} = (365 - 13) * 2 = 704 \quad (2.93)$$

Celkový počet směn v nepřetržitém provozu za 1 rok při počtu 13 státních svátků je 704.

- Počet vyrobených kusů na směnu.

$$n_{kms} = \frac{N}{S_s} = \frac{2877}{704} = 4,1 \text{ ks} \rightarrow \text{zaokrouhleno na 4 ks} \quad (2.94)$$

Počet vyrobených kusů v jedné směně je přibližně 4 ks.

Počet palet na operaci a směnu ve skladech je přibližně $n_{poss} \approx 4$ palety to 1 ks.

Počet palet na operaci a směnu ve výrobě je přibližně $n_{posv} \approx 2$ palety to 2 ks.

- Potřebný počet palet ve skladu, meziskladu.

$$n_{SMS} = (t_{sk} + t_{msk}) * n_{poss} * S_s = (15 + 10) * 4 * 2 = 200 \text{ ks} \quad (2.95)$$

Počet palet ve skladu a meziskladu je 200 ks.

- Potřebný počet palet v provozu.

$$n_{PV} = n_{pro} * n_{posv} * S_s = 15 * 2 * 2 = 60 \text{ ks} \quad (2.96)$$

Počet palet ve výrobě je 60 ks.

- Celkový počet palet (zvýšen o 10 % jako rezervu).

$$n_{PC} = (n_{SMS} * n_{PV}) * 1,1 = (200 + 60) * 1,1 = 286 \text{ ks} \quad (2.97)$$

Celkový počet palet navýšen o rezeerních 10% je 286 ks.

Pro ukládání výrobků ve skladech jsou použity paletové regály viz Obr. 11. Jedná se o dvouřadový systém s nosností regálové buňky 1500 kg. Celková kapacita regálu včetně úložného místa pod regálem je 60 palet (desek). v hale se také nachází jednořadové systémy téhož regálu, které mají stejné technické parametry, jen je jejich kapacita poloviční. Materiál je zde ukládán na paletách o rozměrech EURO palety, a to 1200x800 mm s výškou palety 150 mm. Jedná se o plastové palety, které jsou vyrobeny z PE regranulátu. Palety jsou vhodné pro manipulaci s těžkými břemeny a pro použití v regálech, jsou vyztuženy a disponují nosností do 1500 kg.



Obr. 11 Paletový regál

Další možností skladování jsou palety pro vertikální uložení výrobků viz Obr. 12. Tyto palety se nachází jak ve skladech, tak především u každého ze strojů. U každého stroje je nutné mít 2 palety, jednu pro příjem polotovarů a druhou pro hotové výrobky připravené pro přesun na další operaci. Tyto palety disponují možností uložení až 5-ti desek, množství uložených desek je závislé na jejich velikosti. Jde o specifický druh kovové palety určený pro vertikální ukládání výrobků, k čemuž napomáhají našroubované tyče sloužící k zajištění stability, tyto tyče jsou obalené gumovou hadicí kvůli ochraně povrchu výrobků.

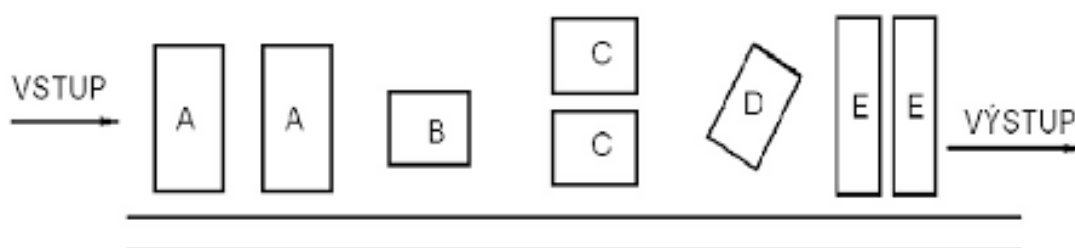


Obr. 12 Paleta pro vertikální skladování

3 NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ HALY VČETNĚ DISPOZIČNÍHO ŘEŠENÍ [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [9], [10], [11], [17], [18], [19]

Návrh uspořádání bude vytvořen na základě stávajícího strojového vybavení, kapacitních propočtů a požadavků firmy. Jsou možné dvě varianty řešení, které budou zhodnoceny a na základě všech dostupných informací bude vytvořena výkresová dokumentace pro obě řešení.

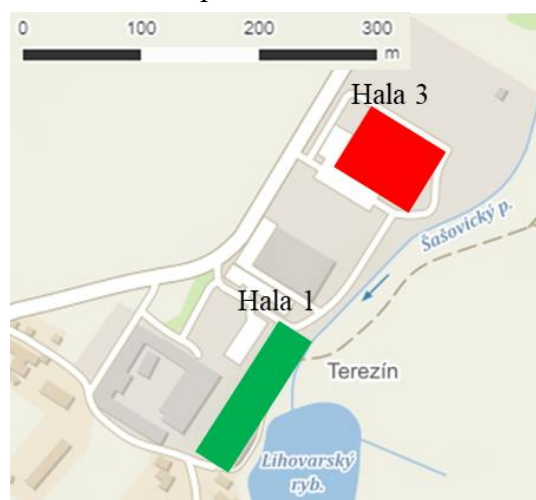
U obou variant bude vybráno předmětné uspořádání viz Obr. 13. Toto uspořádání se uplatňuje především ve výrobach, kde je výroba podřízena technologickému postupu vyráběné součásti. Podle počtu vyráběných součástí se linky dělí na pružné a proudové, v našem případě je vhodné využít pružnou nebo také vícepředmětnou linku, která se používá především ve středně sériové výrobě a tato linka bývá vybavena univerzálními stroji s konvenčním nebo NC řízením. Linky jsou projektovány podle výrobního postupu reprezentanta výroby. Strojní vybavení se v našem případě skládá z univerzálních NC strojů



Obr. 13 Předmětné uspořádání strojů [5]

Pro návrh linky a vytvoření výkresů je nutné dodržet základní pravidla. Vhodné umístění strojů a rozšíření plochy pro stroj o manipulační prostor. v našem případě se jedná o velké stroje a manipulační prostor je zvolen 1000 mm na každé straně. Z důvodu bezpečnosti a prostoru k manipulaci jsou ve výrobní hale dopravní cesty o rozměrech minimálně 3000 mm, což by mělo být dostačující.

Aktuální výroba se nachází ve výrobní hale označené „Hala 1“, výrobní hala, pro kterou bude řešeno možné přesunutí výroby, se nachází na pozemku firmy ve vzdálenosti přibližně 150 metrů od Haly 1 a je označena jako „Hala 3“ viz Obr. 14. U obou variant budou uvedeny silné i slabé stránky řešení, stručný popis rozmístění výroby a následně bude vytvořena přehledná výkresová dokumentace.



Obr. 14 Umístění hal [6]

3.1 Optimalizace stávající výroby [1], [3], [4], [7], [9], [10], [11], [18], [19]

Bude upraveno rozmístění pracovišť. Vhodnější než stávající technologické rozmístění, je v našem případě předmětné rozmístění technologických pracovišť viz Obr. 15.



Obr. 15 Předmětné uspořádání ve stávající hale

Naší snahou bude umístění všech strojů ve správném pořadí do hlavní lodě výrobní haly, která má rozměry 24x100 m. Na tuto plochu bude umístěn sklad pro příjem materiálu, mezisklad, sklad hotových výrobků s místem pro balení výrobků a také sklad expedice. Na způsobu manipulace se nic nemění a zůstává jako za současného stavu tzn. použití mostových jeřábů v kombinaci s vysokozdviznými vozíky. Skladování výrobků je řešeno paletovými regály a paletami pro vertikální uložení desek.

Ve vedlejší části haly oddělené chodbou, ve které se nachází místo pro skladování odpadu a vchod do skladu nástrojů a přípravný nástrojů, budou umístěna veškerá ruční pracoviště, svařovna, montážní pracoviště a také cvičný stroj pro zaškolení obsluhy. v této části je také vyhrazené místo pro skladování výrobků ke kontrole kvality, které se nachází hned vedle ručních pracovišť v oddělené místnosti.

Výhodami tohoto řešení je především nižší cena a menší čas na realizaci. Bohužel má toto řešení více nevýhod. Hlavním problémem stávající haly jsou její rozměry a s nimi související nedostačující plocha pro možné rozšíření výroby. Dle ambicí firmy je nutné počítat do budoucna s nákupem dalších strojů, což stávající hala nedovoluje. Při přesouvání strojů je nutné upravit základy pod stroji, některé ze strojů mají specifické požadavky na podlahovou plochu kvůli pohlcování vibrací.

Toto řešení má velice vhodný materiálový tok, jedinou nevýhodou je lokace vstupních vrat, které nám určují jak sklady pro příjem materiálu, tak i sklady pro expedici, takže po proběhnutí všech výrobních operací musí výrobek putovat přes celou délku haly zpět pro uložení do skladu. Po zohlednění všech okolností byl vytvořen výkres haly viz výkres č. 3, na kterém je názorně naznačeno rozmístění všech pracovišť, umístění skladů rozšířených na požadovanou velikost a je naznačen tok materiálu viz výkres č. 4.

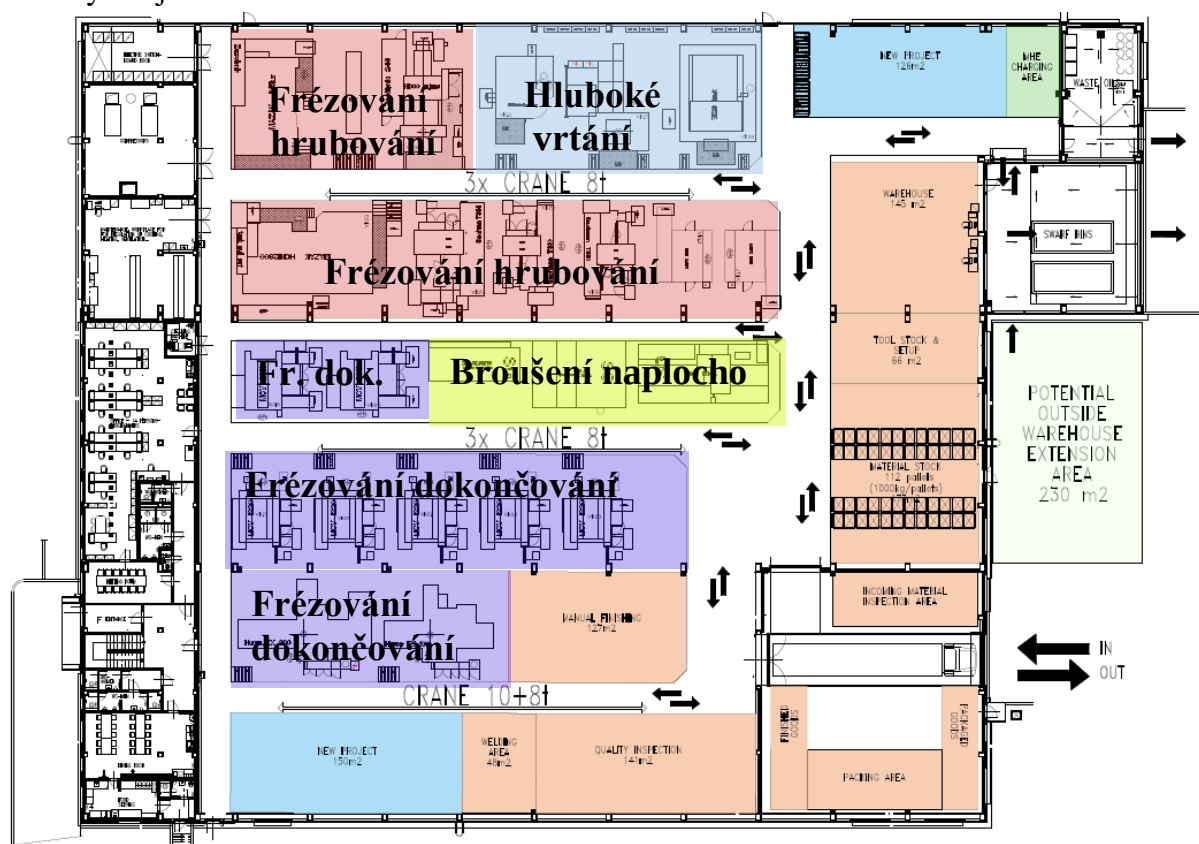
3.2 Přesunutí výroby do nové haly [1], [3], [4], [7], [9], [10], [11], [18], [19]

Nová výrobní hala viz Obr. 16 nám dává větší počet možností, jak zde pracoviště uspořádat. Plocha linky v této hale má celkem 3850 m². Výrobní plocha, která je rozdělena do 3 lodí oddělených nosnými sloupy, má celkovou rozlohu 3121 m², plocha meziskladu má rozlohu 394 m² a plocha pro příjem materiálu, sklad hotových výrobků, balení výrobků a expedici je 335 m².

Opět bylo zvoleno předmětné rozmístění technologických pracovišť, jelikož toto rozmístění je pro tento typ výroby nejvhodnější. Jedno z mála omezení při rozmisťování je rozdělení výrobní plochy sloupy vedenými přes halu. v hale 3 je nainstalováno 6 mostových jeřábů o nosnosti až 8 tun a jeden mostový jeřáb o maximální nosnosti 10+8 tun. Skladování je zde

řešeno stejně jako v předchozí variantě i v současnosti paletovými regály a paletami. Díky větším rozměrům haly je možné rozšířit plochy skladů téměř na dvojnásobek.

Varianta, která počítá s přesunutím celé výroby do nových prostor, má celou řadu výhod. Jednou z největších výhod je jistě větší výrobní plocha. Nezpochybnitelnou výhodou je možnost optimalizovat materiálový tok a přizpůsobit tomu samotné rozmístění strojů, což by znamenalo časovou a finanční úsporu. Díky vhodnému rozmístění ve výrobní hale vznikly prostory pro nové stroje, dále by bylo možné vybudovat díky dostatku místa otevřenou kancelář pro mistry přímo ve výrobě. Největší nevýhodou je cena potřebná pro realizaci a čas, který by zabralo přestěhování. Snížení produkce po dobu přemísťování výroby bylo odhadnuto na 30 %, čímž by byla ohrožena ztráta zákazníků. Zároveň je třeba upravit podlahovou plochu pro základy strojů.



Obr. 16 Rozmístění strojů v nové hale

Pro toto řešení byl vytvořen výkres viz výkres č. 5, na kterém je znázorněno rozmístění strojů, skladů a dalších ploch např. plochy pro nové projekty. Na výkrese č. 6 je naznačen materiálový tok touto halou.

4 VOLBA VHODNÉ VARIANTY A TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ [3], [6], [7], [12]

Na základě všech dostupných informací byla z možných variant vybrána varianta č. 2 přestěhování výroby do nových prostor. Při zhodnocení této metody převažují pozitiva. Toto řešení je velice nákladné a časově náročné, ale jedním z nejdůležitějších faktorů pro chod firmy je zvětšení výrobních prostor a možnost rozšíření strojového parku a samotné výroby. Pro přehlednost byla vytvořena SWOT analýza viz Tab. 5.

Tab. 12 SWOT analýza [6]

	POMOCNÉ k dosažení cíle	ŠKODLIVÉ k dosažení cíle
VNITŘNÍ (atributy organizace)	Silné stránky (strengths) • Nová budova • Větší výrobní plocha • Větší plocha skladů • Jednoduchý přístup do haly	Slabé stránky (weaknesses) • Nákladné vybudování nových základů • Nedostatečná klimatizace a větrání • Nedostatečná kapacita čističe vody • Nedostatečná kapacita sociálního zařízení • Potřeba vybudovat nové rozvody elektřiny
VNĚJŠÍ (atributy prostředí)	Příležitosti (opportunities) • Možnost nastavení optimálního materiálového toku • Možnost rozšíření výroby • Otevřená kancelář přímo ve výrobě	Hrozby (threats) • Snížení výrobní capacity o přibližně 30 % po dobu stěhování • Možné problémy při usazování strojů po transportu

4.1 Technicko-ekonomické zhodnocení [3], [6], [7], [12]

Jednou z částí zhodnocení vybrané varianty bude shrnutí předpokládaných nákladů na přesun výroby viz Tab. 13. Jelikož naším hlavním cílem při optimalizaci bylo zkrátit vzdálenost mezi jednotlivými operacemi, bude vypočítána vzdálenost, kterou výrobek urazí od prvního vstupu do haly po expedici při stávajícím rozložení a ta stejná dráha kterou výrobek urazí bude spočítána i v nové hale po optimalizaci. Tento výpočet nám ukáže, zda se optimalizací zlepšil tok materiálu a o kolik se zkrátila vzdálenost pro manipulaci s výrobkem. Ve stávající výrobě musí výrobek od příjmu materiálu až po expedici urazit vzdálenost přibližně 610 m. v nové budově při nastavení materiálového toku dle navrhovaného dispozičního řešení se tato vzdálenost zkrátila na přibližně 267 m. Tyto vzdálenosti byly změřeny na výkresech materiálových toků v jednotlivých halách. Těmito hodnotami lze vyjádřit úspora času při manipulaci. v technických parametrech jeřábu viz příloha 1, lze dohledat rychlost pojezdu jeřábu. Při našem výpočtu zanedbáme četnost jeřábů, tedy v našem případě si lze představit, že v celé firmě je pouze 1 jeřáb, dále můžeme zanedbat časy zdvihů, upínání a samotné výrobní

časy, jelikož v obou případech se jedná o totožný technologický postup se stejným počtem operací.

Dispoziční řešení nové haly bylo zhodnoceno jako vyhovující, je zde nastaven ideální materiálový tok, který nám zaručuje plynulý a co nejkratší tok materiálu. Jsou tu dvě plochy o celkové velikosti 276 m² na které by bylo možné umístit nové stroje a tím rozšířit kapacitu výroby, což bylo také jedním z důvodů optimalizace.

- Výpočet času přepravy ve stávající výrobě.

$$t_{psv} = \frac{s_{sv}}{v_p} = \frac{610}{20} = 30,5 \text{ min} \quad (2.98)$$

Kde: $s_{sv} = 610 \text{ m}$

$v_p = 20 \text{ m/min}$

Čas potřebný pro přepravu všemi operacemi technologického postupu ve stávající výrobě je 30,5 min.

- Výpočet času přepravy v optimalizované výrobě.

$$t_{pov} = \frac{s_{ov}}{v_p} = \frac{267}{20} = 13,4 \text{ min} \quad (2.99)$$

Kde: $s_{ov} = 267 \text{ m}$

$v_p = 20 \text{ m/min}$

Čas potřebný pro přepravu všemi operacemi technologického postupu v optimalizované výrobě je 13,4 min.

- Úspora času při přepravě 1 ks součásti.

$$t_{ús1} = t_{psv} - t_{pov} = 30,5 - 13,4 = 17,1 \text{ min} \quad (2.100)$$

Úspora času pro přepravu jednoho kusu součásti je 17,1 min.

- Úspora času přepravy za rok.

$$t_{úsN} = t_{ús1} * N = 17,1 * 2877 = 49\,196,7 \text{ min} \quad (2.101)$$

Předpokládaná úspora času za rok je 49 196,7 minut.

Z výpočtů je patrné, že vzdálenost byla zkrácena na méně než polovinu, čímž se ušetří přes 17 minut času na přepravě jednoho kusu výrobku. Po výpočtu předpokládané úspory času za celý rok, při výrobě N počtu kusů výrobku vyšlo 49 196,7 minut (téměř 820 hodin). Jedná se pouze o teoretický výpočet, který nám má ukázat, jak důležité je rozmístění pracovišť z hlediska úspory času.

Celková cena přepravy bylo předběžně odhadnuta na 70 000 000 Kč viz Tab. 13. Tato částka se skládá z ceny samotného transportu a úprav samotné haly jako např. úprava a nastavení vzduchotechniky, výstavba sociálních zařízení pro zaměstnance, úpravy základů pod stroji, nové rozvody elektřiny, vzduchu, a emulze, výstavba nového skladu oleje a emulze, a mnoho dalších.

Tab. 13 Cena přesunu výroby [6]

	Odhadovaná cena:
Základy pro 5 strojů (1 základy = 2 mil Kč)	10 000 000 Kč
Přesun strojů (24 strojů)	25 000 000 Kč
Úprava a nastavení vzduchotechniky	17 000 000 Kč
Sociální zařízení pro zaměstnance	1 000 000 Kč
Nové uzavřené klimatizované prostory kontroly kvality	2 000 000 Kč
Nový sklad oleje a emulzí	2 000 000 Kč
Nové rozvody ke strojům – elektřina, vzduch, emulze	5 000 000 Kč
Jeřáby	8 000 000 Kč
Celkové odhadované náklady	70 000 000 Kč

5 ZÁVĚRY [3], [4], [6], [9], [10], [11]

Analýzou současného stavu bylo zjištěno, že rozmístění strojů není vhodné pro zajištění ideálního a plynulého materiálového toku. Zásadní nedostatky jsou v rozmístění skupin strojů, které na sebe nenavazují podle předpokládaných technologických postupů. Tento stav je zapříčiněn postupným rozšiřováním haly, při kterém nebylo správně určeno rozmístění pracovišť, sklady byly umístěny kvůli nedostatku místa přímo mezi stroje, čímž byla ještě více zvětšena vzdálenost pro následnou přepravu výrobků.

Kapacitními propočty byly stanoveny základní počty strojů a pracovníků potřebných pro zajištění všech operací. Tyto výpočty se až na výjimky shodují s reálnými počty. Strojový park je pro aktuální výrobní kapacitu plně dostačující, což je dáno tzv. skupinovým využitím celého strojového parku.

Stávající výrobní hala jak podle informací získaných od firmy, tak i podle výpočtů není dostačující a nedovoluje budoucí možné rozšíření výroby při stávajícím rozmístění strojového parku a ostatních navazujících činnostech, proto je nutné navrhnout vhodné řešení optimalizace výroby a organizaci všech souvisejících činností. Možné jsou dvě varianty optimalizace. Buď optimalizace stávající výroby, nebo přesunutí částí výroby do nedaleké výrobní haly.

Optimalizací aktuální výroby by sice byl upraven tok materiálu, ale nebyl by vyřešen problém s nedostatkem místa, což je z dlouhodobého hlediska zásadní problém. Jako vhodnější se proto jeví možnost přesunutí části výroby do sousední haly.

Tato varianta má nesporné výhody. Větší prostor pro realizaci nových možných projektů, nákup nových strojů a zvětšení plochy skladů, což ve finále může přinést prostou formu zvýšení výrobních kapacit firmy. Dalším nesporně přínosným efektem by také bylo možné nastavení optimálního materiálového toku, a to díky správnému dispozičnímu řešení. Tím by byla zajištěna plynulost a efektivita výroby a tím snížení neefektivních ztrát manipulačních časů.

Náklady na přesunutí výroby jsou vysoké, předběžně se počítá s investicí přibližně 70 000 000 Kč, která zahrnuje úpravy haly, stavbu nových základů pod stroje a náklady spojené se samotným stěhováním. S transportem strojů je potom také spojeno riziko snížení kapacity výroby po dobu stěhování, a tím také jisté ohrožení ztráty zakázek po dobu realizace potřebných prací a úprav a náběhu nového optimalizovaného procesu výroby.

Firma by měla zvážit všechny aspekty dané analýzou stavu a v případě zájmu o efektivní rozvoj by měly být vypracovány krátkodobé, střednědobé a v návaznosti na ně též dlouhodobé plány rozvoje a možné formy optimalizace výrobních kapacit jak z hlediska finanční náročnosti celé operace, tak z hlediska rychlosti celého procesu optimalizace, která může velmi pozitivně snížit možná rizika výrobních i odbytových ztrát firmy.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [26]

1. TIRAD. *Tirad | Milacron* [online]. Želetava: Milacron, 2019 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.milacron.com/cs/nase-znacky/tirad/>
2. Výrobky Tiradu. In: *Výrobky Tiradu | Milacron* [online]. Želetava: Milacron, 2019 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.milacron.com/cs/produkty-2/technologie-forem-2/tirad-desky-a-specialni-obrabeni/vyrobky-tiradu/>
3. HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: technologické projekty I. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. : il. ISBN 80-214-2871-6.
4. HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem. Systémy a prostředky manipulace s materiálem. Brno: VUT Brno, 1983, 152 s. ISBN 978-80-214-3607-7.
5. 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.
6. VESPALEC, Lubomír. Transfer production from Hall 1 to Hall 3 (Hall G): SWOT Analysis. Želetava, 2019.
7. VESPALEC, Lubomír. Tirad_přehled výroby.xls. Želetava, 2019.
8. ToolSTEEL. [Http://toolsteel.cz/](http://toolsteel.cz/) [online]. Kladno: <http://toolsteel.cz/>, 2016 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <http://toolsteel.cz/1-2085-x33crs16/>
9. Technologický projekt dílny. In: Technologický projekt dílny [online]. VUT v Brně: UST - odbor obrábění, 2019, s. 20 [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/tech_projekt/technologicke_projektovani_navody.pdf
10. ZELENKA, Antonín., KRÁL, Mirko. Projektování výrobních systémů. 1.vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. 365 s. ISBN 80-01-01302-2
11. ZELENKA, Antonín. Projektování výrobních procesů a systémů. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03912-0.
12. Jednonosníkové mostové jeřáby. Jednonosníkové mostové jeřáby [online]. online: GIGA, spol. s r.o., 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.gigasro.cz/mostove-jezaby-jednonosnikove.html>
13. VESPALEC, Lubomír. Výběr vazacích prostředků.xlsx. Želetava, 2019.
14. BT Lifter. [Https://toyota-forklifts.cz/](https://toyota-forklifts.cz/) [online]. TOYOTA Material handling: Toyota Material Handling CZ, 2017 [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: <https://toyota-forklifts.cz/nase-nabidka/produktova-rada/rucni-paletove-voziky/bt-lifter-h-serie/>
15. ELEKTRICKÝ VYSOKOZDVIŽNÝ VOZÍK: ES16-16WA [online]. EP Equipment, 2016 [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: <https://www.ep-forklifts.shop/produkt/elektricky-vysokozdvizny-vozik-es16-16wa/>
16. Plastová paleta. TBA Plastové obaly [online]. online: TBA Plastové obaly, 2019 [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://www.tbaplast.cz/paleta-plastova-tezka>
17. Paletový regál. Euro-regaly.cz [online]. online: Euro-regaly.cz, 2009 [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://www.euro-regaly.cz/produkty/regaly-skladove/paletove-regaly>

18. LÍBAL, Vladimír. Organizace a řízení výroby: vysokoškolská učebnice. 2., nezměn. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:96f3cc20-db98-11e5-a3e0-005056827e51>
19. SAMEK, Jaroslav. Modely optimálního rozmístění výroby. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:101c8910-4871-11e8-afec-005056827e51>
20. TBFZ-G 2000. TBFZ-G – Gantry Series [online]. De: bsv-buck.de, [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.bsv-buck.de/en/machines/tbfz-g-gantry-series/>
21. HCN-10800. MAZAKUSA [online]. online: Mazak Corporation, 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.mazakusa.com/machines/hcn-10800/>
22. Vertikální obráběcí centrum MCFV 1680. TAJMAC-ZPS, a.s. [online]. online: TAJMAC-ZPS, 2018 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.tajmac-zps.cz/mcfv-1680>
23. Linea PLATINUM universal head. ROSA ERMANDO [online]. ONLINE: Rosa Ermando SpA, 2018 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: http://www.rosa.it/images/sampled/ata/pdf/platinum_u_schedatecnica_en.pdf
24. Portálové obráběcí centrum MCV 1220. TAJMAC-ZPS, a.s. [online]. online: TAJMAC-ZPS, 2018 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.tajmac-zps.cz/mcv-1220>
25. HURON KX100. KX LARGE SERIES KX100 [online]. online: HURON GRAFFENSTADEN, [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://huron.fr/our-products/kx-100/>
26. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2013 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ a ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
a	Délka stroje	[mm]
b	Šířka stroje	[mm]
D _{eP}	Evidenční počet obslužného personálu	[ks]
D _{epop}	Evidenční počet pomocného personálu	[ks]
D _{eVC}	Celkový počet evidenčních pracovníků	[ks]
D _{eVR}	Evidenční počet pracovníků ručních pracovišť	[ks]
D _{eVS2}	Evidenční počet pracovníků při dvousměnném provozu	[ks]
D _{eVS3}	Evidenční počet pracovníků při třisměnném provozu	[ks]
D _k	Počet pracovníků kontroly	[ks]
D _p	Počet pomocného a obslužného personálu	[ks]
D _{pop}	Pomoc pomocného personálu	[ks]
D _V	Celkový počet výrobních dělníků	[ks]
D _{VR}	Celkový počet pracovníků ručních pracovišť	[ks]
D _{VS2}	Celkový počet pracovníků při dvousměnném provozu	[ks]
D _{VS3}	Celkový počet pracovníků při třisměnném provozu	[ks]
D _{VSii}	Potřebný počet pracovníků jedné směny pro operaci	[ks]
Ed2	Efektivní časový fond dělníka pro dvousměnný provoz	[hod]
Ed3	Efektivní časový fond dělníka pro třisměnný provoz	[hod]
Er	Roční časový fond pro operace ve 3. směnném provozu	[hod]
Es	Roční časový fond pro operace ve 2. směnném provozu	[hod]
F _L	Celková plocha linky	[m ²]
F _p	Pomocná plocha	[m ²]
F _{pdC}	Pomocná podlahová plocha	[m ²]
F _{phn}	Plocha pro hospodaření s nářadím	[m ²]
F _{phno}	Plocha ostřírny	[m ²]
F _{phnv}	Plocha výdejny nářadí	[m ²]
F _{pk}	Plocha kontroly kvality	[m ²]
F _{pmon}	Plocha pro montáž	[m ²]
F _{Pp}	Pomocný výpočet velikosti pomocné plochy	[m ²]
F _{pr}	Provozní podlahová plocha	[m ²]
F _{pskl}	Plocha skladů	[m ²]
F _{psv}	Plocha svařovny	[m ²]
F _{pú}	Plocha údržby	[m ²]
F _r	Plocha ručních pracovišť	[m ²]
f _{scv}	Plocha cvičného stroje	[m ²]
F _{sex}	Plocha skladu expedice	[m ²]
F _{shv}	Plocha skladu hotových výrobků	[m ²]
f _{si}	Plocha jednoho stroje pracoviště	[m ²]
F _{si}	Výrobní plocha pracoviště	[m ²]
F _{smo}	Plocha mezioperačního skladu	[m ²]
F _{soc}	Sociální plocha	[m ²]
F _{spr}	Správní podlahová plocha	[m ²]
F _{svs}	Plocha skladu pro vstupní inspekci	[m ²]

$F_{\text{šat}}$	Plocha šaten	[m ²]
$F_{\text{útv}}$	Celková plocha útvaru	[m ²]
F_V	Celková výrobní plocha	[m ²]
F_{wc}	Plocha pro WC	[m ²]
ITA	Počet ITA pracovníků	[ks]
ITA_A	Počet administrativních pracovníků	[ks]
ITA_K	Potřebný počet konstruktérů	[ks]
ITA_O	Počet pracovníků na pozici operačního řízení	[ks]
k_{pnr}	Koeficient překračování norem ručních pracovišť	[-]
k_{pns}	Koeficient překračování norem strojních pracovišť	[-]
m	Šířka manipulačního prostoru kolem stroje	[mm]
N	Počet kusů	[Ks]
n_{ksm}	Počet vyrobených kusů na směnu	[ks]
n_{pal}	Kapacita palety	[ks]
n_{PC}	Celkový počet palet	[ks]
n_{poss}	Počet palet na operaci a směnu ve skladech	[ks]
n_{posv}	Počet palet na operaci a směnu ve výrobě	[ks]
n_{pro}	Počet mezioperačních přeprav	[ks]
n_{PV}	Potřebný počet palet ve výrobě	[ks]
n_{SMS}	Potřebný počet palet ve skladech	[ks]
P_{bri}	Počet strojů pro broušení	[ks]
P_C	Celkový počet pracovníků útvaru	[ks]
P_{cv}	Počet cvičných strojů	[ks]
P_{doi}	Počet strojů pro dokončování	[ks]
P_{hri}	Počet strojů pro hrubování	[ks]
P_{hvi}	Počet strojů pro hluboké vrtání	[ks]
P_{ri}	Teoretický počet ručních pracovišť	[ks]
P_{rski}	Skutečný počet ručních pracovišť	[ks]
P_{ski}	Skutečný počet strojů pro operaci	[ks]
P_{sko}	Počet strojů ostřírny (přípravna nástrojů)	[ks]
$P_{\text{skú}}$	Počet strojů údržby	[ks]
P_{thi}	Teoretický počet strojů pro operaci	[ks]
Q_h	Hrubá hmotnost součástky	[kg]
S_{ov}	Délka přepravy v optimalizované výrobě	[m]
S_r	Směnnost ruční (třísměnný provoz)	[-]
S_s	Směnnost strojní (dvousměnný provoz)	[-]
S_{sv}	Délka přepravy ve stávající výrobě	[m]
t_{ki}	Výrobní čas operace	[min]
t_{msk}	Průměrná doba skladování v meziskladu	[den]
t_{pov}	Čas přepravy v optimalizované výrobě	[min]
t_{psv}	Čas přepravy ve stávající výrobě	[min]
t_{sk}	Průměrná doba skladování	[den]
$t_{\text{úsl}}$	Úspora času při přepravě pro 1 kus	[min]
$t_{\text{úsn}}$	Úspora času při přepravě pro N kusů za rok	[min]
v_p	Rychlost pojezdu jeřábu	[m/min]

η_{bru}	Skupinové využití stroje pro operaci broušení	[%]
η_{fre}	Skupinové využití strojů pro operace frézování	[%]
η_{Fp}	Procento pomocné podlahové plochy z provozní podlahové plochy	[%]
η_{Fv}	Procento výrobní podlahové plochy z provozní podlahové plochy	[%]
η_i	Využití stroje pro operaci	[%]
η_{mat}	Využití materiálu	[%]
$\eta_{ruč}$	Skupinové využití ručních pracovišť	[%]
η_{str}	Předpokládané využití strojového parku	[%]
η_{vrt}	Skupinové využití strojů pro operaci hluboké vrtání	[%]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Výrobky firmy TIRAD s r.o. [2]	9
Obr. 2 Stávací výrobní hala [6].....	10
Obr. 3 Technologické uspořádání [5]	11
Obr. 4 Mostový jeřáb GIGA [12]	12
Obr. 5 Závěsná oka [13]	12
Obr. 6 Diagram volby vazacích prostředků [13]	13
Obr. 7 BT Lifter [14]	14
Obr. 8 VZV ES16-16WA [15].....	14
Obr. 9 Skupinové využití pracovišť	22
Obr. 10 Plocha stroje	26
Obr. 11 Paletový regál	35
Obr. 12 Paleta pro vertikální skladování	35
Obr. 13 Předmětné uspořádání strojů [5].....	36
Obr. 14 Umístění hal [6]	36
Obr. 15 Předmětné uspořádání ve stávající hale	37
Obr. 16 Rozmístění strojů v nové hale	38

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Rozdělení strojů [7]	11
Tab. 2 Výběr reprezentanta výroby [7].....	14
Tab. 3 Chemické složení oceli 19 436 [8]	15
Tab. 4 Technologický postup [7].....	15
Tab. 5 Výrobní časy [7]	17
Tab. 6 Tabulka počtu strojů	20
Tab. 7 Tabulka počtu pracovníků	24
Tab. 8 Tabulka evidenčního počtu pracovníků.....	26
Tab. 9 Tabulka ploch pracovišť	30
Tab. 10 Tabulka vypočtených ploch.....	33
Tab. 11 Informace pro výpočty přepravek [7].....	34
Tab. 12 SWOT analýza [6]	39
Tab. 13 Cena přesunu výroby [6]	41

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Technické parametry mostového jeřábu [12]
Příloha 2	Podrobnosti o strojích [7]
Příloha 3	Zastupitelnost strojů [7]
Příloha 4	Technické parametry stroje VK28 [20]
Příloha 5	Technické parametry stroje VK32 [21]
Příloha 6	Technické parametry stroje VK17 [22]
Příloha 7	Technické parametry stroje VB05 [23]
Příloha 8	Technické parametry stroje VK23 [24]
Příloha 9	Technické parametry stroje VK09 [25]

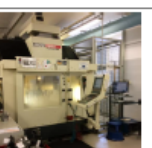
SEZNAM VÝKRESŮ

Výkres 1	BP_01_SOUCASNÝ_STAV
Výkres 2	BP_02_SOUCASNÝ_TOK
Výkres 3	BP_03_OPTIMALIZACE
Výkres 4	BP_04_MATERIALOVY_TOK
Výkres 5	BP_05_OPTIMALIZACE
Výkres 6	BP_06_MATERIALOVY_TOK

Standardní parametry jeřábů

- **Nosnost jeřábu:** do 25 t
- **Rozpětí jeřábu:** do 40 m
- **Výška zdvihu:** do 60 m
- **Rychlost zdvihu:** dvourychlostní (s mikrozdvihem)
- **Rychlost pojezdu kladkostroje (kočky):** dvourychlostní – 5/20 m/min
- **Rychlost pojezdu jeřábu:** s plynulou regulací rychlosti - 0 - 40 m/min
- **Osazeny kladkostroji GIGA:** se zkrácenou stavební výškou
- **Napájení kladkostroje (kočky):** plochým kabelem nebo energetickým řetězem
- **Ovládání:** nezávisle se pohybujícím závěsným tlačítkovým ovladačem nebo dálkovým rádiovým ovládáním
- **Teplota okolí:** -5 až +40 °C (vnitřní prostředí)
- **Napětí sítě:** 400 V, 50 Hz
- **Napájení jeřábu:** trolejové vedení

Zóna	Označení	Výrobce stroje	Technologie	FOTO stroje	Upínací plocha [mm]	Max. zátěž [kg]	Typ obrábění	Popis obrábění	Typ upnutí
HV	VK12	Unior	GD Hlubokovrt		2000 x 2000 x 1000	10000	Horizontální	Boky	Upínky
HV	VK28	BUCK TBF22000	GD Hlubokovrt		1500 x 1800	15000	Horizontální	Boky otočný úhelník	Upínky
HV	VK16	Aurbach IAS TLF	GD Hlubokovrt		1500 x 1000 [stůl]	7000/10000	Horizontální	Boky otočný úhelník	Upínky
HR	VK26	Sachman TS10	MR Hrubování				Horizontální Vertikální	TOP/BOTTOM/Boky otáčecí hlava - lze obrábět 3 strany	Magnet
HR	VK25	Sachman TS10	MR Hrubování				Horizontální Vertikální	TOP/BOTTOM/Boky otáčecí hlava - lze obrábět 3 strany	Magnet
HR	VK17	TAJMAC MCV1680	MR Hrubování		1800 x 780	2500	Vertikální	TOP/BOTTOM	Magnet
HR	VK13	TAJMAC MCV1680	MR Hrubování		1800 x 780	2500	Vertikální	TOP/BOTTOM	Magnet
HR	VK27	Sachman TS14	MR Hrubování				Horizontální	TOP/BOTTOM	Upínky
HR	VK32	MAZAK HCX10800 II	MR Hrubování		1410 x 703		Horizontální	1. Paleta - Boky 2. Paleta - Boky	1) Magnet 2) Magnet
HR	VK33	MAZAK HCX12800	MR Hrubování		2400 x 2000	6000	Horizontální	1. Paleta - Boky 2. Paleta - TOP/BOTTOM	1) Magnet 2) Upínky
HR	VK34	TAJMAC H1000	MR Hrubování		1000 X 1000 [stůl]	2500	Horizontální	1. Paleta - Boky 2. Paleta - TOP/BOTTOM	1) Magnet 2) Upínky

VD	VK21	TAJMAC MCV1220	MF Dokončování		1000 x 1800 x 700	3000 + 3000	Vertikální	TOP/BOTTOM/Boky	Upínky
VD	VK24	HURON KX200	MF3A Dokončování		3500 x 1250	9000	Horizontální Vertikální	TOP/BOTTOM/Boky 5-ti osé obrábění	Upínky
VD	VK30	TAJMAC MCV2318	MF Dokončování				Vertikální	TOP/BOTTOM/Boky	Upínky
VD	VK29	TAJMAC MCV2318	MF Dokončování				Vertikální	TOP/BOTTOM/Boky	Upínky
VD	VK09	HURON KX100	MF3A Dokončování		2500 x 1250	6000	Horizontální Vertikální	TOP/BOTTOM/Boky 5-ti osé obrábění	Upínky
MD	VK19	TAJMAC MCV1220	MF Dokončování		1000 x 1800 x 700	3000 + 3000	Vertikální	TOP/BOTTOM/Boky	Upínky
MD	VK20	TAJMAC MCV1220	MF Dokončování		1000 x 1800 x 700	3000 + 3000	Vertikální	TOP/BOTTOM/Boky	Upínky
MD	VK22	TAJMAC MCV1220	MF Dokončování		1000 x 1800 x 700	3000 + 3000	Vertikální	TOP/BOTTOM/Boky	Upínky
MD	VK23	TAJMAC MCV1220	MF Dokončování		1000 x 1800 x 700	3000 + 3000	Vertikální	TOP/BOTTOM/Boky	Upínky
BR	VB01	Fauretto MD200	GR Broušení		1900 x 850	1500	Broušení naplocho		
BR	VB04	ZIERSCH ZT 1534	GR Broušení		2400 x 1500	6000	Broušení naplocho		
BR	VB05	ROSA Lines platinum	GR Broušení		3200 x 1000	3000	Broušení naplocho		

Označení	Popis upínání	FOTO - příklad upínání	Poznámka
VK12	Obrábění velkých obrobků Obrobek ve většině případů položen na menší celou desku a vypoříděna kostkami s rastrem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky".		
VK28	Obrobek vypoříděna kostkami s rastrem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky".		
VK16	Obrobek vypoříděna kostkami s rastrem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky".		
VK26	Na ůhelniku jsou upevněny 2 magnetické desky s čtvercovým půlováním a s čtvercovými nástavci. Deska se položí na nástavce a upne.		Výhody: Velice rychlé upnutí, celková výměna výroby je v několika minutách Nevýhody: Nelze obrábět skrz (pokud se zahrábne do nástavců tak to nevedí, ale nesmí být poškozeny z 20% na upínací ploše) Nevýhody: Při obrobkách s malou tloušťkou dochází k lepení třísek na obrobek a uvnitř kaps a malých děr dochází k poškození nástroje.
VK25	Na ůhelniku je upevněno několik magnetických desek s kruhovým půlováním a s kulatými nástavci. Obrobek se položí na nástavce a upne.		Výhody: Velice rychlé upnutí, celková výměna výroby je v několika minutách Nevýhody: Nelze obrábět skrz (pokud se zahrábne do nástavců tak to nevedí, ale nesmí být poškozeny z 20% na upínací ploše) Nevýhody: Díky kulatým nástavcům není vhodné pro vertikálně obrábění malých obrobků (nedostatečná tuhost upnutí) Nevýhody: Při obrobkách s malou tloušťkou dochází k lepení třísek na obrobek a uvnitř kaps a malých děr dochází k poškození nástroje.
VK17	Na ůhelniku je upevněno několik magnetických desek s čtvercovým půlováním a s čtvercovými nástavci. Obrobek se položí na nástavce a upne. Pro malé obrobky se využívají zapírací desky.		Výhody: Velice rychlé upnutí, celková výměna výroby je v několika minutách Nevýhody: Nelze obrábět skrz (pokud se zahrábne do nástavců tak to nevedí, ale nesmí být poškozeny z 20% na upínací ploše) Nevýhody: Při obrobkách s malou tloušťkou dochází k lepení třísek na obrobek a uvnitř kaps a malých děr dochází k poškození nástroje.
VK13	Na ůhelniku je upevněno několik magnetických desek s čtvercovým půlováním a s čtvercovými nástavci. Obrobek se položí na nástavce a upne. Pro malé obrobky se využívají zapírací desky		Výhody: Velice rychlé upnutí, celková výměna výroby je v několika minutách Nevýhody: Nelze obrábět skrz (pokud se zahrábne do nástavců tak to nevedí, ale nesmí být poškozeny z 20% na upínací ploše) Nevýhody: Při obrobkách s malou tloušťkou dochází k lepení třísek na obrobek a uvnitř kaps a malých děr dochází k poškození nástroje.
VK27	Upínání obrobku přes 2 ůhelníky Obrobek vypoříděn kostkami s rastrem závitových děr, vypoříděno a upnuto nejčastěji přes "nosové upínky" k druhému ůhelniku.		Nevýhoda: Dlouhá doba ustavování a upínání obrobku.
VK32	1.paleta - Magnet (čtvercové póly; cca 600 x 500); uložení na nohách. 2.paleta - Magnet (čtvercové póly; cca 600 x 500); upevněno přímo na ůhelník. Obrobek se ukládá a upevňuje přímo na magnet.		Výhody: Velice rychlé upnutí, celková výměna výroby je v několika minutách Nevýhody: Magnety jsou malé a při obrábění velkých obrobků dochází k uvolnění obrobku z magnetu.
VK33	1.paleta - Magnet (čtvercové póly s čtvercovými nástavci) Obrobek se ukládá a upevňuje přímo na magnet a nástavci. 2.paleta - Obrobek vypoříděna kostkami s rastrem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky".		Výhody: U magnetu - Velice rychlé upnutí, celková výměna výroby je v několika minutách Nevýhoda: U upínek - Dlouhá doba ustavování a upínání obrobku.
VK34	1.paleta - Magnet (čtvercové póly s čtvercovými nástavci) Obrobek se ukládá a upevňuje přímo na magnet a nástavci. 2.paleta - Obrobek vypoříděna kostkami s rastrem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky".		Automatický výměník palet. 2x paleta 1000 x 1000 mm.
VK21	Obrobek vypoříděn kostkami s rastrem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky". Vypoříděno štelovacími podložkami - Herkules (vyrovnaní vertikálního prohnutí) V případě obrábění dlouhých obrobků se používá štelovací upínka (vyrovnaní horizontálního prohnutí)		

VK24	Obrobek vypodložen kostkami s řezem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky". Vypodloženo štelovacími podložkami - Herkules (vyrovnání vertikálního prohnutí) V případě obrábění dlouhých obrobků se používá štelovací upínka (vyrovnání horizontálního prohnutí)		
VK30	Obrobek vypodložen kostkami s řezem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky". Vypodloženo štelovacími podložkami - Herkules (vyrovnání vertikálního prohnutí) V případě obrábění dlouhých obrobků se používá štelovací upínka (vyrovnání horizontálního prohnutí)		Nevýhoda: Dlouhá doba rovnání a upínání obrobku. Nevýhoda: Na základě rovnání obrobku může operátor použít i více upínek se kterými PRG ani nepočítá.
VK29			
VK09	Obrobek vypodložen kostkami s řezem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky".		
VK19	Obrobek vypodložen kostkami s řezem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky". Vypodloženo štelovacími podložkami - Herkules (vyrovnání vertikálního prohnutí) V případě obrábění dlouhých obrobků se používá štelovací upínka (vyrovnání horizontálního prohnutí)		Nevýhoda: Dlouhá doba rovnání a upínání obrobku. Nevýhoda: Na základě rovnání obrobku může operátor použít i více upínek se kterými PRG ani nepočítá.
VK20	Obrobek vypodložen kostkami s řezem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky". Vypodloženo štelovacími podložkami - Herkules (vyrovnání vertikálního prohnutí) V případě obrábění dlouhých obrobků se používá štelovací upínka (vyrovnání horizontálního prohnutí)		Nevýhoda: Dlouhá doba rovnání a upínání obrobku. Nevýhoda: Na základě rovnání obrobku může operátor použít i více upínek se kterými PRG ani nepočítá.
VK22	Obrobek vypodložen kostkami s řezem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky". Vypodloženo štelovacími podložkami - Herkules (vyrovnání vertikálního prohnutí) V případě obrábění dlouhých obrobků se používá štelovací upínka (vyrovnání horizontálního prohnutí)		Nevýhoda: Dlouhá doba rovnání a upínání obrobku. Nevýhoda: Na základě rovnání obrobku může operátor použít i více upínek se kterými PRG ani nepočítá.
VK23	Obrobek vypodložen kostkami s řezem závitových děr, upnuto nejčastěji přes "nosové upínky". Vypodloženo štelovacími podložkami - Herkules (vyrovnání vertikálního prohnutí) V případě obrábění dlouhých obrobků se používá štelovací upínka (vyrovnání horizontálního prohnutí)		Nevýhoda: Dlouhá doba rovnání a upínání obrobku. Nevýhoda: Na základě rovnání obrobku může operátor použít i více upínek se kterými PRG ani nepočítá.
VB01			
VB04			
VB05			

TECHNICAL SPECIFICATIONS TBFZ-G GANTRY

Machine type	TBFZ-G 1200	TBFZ-G 2000	TBFZ-G 3000
Drilling diameter	3-32 mm in ELB/BTA	3-60 mm in ELB/BTA	3-60 mm in ELB/BTA
Drilling depth in one stroke (mm)	1.000 with repositioning 1.500	1.500 with repositioning 1.900	2.000 with repositioning 2.500
Tapping	bis M24 – larger by milling	bis M36 – larger by milling	M36 - larger by milling
Tool Changer	25/40/60-times	20/40/60/80-times	20/40/60/80/100-times
Spindle taper	SK 40/50 altv. HSK 63/100	SK 40/50 altv. HSK 63/100	SK 40/50 altv. HSK 63/100
Drive power	10 kW / ED 100	24 kW / ED 100	24 kW / ED 100
Travel distance X (longitudinal)	1.200 mm	2.000 mm	3.000 mm
Travel Y (vertical)	900 mm	1.200 mm	1.500 mm
Table Load	bis 10.000 kg	up to 15.000 kg	up to 30.000 kg
Table Size	1.100 x 1.200 mm	up to 1.500 x 1.800 m	up to 2.300 x 2.700 m
CNC roundtable	CNC Axis 0-360°	CNC Axis 0-360°	CNC Axis 0-360°



SPECIFICATION		VALUES	
Capacity	Pallet Size	39.370 in / 1000 mm	39.370 in / 1000 mm
	Maximum Workpiece Height	62.990 in / 1600 mm	62.990 in / 1600 mm
Spindle	Spindle Taper	No. 50	HSK A-100
	Maximum Speed	10000 rpm	6000 rpm
	Motor Output (30 minute rating)	60.0 hp / 37 kw	60.0 hp / 37 kw
Magazine	Number of Tools	80	80
Feed Axes	Travel (X Axis)	66.93 in / 1700 mm	66.93 in / 1700 mm
	Travel (Y Axis)	66.12 in / 1400 mm	66.12 in / 1400 mm
	Travel (Z Axis)	60.04 in / 1626 mm	60.04 in / 1626 mm

ROSA ERMANDO®			CNC					
	LINEA PLATINUM – U		15.12	20.12	30.12	40.12	50.12	60.12
General	Longitudinal grinding length	mm	1550	2050	3050	4050	5050	5650
	Cross grinding width	mm	1380 *					
	Vertical grinding height with new wheel	mm	750 (wheel Ø500) 700 (wheel Ø600)					
X Axis	Longitudinal travel	mm	2300	2800	3800	4800	5800	6400
	Longitudinal speed	m/min	1 – 40					
	Table surface	mm	1700x 1000	2200x 1000	3200x 1000	4200x 1000	5200x 1000	5700x 1000
	Admissible weight on the table	Kg	2000	2200 5000**	3000 5000**	3500 5000**	4000 6000**	5000 6000**
Y Axis	Cross travel	mm	1700					
	Transversal width between columns	mm	1530					
	Cross speed	m/min	0 – 5					
Z Axis	Vertical distance between table and crossrail	mm	975					
	Vertical speed	m/min	0 – 5					
Spindle / V Axis	Rotation Hirth universal axis	°	± 95					
	Minimum feed (Hirth)	°	1					
	Positioning accuracy	sec	±2					
	Power of wheel motor	kW	18,5					
	Wheel speed	rpm	960					
	Dimensions of grinding wheel	mm	Ø500 x 50 - 100 x Ø203,2 Ø600 x 50 - 100 x Ø304,8**					
Dimension	Length	mm	7100	8100	11000	13000	15000	16000
	Width	mm	4700 + rack					
	Height	mm	4500					
	Weight without optional	kg	25000	28000	33000	36000	39000	42000
	Noise level (Leq)	dB	<76					
	Installed power without optional	kW	39		41			

* Come da schema tecnico -

** A richiesta – On request – Sur demande – Auf Anfrage

Immagini, dati e caratteristiche non sono impegnativi e possono essere modificati senza preavviso. Design and specifications are subject to change without notice. Les données et caractéristiques peuvent être modifiées sans avis. Daten und Merkmale sind unverbindlich und können ohne Vorankündigung geändert werden.

		KX 100
Linear axes		
X axis	mm	2.300
Y axis	mm	2.300
Z axis	mm	1.000
Rapid feedrate	m/min	X / Y / Z : 40
Rotating axes on head		
Type of head		Forked head
Rotating axes		B - Swivelling axis : +/- 105° C - Rotating axis : +/- 190°
Rotating speed	rpm	B, C : 30
Torque : motor / clamping	Nm	7.000
Table		
Structure		Fixed table
Table size	mm	2.500 x 1.250
Admission load on table	kg	6.000
Spindle		
Rotating speed	rpm	18.000
Tool taper		HSK 63-A
Power (S1 / S6)	kW	20 / 30
Torque (S1 / S6)	Nm	160 / 240
Characteristic speed	rpm	1.200
Automatic tool changer		
No. of housings		40
Max. tool diameter	mm	100 / 190
Max. tool weight	kg	8
Max. tool length	mm	300
Accuracy (as per VDI / DGQ 3441)		
Uncertainty (P)		X / Y / Z : 0,007 mm B, C : 10 sec
Repeatability (Ps medium)		X / Y / Z : 0,004 mm B, C : 5 sec
Reversal (U medium)		
Other data		
Weight	kg	35.000
Length (doors closed + conveyor)	mm	7.280
Width	mm	7.890
Height	mm	5.390