



# Úprava pracovní haly pro zavedení výroby obrábění a montáže

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301R000 – Strojní inženýrství  
*Autor práce:* **Jakub Janeček**  
*Vedoucí práce:* Ing. Miroslav Vavroušek





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Mechanical Engineering ■

## Bachelor thesis

*Study programme:* B2301 – Mechanical Engineering  
*Study branch:* 2301R000 – Mechanical Engineering

*Author:* **Jakub Janeček**  
*Supervisor:* Ing. Miroslav Vavroušek



## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub Janeček**  
Osobní číslo: **S16000445**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojní inženýrství**  
Název tématu: **Úprava pracovní haly pro zavedení výroby obrábění  
a montáže**  
Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

### **Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :**

Optimalizace hodnotového toku vybraného projektu

1. Úvod do problematiky zlepšování procesů
2. Rozdělení haly na části pro jednotlivou výrobu, vytvoření pracovních míst
3. Zavedení přechodného skladu
4. Návrh místa pro obsluhu CNC obráběcího centra
5. Rozpočet na úpravu prostor pro danou výrobu

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

- [1] Liker, J. Tak to dělá Toyota. Praha: Management press, 2007, 390 s. ISBN 978-80-7261-173-7
- [2] Sixta, J. Mačát, V. Logistika. Brno: CP Books a.s., 2005. 315 s. ISBN 80-251-0573-3.
- [3] IPA slovník. IPA slovakia [online]. Žilina, Slovenská Republika: IPA Slovakia, s.r.o. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Vavroušek  
Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání bakalářské práce: 1. listopadu 2016  
Termín odevzdání bakalářské práce: 1. února 2018

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



Ing. Petr Zelený, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2016



## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 29.05.2018

Podpis:



## Anotace

Cílem bakalářské práce je zavedení obráběcího CNC stroje ve firmě REVOK s.r.o. - realizace vzduchotechniky a ocelových konstrukcí. Práce se skládá z teoretické a praktické části, ve které je zpracována problematika volby výrobních prostor, jejich úprava a volba vhodného zařízení. V bakalářské práci jsou uvedeny postupy, které autor považuje za vhodné v návaznosti na požadavky budoucího uživatele. Praktická část se dále zabývá stávající konstrukcí výrobních prostor, jejich přípravou, úpravou a finálním zprovozněním po provedené změně. Postupně autor analyzuje současný stav, sbírá, shromažďuje a vyhodnocuje podstatné podklady, věnuje patřičnou pozornost měření a analýze zjištěných dat. Cílem bakalářské práce je provedení volby nejvhodnějšího řešení a jeho následná aplikace ve firmě REVOK s.r.o. - realizace vzduchotechniky a ocelových konstrukcí.

**Klíčová slova:** analýza procesu, obrábění, štíhlá výroba, plýtvání, CNC, výrobní prostory

## Anotation

The aim of the bachelor thesis is introduction of CNC machining machine in company REVOK s.r.o. - implementation of air-conditioning and steel structures. The thesis consists of a theoretical and practical part, which deals with the issue of choice of production areas, their modification and choice of suitable equipment. The bachelor thesis describes the procedures that the author considers appropriate in relation to the requirements of the future user. The practical part also deals with the existing construction of the production areas, their preparation, modification and final commissioning after the change. Gradually, the author analyzes the current state, collects, collects and evaluates essential documents, devotes the appropriate attention to the measurement and analysis of the data. The aim of the bachelor thesis is to make the most suitable solution and its subsequent application in the company REVOK s.r.o. - implementation of air-conditioning and steel structures.

**Keywords:** process analysis, machining, lean manufacturing, waste, CNC, production facilities

|                      |    |
|----------------------|----|
| Počet stran:         | 42 |
| Počet příloh:        | 0  |
| Počet obrázků:       | 16 |
| Počet tabulek:       | 2  |
| Počet jiných příloh: | 0  |

## Poděkování

V prvních řadě bych chtěl poděkovat své rodině, která mě v průběhu celého mého studia plně podporovala. Poděkování patří kolegům, ze společnosti Revok s.r.o., kteří mě seznámili s výrobním procesem a poskytovali mi důležité informace. Velké díky patří především mému vedoucímu Stanislavu Musilovi za čas, který mi věnoval a umožnil mi napsat bakalářskou práci. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Miroslavu Vavrouškovi za odborné vedení a poskytnutí cenných rad pro vypracování této práce.

# Obsah

|       |                                                      |    |
|-------|------------------------------------------------------|----|
| 1     | Problematika zavádění nové technologie.....          | 12 |
| 1.1   | Metody obrábění .....                                | 12 |
| 1.1.1 | Vyvrtávání.....                                      | 12 |
| 1.1.2 | Konstrukční pojetí výroby .....                      | 13 |
| 1.1.3 | Strojní programování.....                            | 14 |
| 1.2   | Průmyslové inženýrství.....                          | 14 |
| 1.2.1 | Druhy plýtvání .....                                 | 15 |
| 1.2.2 | Štíhlá výroba a její zásady.....                     | 16 |
| 1.2.3 | Metoda 5S.....                                       | 17 |
| 1.2.4 | Teorie úzkých míst.....                              | 19 |
| 1.3   | Návrh pracovních prostor .....                       | 20 |
| 2     | Zavedení CNC obrábění.....                           | 22 |
| 2.1   | Představení firmy Revok s.r.o. ....                  | 22 |
| 2.2   | Popis výrobních procesů.....                         | 24 |
| 2.3   | Definování jednotlivých cílů při výběru stroje ..... | 25 |
| 2.3.1 | WFT 10 CNC .....                                     | 25 |
| 2.3.2 | WH 10 CNC .....                                      | 27 |
| 2.4   | Ovládací programy .....                              | 28 |
| 2.5   | Volba vhodného prostoru.....                         | 29 |
| 2.5.1 | Prostor A.....                                       | 30 |
| 2.5.2 | Prostor B.....                                       | 30 |
| 3     | Umístění stroje ve vybraném pracovním prostoru ..... | 32 |
| 3.1   | Požadavky stroje na prostor.....                     | 32 |
| 3.2   | Vytvoření přechodného skladu .....                   | 33 |
| 3.3   | Změna logistických cest.....                         | 34 |
| 4     | Ekonomické důsledky.....                             | 36 |
| 4.1   | Zvýšení konkurenceschopnosti.....                    | 36 |
| 4.2   | Zvýšení přidané hodnoty .....                        | 36 |
| 4.3   | Odhad návratnosti a předpokládaná investice.....     | 37 |
| 4.4   | Zvětšení portfolia firmy.....                        | 38 |

## Seznam použitých zkratk a symbolů

|     |                                                                |
|-----|----------------------------------------------------------------|
| CNC | Computer Numeric Control, stroj s číslicovým řízením počítačem |
| CAD | Computer Aided Design, počítačová podpora konstrukce           |
| CAM | Computer Aided Manufacturing, počítačová podpora výroby        |
| TPS | Toyota Production Systém                                       |
| JIT | Just in Time, právě v čas                                      |
| TQM | Total Quality Management, komplexní řízení kvality             |
| NC  | Numerical Control, číslicové řízení                            |
| CIN | Computer Integrated Manufacturing, automatizovaná výroba       |
| TOC | Theory of Constrains, teorie úzkých míst,                      |

## Seznam obrázků

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 1 Práce na vyvrtávačkách [4] .....                      | 13 |
| Obrázek 2 Příklad červené karty [9].....                        | 18 |
| Obrázek 3 Příklad vizuálního managementu náradí [10] .....      | 18 |
| Obrázek 4 Reprezentace úzkého místa [11] .....                  | 20 |
| Obrázek 5 Vhodná volba pracovní polohy [14] .....               | 21 |
| Obrázek 6 Revok s.r.o. ....                                     | 23 |
| Obrázek 7 Loga zákazníků formy Revok s.r.o. ....                | 23 |
| Obrázek 8 WFT 10 CNC.....                                       | 26 |
| Obrázek 9 WH 10 CNC.....                                        | 28 |
| Obrázek 10 Schéma areálu firmy Revok s.r.o.....                 | 29 |
| Obrázek 11 Schéma prostorů A.....                               | 30 |
| Obrázek 12 Schéma prostoru B.....                               | 31 |
| Obrázek 13 venkovní rozměry stroje s bezpečnostními prvky ..... | 33 |
| Obrázek 14 Rozdělení meziskladu .....                           | 34 |
| Obrázek 15 původní logistické cesty.....                        | 35 |
| Obrázek 16 budoucí logistické cesty .....                       | 35 |

# Úvod

Vysoké požadavky zákazníků a neustálý konkurenční boj nutí firmy hledat a zavádět nové způsoby, jak mezi širokou konkurencí zaujmout co největší podíl na trhu nebo si udržet stávající pozici. Cílem je co nejrychleji, nejlevněji a nejkvalitněji dodávat produkty zákazníkovi. Je několik směrů, kterými se podniky mohou ubírat a většinou dochází ke skloubení několika možností najednou. Originálnost výrobku či služeb a zacílení na zákazníka jsou možnosti, kterými se v této práci nebudu podrobně zabývat. Ceny surovin, lidské práce, výrobních strojů a energií jsou ve své podstatě téměř shodné nebo obdobné pro stejnou kategorii firem a hledání nejlepších a nejlevnějších dodavatelů těchto zdrojů neskýtá z pohledu malé firmy příliš veliký potenciál. Naopak za velice žádaný artikl považuji zefektivňování firemních procesů anebo zavedením nové technologie, která již stávající technologický proces doplní a zároveň také zefektivní.

Uvnitř podniků probíhají neustále procesy, a to zejména logistické, vývojářské, výrobní, administrativní atd. Všechny procesy skrývají určitý potenciál ke zlepšení. Firmy mohou zlepšovat svou činnost hned z několika hledisek, jako příklad lze uvést: ekonomika, kvalita, zkrácení doby zpracování, ekologie, rozsah a různorodost výrobních možností. Důležité jsou také potřeby a možnosti stávajících či potenciálních zákazníků, dodavatelů, zaměstnanců a samotné firmy jako takové, přičemž tyto potřeby a možnosti jsou často velmi různorodé až protichůdné. Výrobní systém by tedy měl zohledňovat všechny tyto pohledy na řešenou věc, jde o velice náročnou a komplikovanou problematiku, kterou se zabývá obor průmyslové inženýrství.

Vysoké efektivitu procesů se dosahuje v systémech štíhlé výroby (Lean Manufacturing), takové systémy jsou zbaveny veškerého plýtvání a jsou maximálně produktivní. Pružnost je další velmi důležitou vlastností výrobního systému. Umožňuje rychle reagovat na změnu poptávky a tím vyhovět požadavkům i těch nejnáročnějších zákazníků.

Cestou štíhlé výroby se snaží ubírat i firma REVOK s.r.o. - realizace vzduchotechniky a ocelových konstrukcí, pro kterou byla tato bakalářská práce vypracována. Cíl práce byl zadán jednatelem společnosti panem Ing. Ludvíkem Janečkem. Byl stanoven jako výběr a zavedení CNC obráběcího zařízení do výroby. V první části bakalářské práce je zpracován teoretický základ a obecný postup obvykle užívaný při řešení podobných cílů. Další část bude zaměřena na konkrétní řešení zadání. Zmapovány budou vhodné a dostupné stroje a v návaznosti na potenciální možnosti bude následovat volba vhodného umístění a orientace ve výrobních prostorách. Následovně budou jednotlivé možnosti analyzovány, aby došlo k nejvhodnější volbě, která poté bude předána vedení firmy k odsouhlasení.

# 1 Problematika zavádění nové technologie

První část této práce se zabývá obecným úvodem do problematiky zavedení nové výrobní technologie do stávající struktury firmy. Jsou zde uvedeny jednotlivé metody či přístupy, které jsou při zavádění výroby využívány v praxi. Při zavádění nové výroby se jedná především o vhodné umístění a správném začlenění stroje do zaběhlého výrobního procesu, následného zefektivňování výroby s cílem dosažení zvýšení přidané hodnoty jednotlivých výrobků. Neexistuje žádný platný a pro všechny případy osvědčený spolehlivý návod, jak zavádět novou výrobu, jelikož každá firma je originál, funguje odlišně a vytváří si svůj vlastní specifický přístup k řešení vzniklých situací, zejména problémů. Lze však vysledovat základní postupy, které by se měly v ideálním podniku prolínat. [1]

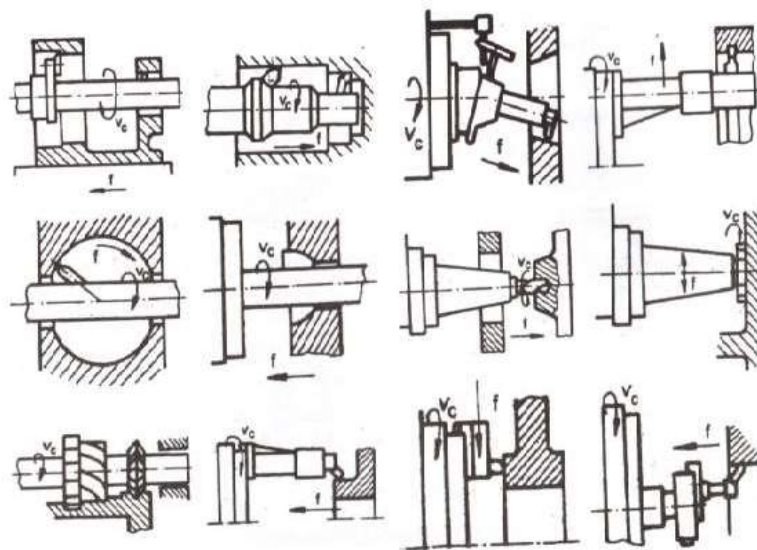
## 1.1 Metody obrábění

Obráběním získáváme z polotovaru odebráním materiálu (přídavku) součást splňující požadavky konstrukce z hlediska tvarů, rozměrů a kvality. Metody, kterými dosahujeme větších úběrů materiálu, většinou s nižší kvalitou obrobené plochy, jako je hrubovací operace, obrábění načisto s běžnými nároky na přesnost a drsnost povrchu se nazývají metody výrobní (základní). Pro dosažení vyšší kvality se používají metody dokončovací. Jiné rozdělení vychází z principu úběru materiálu třískovým (mechanickým) a nekonvenčním (fyzikálně chemickým) způsobem. Do obrábění jsou zahrnovány také speciální metody, metody vytvářející konečný tvar a kvalitu povrchu součástí některými z procesů tváření. [2]

### 1.1.1 Vyvrtávání

Vyvrtávání je metoda určená převážně pro obrábění předem zhotovených děr větších průměrů s požadavkem souososti či přesnější vzájemné polohy prvků (ploch, otvorů) na rozměrnějších obrocích. Na vyvrtávacích strojích, které jsou většinou horizontální (stolové, deskové, souřadnicové), vykonávají hlavní rotační pohyb nástroje. Jsou to zejména nože upnuté do vyvrtávacích tyčí, ramen, hlav a suportů, ale také vrtáky, frézy, výstružníky apod. Základní operace prováděné na vyvrtávacích strojích jsou uvedeny na obrázku 1. [3]





Obrázek 1 Práce na vyvrtávačkách [4]

### 1.1.2 Konstrukční pojetí výroby

Proces obrábění ovlivňuje konstrukce výrobku, a to zejména z pohledu délky strojního času na jedno upnutí, nebo složitostí obráběných ploch a počtu výměny nástrojů pro jejich obrobení.

Pakliže sledujeme cíl snížení pracnosti, je vhodné věnovat pozornost právě strojnímu času. Snažit se jej snížit na minimum a zároveň také časy vedlejší a dávkové, protože při nich vznikají ztráty a tím klesá efektivnost práce. Za účelem snížení nákladů na vybavení je také vhodné se zaměřit na některé důležité aspekty, kterými jsou mimo jiné poškození nástroje (přerušovaný řez) a potřeba speciálních obvykle jednoúčelových nástrojů.

Značným zjednodušením může být použití dělených součástí, tím mám na mysli funkční plochy z kvalitnějšího materiálu a přesnější, jako jsou například lopatky vkládané do drážek, do závěsů, oběžných kol turbín. Je nutné zmínit a v praxi neopominout, že nevýhodou tohoto řešení je zvýšení počtu vyráběných dílů a pracnosti montáže.

Z hlediska hospodárnosti je potřeba volit obráběné plochy co nejmenší, minimalizovat přejezdové časy. Tvar obráběných ploch má být technologicky co nejjednodušší. Nejvýhodnější jsou tvary rovinné a válcové. Méně výhodné jsou tvary kuželové a kulové, nejméně výhodné jsou tvary obecné. Vzájemná poloha obráběných ploch má být, pokud možno, rovnoběžná nebo vzájemně kolmá. Z hlediska pracnosti nejsou vhodné plochy skloněné pod úhlem jiným než  $90^\circ$ , nebo lomené. [5]

### 1.1.3 Strojní programování

První číslicově řízené stroje byly vytvořeny v polovině minulého století, a to na základě stávajících nástrojů. Tyto stroje byly vybaveny motory, které byly řízené instrukcemi na děrované pásce. Jednalo se o ranné mechanismy, které byly rapidně vylepšeny analogovými či digitálními počítači, vytvářejíc tak ve své době moderní počítačově řízené obráběcí stroje, které přinesly revoluci ve výrobních procesech. Číslicové řízení sloužící k automatizaci obráběcích, ale i jiných strojů, které jsou, na rozdíl od klasických strojů, které byly ovládány ručně přes kola nebo páky, či mechanické vačky, obsluhované abstraktně programovanými příkazy nahranými na paměťovém médiu. Pracovní proces číslicově řízených strojů je tedy řízen programem v číselné kódované formě – NC, který v potřebném rozsahu a sledu obsahuje všechny geometrické, technologické i pomocné informace. Zadávaní programu se může dít buď na programátorském pracovišti, nebo v případě CNC strojů, přímo na stroji. Možnost sestavení NC programu je ovlivněna technologickými možnostmi stroje, řídicím systémem stroje, respektive jeho softwarovým vybavením, složitostí a přesností obráběných tvarů, ale i stupněm využívání CAD či CAM technologií při vývoji produktu. NC program je ve své podstatě vlastně textový soubor.

Snaha o využití výpočetní techniky pro přípravu řídicích programů provází již zrod NC řízené techniky. Vývoj softwaru pro přípravu řídicích programů pro NC obráběcí stroje úzce souvisí s vývojem hardwaru.

Původní nabídka několika firem systému pro sálové počítače, který se buď zabýval řešením geometrické dráhy nástroje za využití geometrických jazyků, nebo umožňoval rychlé popsání tvarů pro obrábění dle výrobních výkresů za využití technologických jazyků, se dnes rozrostla na stovky produktů nemenšího počtu softwarových forem pro libovolný hardware s různými operačními systémy. Zásadní pro zvýšení kvality a efektivnosti je skutečnost, že klasické jazyky se zabývaly přepisem výkresu součásti a symbolickým popisem uvažované dráhy nástroje. Dnešní systémy se ve většině případů snaží o komplexnější řešení. To znamená, že kýženým cílem je zkonstruovat součást pomocí počítače, respektive vytvořit její digitální model (CAD), nejlépe ve 3D formátu, soubor dat popisující její tvar předat do další technologické části (CAM), kde jsou dle požadavků technologa sestaveny dráhy nástrojů a vygenerován NC řídicí program. Nejmodernější softwarové systémy řeší komplexně problémy konstrukce, výroby, plánování (CIN) a eventuálně i sledování celého cyklu výrobku. [6]

## 1.2 Průmyslové inženýrství

Průmyslové inženýrství kombinuje technické, ekonomické a manažerské obory. Snaží se navrhovat a řídit integrované systémy určené k produkci výrobků nebo služeb. Pakliže takový systém v podniku existuje, zaměřuje se průmyslové

inženýrství na jeho neustále zlepšování a racionalizování. Útvary průmyslového inženýrství ve firmách zajišťují především to, aby se vyrábělo co nejlevněji, nejrychleji a nejjednodušeji. Jinými slovy, průmysloví inženýři odstraňují z výrobních systémů veškeré druhy plýtvání.

Průmyslové inženýrství je jedním z nejnovějších inženýrských oborů, jehož počátky však lze nalézt už v období průmyslové revoluce. Rozvoj průmyslu (hlavně parních strojů) umožnil v té době zefektivnění lidské práce a velké rozšíření objemu výroby. Prvním průkopníkem byl Frederick Taylor a jeho vědecký přístup k výrobě. Zasadil se o snižování výrobních časů, zlepšování výrobních metod a standardizaci práce. Další důležitou osobností byl Henry Ford, jenž zavedl hromadnou výrobu a systém finančních motivací pro zaměstnance za účelem zvýšení produktivity. Na něj navázalo poválečné Japonsko v čele s Taiichi Ohnem v podobě zjednodušování a optimalizování výrobních systémů. [7]

### 1.2.1 Druhy plýtvání

Pokud chceme vyrábět racionálně, musíme se zaměřit na provozní slepotu, kdy v rutině denního rytmu, denního provozu dochází k různým způsobům plýtvání zdroji firmy, k plýtvání, které výrazně zhoršuje výsledky práce a snižuje konkurenční schopnost. Zde jsou uvedeny **základní typy plýtvání**:

- **nadvýroba** - výroba zboží, které si nikdo neobjednal, zřejmě ani neobjedná, nadvýroba je považována za nejzávažnější plýtvání ze všech, protože je příčinou většiny ostatních ztrát, finanční ztráty se projevují v podobě vysokých stavů zaměstnanců, rozsáhlých skladů a dopravních nákladů,
- **čekání** - ztráta času, pracovníci neproduktivně čekají např. na dokončení předchozí operace, na opravu zařízení, na přetypování stroje, na vyskladnění, na příkaz k zahájení výroby,
- **zbytečná manipulace a nadbytečný transport** - dlouhé vzdálenosti mezi jednotlivými stanovišti, doprava mezi sklady, ale také nedostatek péče, která by měla být věnována ergonomickému uspořádání výroby a jejích jednotlivých procesů, tedy pomnutí ergonomických principů při projektování,
- **nadměrné zpracování čili neefektivní práce** - nepotřebné a nadbytečné zpracovatelské kroky, zdvojení operací včetně kontrol, nevhodná konstrukce a technologie, zbytečně vysoká kvalita,
- **nadbytečné zásoby** - přebytek běžně dostupných surovin, rozpracovaných výrobků a hotových výrobků je zdrojem vysokých skladovacích nákladů, dlouhých dodacích lhůt a degradace materiálu, může také zakrývat problémy, jako jsou nevyvážená výroba, nevytíženost zařízení nebo výrobní vady,

- **zbytečné pohyby** – hledání nářadí, natahování se pro nástroje a chůze po pracovišti, to vše jsou časové ztráty, které navíc způsobují přetěžování dělníků z hlediska ergonomie, nerespektování ergonomických principů při projektování pracoviště, také viz výše,
- **vady a zmetky** – chyby ve výrobě, produkování vadných součástí a jejich následné opravy, ty to opravy vedou ke zbytečné práci, manipulaci, dlouhým časům, spotřebě dalšího materiálu, ale také ke ztrátě dobrého jména firmy,
- **nevyužitý potenciál firmy a nevyužitá tvořivost zaměstnanců** – promarnění příležitostí, nevyužití interního personálního potenciálu, tedy nápadů a dovedností zaměstnanců firmy z důvodu neposkytnutí možnosti se vyjádřit a zapojit se tak tvůrčím způsobem do chodu firmy, špatně nastavená vnitřní kultura firmy často vede k demotivaci zaměstnanců.

Plýtvání je nezbytné redukovat na únosnou míru, což je velice nesnadné.

### 1.2.2 Štíhlá výroba a její zásady

Tento systém výroby (angl. Lean Manufacturing) nahlíží na tok produktu firmou tak, aby se v procesu pouze přidávala hodnota. Vychází z výrobního systému TPS, tj. Toyota Production System, který vznikl v Japonsku v automobilce Toyota po druhé světové válce a rozšířil se následně do celého světa. Základem vzniku tohoto systému výroby byl zdánlivě velmi jednoduchý, byl jím princip „chození po provoze“. Jednalo se, zjednodušeně řečeno, o bedlivé pozorování a až úzkostnou snahu o odhalení sebemenších nedostatků. Tak to dělali již zakladatelé Taiichi Ōno a Šigeo Šingó, kteří jsou duchovními otci této metodiky. Jimi zavedená metodika je použitelná samozřejmě nejen v automobilovém průmyslu, ale ve všech výrobních i nevýrobních oblastech.

Štíhlá výroba zavádí dva nové typy ztrát, které mohou vznikat pouhým soustředěním se na **8 typů ztrát** (muda) [8]

- **muri** – nadměrné přetěžování, pokud jsou lidé nebo stroje nuceni pracovat více, než jim dovolují jejich přirozené možnosti, vznikají tak problémy z hlediska bezpečnosti a nekvalitní výrobky,
- **mura** – nerovnováha systému, stále změny ve výrobním harmonogramu nutí společnosti přechovávat v pojistných zásobách výrobní prostředky pro případ zvýšení výroby, které jsou mimo výrobní špičku nevyužité.

Filozofie je tedy jednoduchá, firma se snaží uspokojit v maximální míře zákaznickovy požadavky tím, že bude vyrábět jen to, co zákazník požaduje. Snaží se vytvářet produkty v co možná nejkratší době a pokud možno s minimálními náklady, bez ztráty kvality nebo na úkor zákazníka i sebe samé pod heslem „náš zákazník náš

pán". Koncept je často pojímán jako firemní filozofie, jak je výše uvedeno, tzv. štíhlý podnik. V rámci tohoto vnímání se principy štíhlé výroby aplikují na celou organizaci, tedy na administrativu, marketing, logistiku, konstrukci, vývoj atd. Pro docílení štíhlého podniku je nutné dosáhnout především změny v myšlení a v přístupu všech zaměstnanců, a to od dělníků až po vrcholové manažery. Pokud porovnáme obsah a cíl výše uvedeného s příklady plýtvání, zjistíme, že mnohdy se zabýváme tímž problémem pouze z jiného pohledu a nabízí se možnost využití synergického efektu při hledání všech slabin firmy.

Pro odstraňování ztrát využívá štíhlá výroba různých nástrojů, například systém tahu, kanban, 5S, kaizen, JIT. Za nejvhodnější a nejefektivnější nástroj pro řešení našeho projektu považují užití metody 5S.

### 1.2.3 Metoda 5S

Metoda či metodika 5S je soubor pěti kroků používaných k vytvoření štíhlého pracoviště. Patří k nejdůležitějším prvkům při zavádění štíhlé výroby a konceptu neustálého zlepšování. Bez štíhlého pracoviště nelze dosáhnout štíhlé výroby ani štíhlého podniku. Výsledkem je přehledné, standardizované a vysoce produktivní pracoviště zbavené plýtvání a zbytečných ztrát. Cílem je také pozitivní přístup motivovaných a vědomých lidí a zvýšení jejich bezpečnosti, zlepšení bezpečnosti práce.

Metodika vznikla opět v Japonsku v rámci štíhlé výroby. 5S označuje počáteční písmena názvů jednotlivých kroků v japonštině [8].

a) **seiri** = projít, vytrít, separovat, vyřadit nepotřebné položky

V první fázi se projde celé pracoviště a předměty (nástroje) se roztrídí do 3 skupin podle toho, jestli:

- jsou nutné ke každodenní činnosti - tyto se ponechají na pracovišti,
- používají se jednou za týden či několikrát za měsíc - přesunou se na jiné místo (sklad),
- nepoužívají se nebo jsou využity pouze párkrát za rok – přesunou, odstraní nebo se označí červenými kartičkami a sleduje se jejich využívání.

| logo projektu       |                                         | 5S červená karta |  | logo firmy |  |
|---------------------|-----------------------------------------|------------------|--|------------|--|
| ID karty            | např : rok-měsíc-den-č kontroly-č karty |                  |  |            |  |
| Příslušenství       |                                         | Název            |  |            |  |
| Přístroje, nástroje |                                         | Kód              |  |            |  |
| Měřidlo             |                                         | Množství         |  |            |  |
| Nakupované položky  |                                         | Oddělení         |  |            |  |
| Polotovary          |                                         | Důvod            |  |            |  |
| Rozpracované díly   |                                         |                  |  |            |  |
| Hotové výrobky      |                                         | Jméno            |  |            |  |
| Dokumentace         |                                         | Datum            |  |            |  |
| Ostatní             |                                         |                  |  |            |  |
|                     |                                         |                  |  |            |  |
|                     |                                         |                  |  |            |  |
|                     |                                         |                  |  |            |  |

Obrázek 2 Příklad červené karty [9]

b) **seiton** = uspořádat, systematizovat, setřídít, označit položky rozumným pochopitelným názvem

V druhé fázi je nutné nalézt správné místo pro umístění položek z 1. fáze. Minimalizovat pohyby pracovníků, skladovací plochy a časovou náročnost operace vhodným upořádáním např. náradí. Viditelně označit všechny položky, doplnit o počty kusů. K tomu se využívá vizuálního a podlahového managementu.



Obrázek 3 Příklad vizuálního managementu náradí [10]

- c) **seiso** = čistit a také logicky uspořádat položky používané při výrobě, přednostně podle toho, v jakém pořadí se používají při výrobě

V tomto kroku se důkladně vyčistí pracoviště a určí se místa či předměty, které je nutné pravidelně a systematicky kontrolovat. Stanovit co se musí čistit, jak často, kdo to bude vykonávat a k tomu potřebné pomůcky. Cílem je předejít nekvalitní výrobě, poruchám strojů a jiných zařízení i úrazům.

- d) **seiketsu** = standardizovat a zdokumentovat veškeré postupy

Standardizací pracoviště se uvedou v platnost všechny změny z předchozích fází, kroků. Vytvoří se dokumenty jako pracovní postup, layouty, předpis úklidu, kontrolní karty.

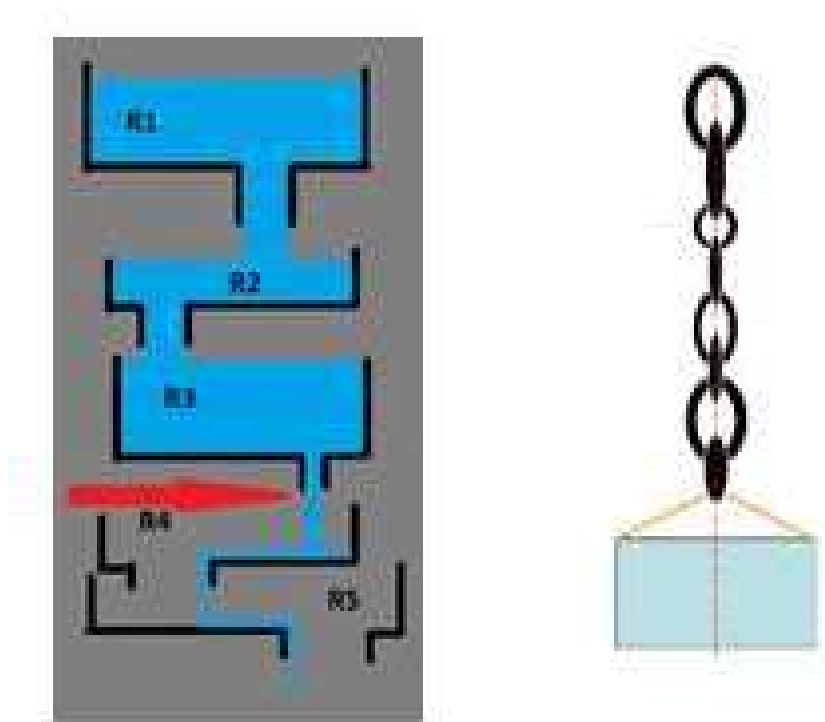
- e) **shitsuke** = sebedisciplína, udržování, systematizovat a dodržovat postupy a plány

Cílem poslední fáze je dodržování stanovených pravidel a neustálá práce zaměřená na další zlepšování. Nejen kontrolor, ale také vedoucí by měl pravidelně procházet pracoviště, průběžně kontrolovat pracovníky a spolu s nimi přicházet s novými podněty ke zlepšení stávajícího stavu. Je důležité, aby zaměstnanci přijali změny za své a podíleli se na jejich tvorbě. Předejde se tak postupnému návratu k původnímu stavu.

#### 1.2.4 Teorie úzkých míst

Odlišnou teorií je teorie úzkých míst či teorie omezení E. M. Goldratta TOC, tj. Theory of Constraints, která je teorií založenou na odstraňování omezení z podnikových procesů s cílem maximalizovat průtok, minimalizovat zásoby a operační náklady, jedná se o filozofii řízení organizace jejímž cílem je především maximalizovat zisk. Spočívá tedy v tom, že se zaměřuje na nejužší místa či omezení např. v materiálovém nebo informačním toku. Jejich odstraněním se zvyšuje celková efektivita systému, protože ten pak není zpomalován svým nejslabším článkem. Tuto myšlenku poprvé vyslovil E. M. Goldratt v roce 1984 ve své knize Cíl. Symbolicky se teorie zobrazuje jako nedokonalý řetěz nebo zúžené vodovodní potrubí.

Omezení je tedy oním nejslabším článkem pomyslného řetězu. Právě pevnost nejslabšího článku určuje pevnost celého celku. Omezení je cokoliv, co brání dosažení stanoveného cíle. Premisou je, že každý systém, tedy i podnik, má omezení, které zabraňuje systému dosáhnout vyššího stupně výkonnosti.



Obrázek 4 Reprezentace úzkého místa [11]

Stejně jako ostatní způsoby řízení, i teorie úzkých míst lze použít ve všech typech organizací a docílit tak dlouhodobých zisků. Velmi důležitý je proces neustálého zlepšování a dosílení stavu bez úzkých míst. Postupuje se takto [12]:

- a) identifikovat úzké místo procesu,
- b) maximálně ho využít,
- c) nastavit zbytek systému tak, aby bylo úzké místo maximálně využité,
- d) odstranit omezení,
- e) celý postup opakovat.

Teorii úzkých míst (TOC) lze zařadit mezi tři hlavní manažerské směry řízení podniků v osmdesátých a devadesátých letech minulého století, spolu s JIT a TQM.

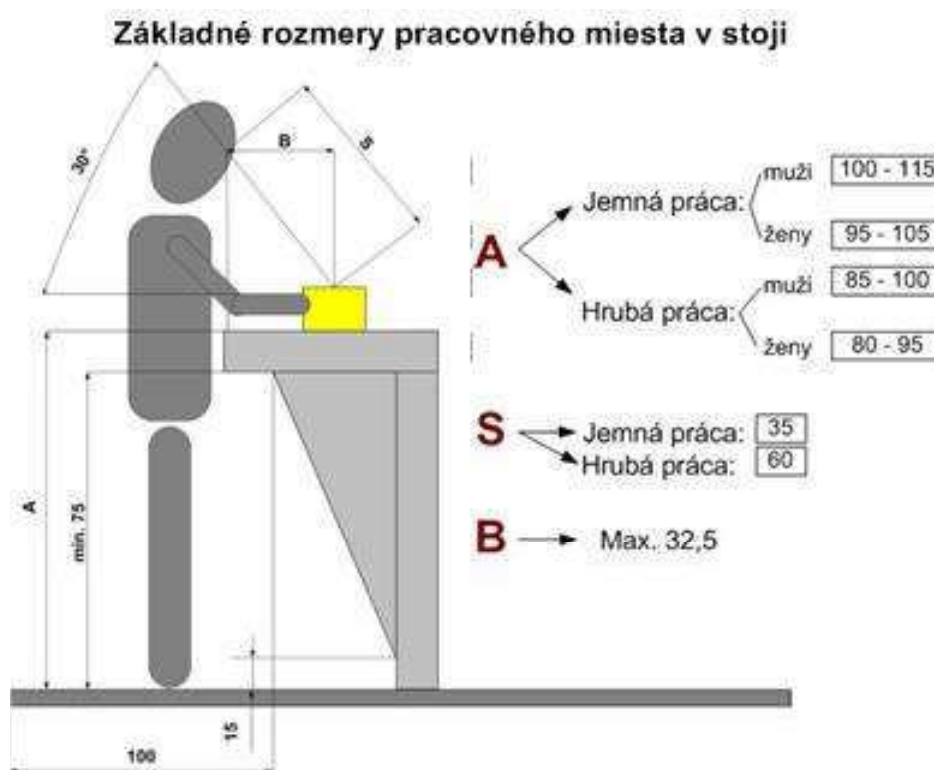
### 1.3 Návrh pracovních prostor

Vytváření pracovního prostoru, který by po všech stránkách vyhovoval nárokům a potřebám člověka je bezesporu náročným procesem, který vyžaduje kromě technických znalostí i znalosti ergonomické. Pracovní prostor je nejčastěji definován jako vymezená část prostoru, ve kterém pracovník nebo pracovní četa vykonává svou činnost.



Pracovní prostor obvykle vymezují tyto základní parametry:

- Charakter pracovní činnosti – fyzická činnost, duševní činnost, kombinace obou činností.
- Vybavenost pracoviště – používané stroje, nářadí, manipulační a dopravní prostředky.
- Pohyblivost pracovního stanoviště – stacionární stanoviště, nestacionární pracoviště, kombinovaná pracoviště, pokud bychom přistoupili k analýze všech tří skupin, je nezbytné užít stejné přístupy, a to se zřetelem na specifické podmínky při pohybu, zejména na pracovištích kombinovaných a nestacionárních.
- Organizace práce na pracovišti.
- Vázanost pracovníka s pracovištěm – vázanost prostorová, vázanost funkční, vázanost kombinovaná.
- Pracovní poloha – sed, stoj, kombinovaná, zvláštní pracovní poloha, kterými mohou být leh, práce v předklonu atd. [13]
- Na obrázku 5



Obrázek 5 Vhodná volba pracovní polohy [14]

## **2 Zavedení CNC obránění**

Praktická část je shrnutím jednotlivých kroků a rozhodnutí, které jsem provedl po odsouhlasení návrhu vedením společnosti a dlouhé debatě s jednotlivými vedoucími provozu, ale také s výrobními zaměstnanci. Postupoval jsem cestou jednotlivých kroků, a to od počátečního mapování a definování cílů, přes zjišťování a průzkum možností a jejich analýzu, až po návrh řešení a jejich zavedení do provozu. Vzhledem k tomu, že se jedná se o firemní zadání, se příprava, vypracování i realizace uskutečňovaly přímo ve firmě REVOK s.r.o. - realizace vzduchotechniky a ocelových konstrukcí (dále jen „Revok s.r.o.“)

### **2.1 Představení firmy Revok s.r.o.**

Firma Revok s.r.o. byla založena 17. listopadu 1994 a její právní forma, jak je již z názvu patrné, je společnost s ručením omezeným. V průběhu své existence firma zaměstnává od 25 do 40 zaměstnanců. Stávající vlastníci jsou jejími zakladateli a zjednodušeně řečeno, odkoupili část firmy ZRUP Montáže Příbram s. p., jejímiž byli zaměstnanci, v době, kdy této části hrozil zánik v návaznosti na změněné společenské a ekonomické podmínky. Konkrétně se jednalo o strojní středisko ve Stráži pod Ralskem. Začátky nebyly snadné, bylo nutné zvážit uplatnění na trhu. Dříve částečně firma sloužila jako servisní zabezpečovací středisko pro uranový průmysl. Vedení firmy vyhodnotilo, že velkou výhodou bude přiblížit se více potenciálním zákazníkům, zejména subdodavatelům automobilového průmyslu. Z tohoto důvodu bylo po třech letech bylo rozhodnuto využít možnosti přemístit firmu do České Lípy, kde byly zakoupeny v bývalém areálu firmy ŽOSKA a. s. v likvidaci tři haly. Tím bylo vytvořeno dostatečně velké technické zázemí pro výrobu. Haly byly postupně rekonstruovány a vybaveny moderními technologickými zařízeními.



Obrázek 6 Revok s.r.o.

Postupem času se rozdělila výroba na dva provozy, provoz výroby vzduchotechniky a klimatizace a provoz strojírenské výroby. Provoz výroby vzduchotechniky a klimatizace zajišťuje výrobu vzduchotechniky, jejích částí a příslušenství, tj. vzduchovodů, klapek, mřížek, žaluzií, atypických dílců apod. Pro jednotlivé stavby zajišťuje kompletní projekci, dodávku, montáž a uvedení vzduchotechniky do provozu. Provoz strojírenské výroby zaměřuje svoji činnost několika směry. Hlavním směrem je výroba ocelových a hliníkových dílů pro strojírenství, dále výroba a montáž drobných ocelových a nerezových konstrukcí a zámečnických prvků pro stavebnictví, kooperace v oblasti stříhání, řezání, pálení (laser, plazma, řezání plamenem), ohýbání, zakružování, sváření (ocel, nerez, hliník) a tryskání.

Obchodními partnery firmy jsou například:



Obrázek 7 Loga zákazníků formy Revok s.r.o.

V současné době si firma snaží dále zvyšovat přidanou hodnotu, konkurenceschopnost a rozšiřovat své výrobní možnosti a v návaznosti na to získat nové zákazníky.

## 2.2 Popis výrobních procesů

V této kapitole představím některé z výrobních procesů, aby bylo možné pochopit důvody zavedení CNC obrábění do procesu.

- a) **Výroba hliníkových dílů** – výroba vždy začíná v přípravně materiálu, kde jsou tabule hliníků nařezány na potřebné díly na pálicím stroji s plazmovým hořákem. Takto připravené díly jsou převezeny do klempírny, kde jsou dle potřeby některé díly ohnuty na ohraňovacím lise a poté je vše kompletováno ve svařovně hliníku. Zde je také celá sada zabalena a odvezena buď k zákazníkovi anebo do skladu, kde čeká např. na zbylé části celé objednávky a poté je expedovaná zákazníkovi.
- b) **Výroba ocelových dílů** – výroba vždy začíná na pálicích strojích. Na laseru (do 20 mm tloušťky materiálu) anebo na pálicím stroji za pomoci autogenového hořáku (do 100 mm tloušťky materiálu). Profilový materiál je řezán na automatických pilách. Následně jsou některé díly převezeny na klempírnu k ohraňovacímu lisu, kde jsou ohnuty na stanovené parametry. Všechny výrobky jsou skládány ve svařovně, kde jsou postupně prováděny veškeré navazující kroky výroby od svařování až po obroušení hran či vyvrtání potřebných děr. Po finalizaci výroby a dokončení kompletace výrobku je tento připraven k odvezení do kooperací nebo k zákazníkovi.
- c) **Výroba nerezových dílů** – výroba začíná na laseru, kde jsou vypáleny jednotlivé díly. Poté jsou převezeny na klempírnu, některé díly je nezbytné ještě např. ohnout, vyřezat do nich závity, svařit je do sestav. Po konečné kompletaci a dokončení jsou výrobky připraveny k odvezení do kooperací nebo k expedici zákazníkovi.
- d) **Opakovaná malosériová výroba** – je specifickou částí výroby, která využívá výše uvedených výrobních postupů a její zvláštností je, že výrobky jsou nejen ihned dodávány zákazníkovi, ale také po dohodě s ním jsou výrobky vyráběny s předstihem, tedy na skladové zásoby. Tím je možné řízeně optimálně využívat výrobní kapacitu a uspokojovat ve velmi krátkém čase poptávku odběratele. Některé výrobky jsou velmi pracné a časově náročné, jejich výroba je v malé dávce neefektivní a je výhodné vyrábět větší dávku, než aktuálně odběratel poptává a držet skladovou zásobu pro jeho další poptávku. Výrobní dávka je dodávána postupně. Většina této výroby probíhá ve svařovně, která má k tomu uzpůsobené prostory a vybavení.

## 2.3 Definování jednotlivých cílů při výběru stroje

Pro volbu obráběcího CNC stroje určilo vedení firmy základní kritéria, jež bylo nutné dodržet a doporučit takový stroj, který bude naplňovat 5 základních požadavků firmy:

- a) horizontální vyvrtávací centrum,
- b) rozměry pracovní posuvů (1250x1250x1250x730)[mm],
- c) rozměry pracovního stolu (1250x1400) [mm],
- d) rozsah otáček vřetena 2000 [ot/min],
- e) nepřekročení stanoveného cenového stropu.

Na základě stanovených kritérií byla zpracována poptávka a zaslána jménem firmy různým společnostem vyrábějícím nebo prodávající obráběcí CNC stroje (dále jen „stroj“). Po obdržení různorodých nabídek bylo rozhodnuto dále spolupracovat s firmou FERMAT CZ, s.r.o., která nám nabídla stroj (WFT 10 CNC) jenž nejlépe za stanovenou cenu odpovídal zadaným kritériím. Po ověření možnosti a vhodnosti jeho umístění bylo zjištěno, že nabídka je optimální. Jednalo se o stroj starý 5 let. Jeho vlastnosti byly ideální, přestože cena byla vysoká a vedení firmy ji bylo vzhledem k jiné přidané hodnotě ochotné akceptovat, daný stroj bohužel nebyl získán, protože ho získal jiný zákazník. Bylo nutné zahájit hledání od samého počátku, jiný stroj v dané době nebyl na trhu dostupný. Po provedení průzkumu bylo rozhodnuto hledat kompromis, hledat stroj s odpovídajícími vlastnostmi jinou cestou a byl osloven obchodní zástupce FERMAT CZ, s.r.o., který nám navrhl řešení kompromisní, které je schopna firma realizovat v reálném čase. Po opakovaném jednání byl skutečně přijat kompromis a vybrán menší stroj (WH 10 CNC), který byl sice mnohem starší, ale zároveň byl nabídnut za velice příznivou cenu. Obchod byl uzavřen.

### 2.3.1 WFT 10 CNC

Stroj WFT 10 CNC je vodorovná vyvrtávačka, která byla vyrobena v roce 2012 firmou FERMAT CZ, s.r.o. Tento daný stroj by byl schopen na jedno upnutí zvládnout 70 % všech požadovaných operací a na dvě a více upnutí až 90 % operací, operací, o kterých je předpokládáno, že by mohly být na stroji prováděny. Nevýhodou tohoto stroje je jeho velká váha. Z důvodu značné hmotnosti by musely být vybudovány nové základy. Další nevýhodou je pouze částečná otevřenost operačního systému Heidenhain TNC 620 a dále poměrně vysoká pořizovací cena stroje.

|                                  |        |           |
|----------------------------------|--------|-----------|
| Průměr pracovního vřetena        | mm     | 100       |
| Rok výroby                       | -      | 2012      |
| Rozsah otáček pracovního vřetena | ot/min | 3000      |
| Představení stolu X              | mm     | 2000      |
| Svislé představení vřeteníku Y   | mm     | 1250      |
| Přestavení stolu Z               | mm     | 1250      |
| Výsuv pracovního vřetena W       | mm     | 700       |
| Řídicí systém Heidenhain         | -      | TNC 620   |
| Maximální zátěž stolu            | kg     | 3000      |
| Rozměry pracovního stolu         | mm     | 1200x1400 |



Obrázek 8 WFT 10 CNC

### 2.3.2 WH 10 CNC

Stroj WH 10 CNC je vodorovná vyvrtávačka, která byla vyrobena v roce 1994 a v roce 2009 na ní byla provedena kompletní modernizace, výrobcem tohoto stroje je TOS Varnsdorf a.s. Mezi velké přednosti toho stroje je jeho cena a nižší náklady na úpravu dílny pro jeho umístění a následné zprovoznění, pokud přihlídneme k tomu, že daný stroj zvládne 60 % odhadované výroby na jedno upnutí a 80 % na dvě a více upnutí. Je jisté, že vzhledem ke stanoveným požadavkům a účelům užití, je zcela dostačující. Jedinou nevýhodou toho stroje, kterou je nezbytné vzít v úvahu, je jeho stáří. Avšak vzhledem k jeho historii a po ověření jeho stavu bylo zjištěno, že je vysoce pravděpodobné, že bude jeho provoz probíhat uspokojivě a bez větších problémů.

|                                  |        |           |
|----------------------------------|--------|-----------|
| Průměr pracovního vřetena        | mm     | 100       |
| Rok výroby                       | -      | 1994      |
| Rozsah otáček pracovního vřetena | ot/min | 1500      |
| Představení stolu X              | mm     | 1250      |
| Svislé představení vřeteníku Y   | mm     | 1120      |
| Přestavení stolu Z               | mm     | 1000      |
| Výsuv pracovního vřetena W       | mm     | 630       |
| Řídící systém Heidenhain         | -      | TNC 530   |
| Maximální zátěž stolu            | kg     | 2500      |
| Rozměry pracovního stolu         | mm     | 1120x1000 |





Obrázek 9 WH 10 CNC

Při porovnání daných strojů je zřejmé, že WFT 10 CNC je značně výkonnější a zároveň nabízí větší rozsah výroby. Na druhou stranu, ale také přináší mnohé problémy, a to zejména vysokou cenu, nutnost úpravy základů v hale určené pro jeho umístění a nezbytnost dokoupit moduly pro řídicí systém Heidenhain TNC 620, který v dané konfiguraci není vhodný pro všechny požadované operace. K těmto všem důvodům se ještě přidal jeden neméně důležitý, a to skutečnost, že s touto technologií firma Revok s.r.o. nemá téměř žádné zkušenosti. Znalosti, dovednosti a zkušenosti musí teprve postupně získávat. S ohledem na tuto skutečnost bylo rozhodnuto zvolit pro získávání zkušeností starší stroj s tím, že pokud by se daná technologie osvědčila, bude zakoupen další nový, který by plnil požadavky firmy stoprocentně. Z výše uvedených důvodů bylo rozhodnuto ve prospěch stroje WH10 CNC.

## 2.4 Ovládací programy

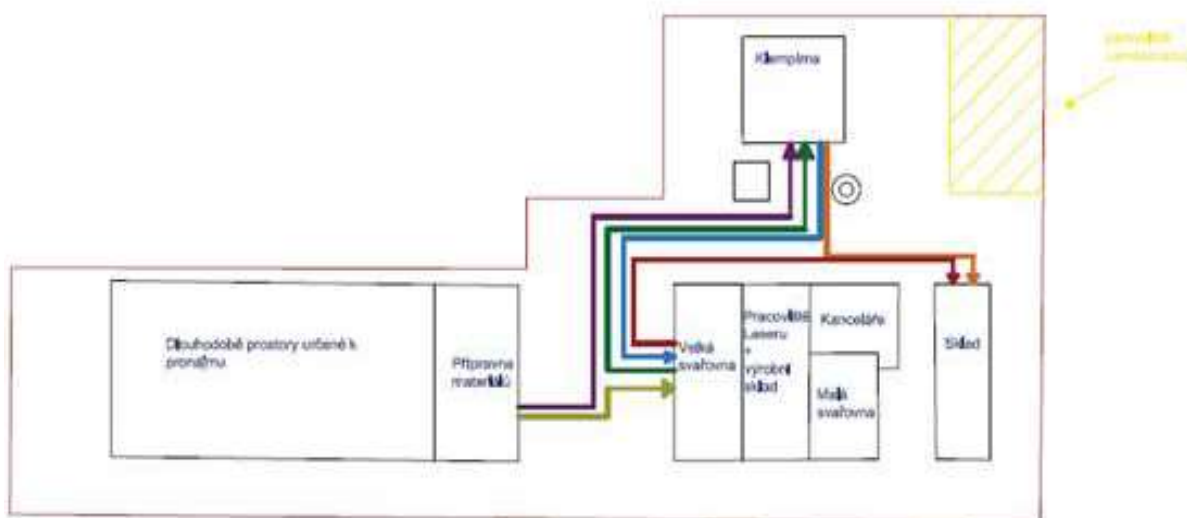
Autodesk Inventor 2017 je firmou používaný program pro tvorbu modelů a svařovaných či montovaných sestav, využívá jej především konstrukce. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto pro jeho využití také pro přípravu NC kódu pro obráběcí centrum. Z nabídky několika možných produktů od firmy Autodesk byla vybrána nástavba HSM, jenž bude implementovaná do již vlastněné licence. Po úvodním školení je vytvořena konkrétní představa, jaké výrobky budeme schopni prozatím digitálně simulovat. Další nespornou výhodou tohoto řešení je skutečnost, že HSM nástavba umí velké množství NC kódů produkovat v různých programovacích



jazycích, a má přímou podporu námi zvoleného systému Heidenhain, v němž umí pracovat se všemi nástroji, a to včetně zaměřovacích sond či speciálních jednoúčelových nástrojů, které si firma sama může navrhnout a definovat. Volba systému Heidenhain TNC 530 byla podpořena zkušeností našich obchodních partnerů a také spolupracovníků. Důvodem byla především jeho přístupnost a velká rozšířenost v České republice i v samotné České Lípě a jejím okolí. Neméně důležitou byla také ochota partnerů pomoci firmě se zavedením výroby, včetně zaškolení a podpory programátorů při nastavování parametrů, s optimalizací NC kódu, předání znalostí obsluhy stroje, aby co nejdříve dokázala číst a upravovat NC kód.

## 2.5 Volba vhodného prostoru

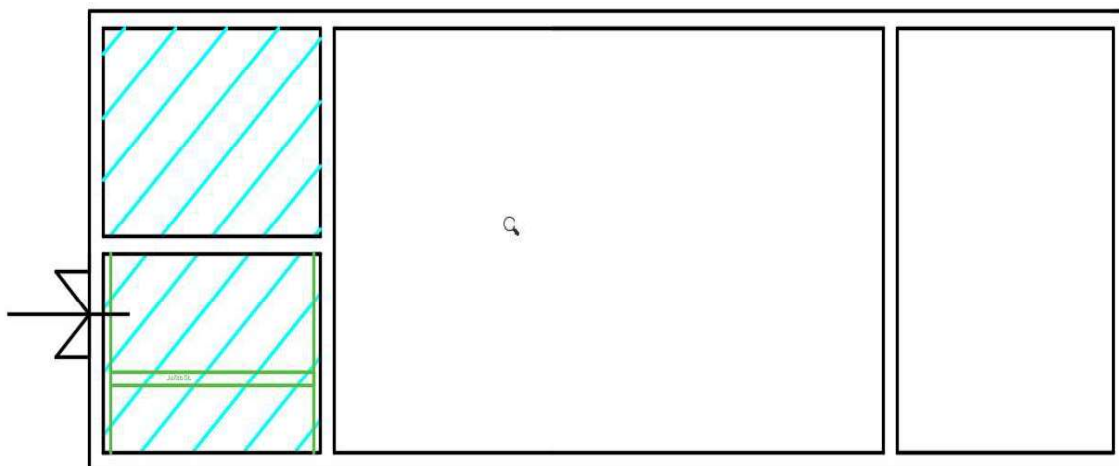
Při hledání nejvhodnějšího umístění pro naši novou technologii jsme měli ze začátku velice omezené možnosti, jelikož jsme nechtěli zasahovat do stávajícího provozu. Hledali jsme nové místo, místo, kde bychom vytvořili zcela nové celistvé pracoviště, které by mělo za úkol krom zavedení CNC obrábění obsáhnout také nástrojárnu, meziklad dílů a dílnu na kompletaci výrobků, které by se skládaly z obrobených dílů, ale také z dílů nakoupených. Byly by zde testovány a následně distribuovány zákazníkům.



Obrázek 10 Schéma areálu firmy Revok s.r.o.

### 2.5.1 Prostor A

Prostor A se nachází v objektu na okraji našeho areálu a je vzdálený od celého zavedeného výrobního procesu. Hala je již dlouhá léta určena jako skladovací prostor. Přes hlavní vstup lze procházet do pronajaté části, kde má jiná společnost svou výrobní linku. Nevýhodou také je, že je zde nefunkční jeřáb a dále, že prostor má nedostačující velikost. Výše uvedené nedostatky vyvolaly nutnost hledat jiné umístění.



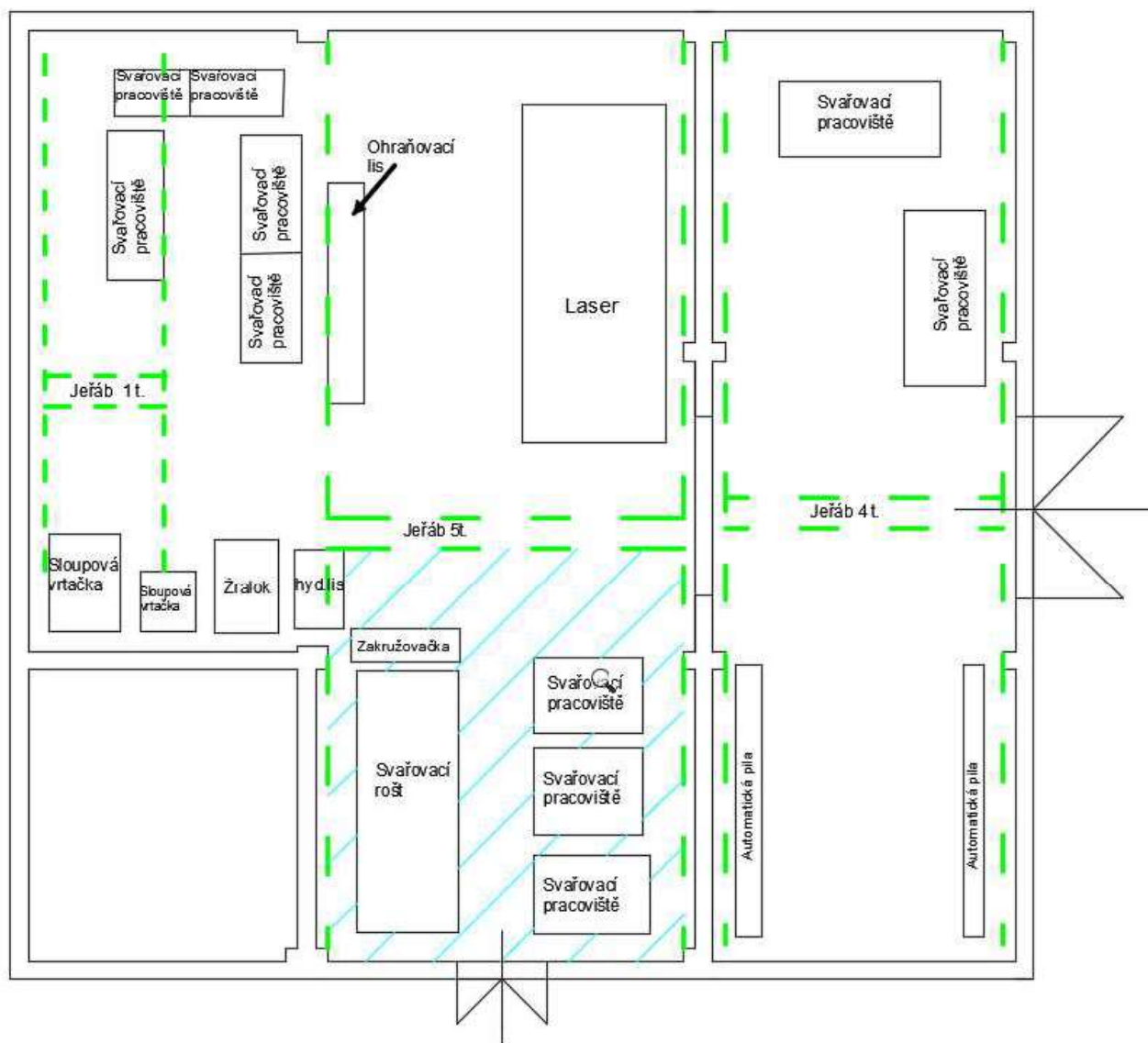
Obrázek 11 Schéma prostorů A

### 2.5.2 Prostor B

Při hledání nového umístění jsme se museli opět zamýšlet nad stávajícím fungujícím systémem výroby a hledat jeho nedostatky, slabá místa, abychom mohli vytvořit to nejvhodnější místo pro novou technologii. Při důkladné prohlídce a analýze budoucích potřeb jsme dospěli k rozhodnutí, že budeme muset využít pro CNC obrábění prostor stávající svařovny na ocelové konstrukce, pakliže se nám podaří pro svařovnu najít nové místo. Jako vhodné řešení bylo vytypováno přemístění řezárny do přípravný materiálu, zrušení zde umístěného meziskladu. Největším problémem bylo vyřešení přestěhování velkého svařovacího roštu a všech dalších svařovacích míst. Přesun se podařil naplánovat a jako bonus byla přesunem snížena prašnost pracoviště laseru. Bylo tohoto docíleno realizací stavby příčky mezi stávající malou svařovnou a pracovištěm laseru. Při této příležitosti byla nově také vybudována vrata uvnitř hal, aby bylo udrženo teplo a zvýšena čistota v prostorách v nichž je umístěn laser. V tomto prostoru bude umístěno také obráběcí CNC centrum.

Neexistoval pouze jeden největší problém, který byl řešen při výběru vhodného místa, byla jich celá řada. Jednalo se o kvalitu podlahy, jeřáb s dostatečnou nosností, zateplení prostor, jejich vytápění. Důvodem byla mj. skutečnost, že

obrábění je velice citlivé na výkyvy teplot. Další důležitou věc, kterou jsme před volbou místa museli důkladně prověřit, byla dostatečnost elektrického připojení a jeho případného upravení pro potřeby budoucího využití. Poslední věc, kterou jsme řešili při umístění na zvoleném místě s ohledem na skutečnost, že minimální potřebný bezpečnostní prostor je 6.5 m x 5 m. Při řešení oddělení jednotlivých prostor od ostatních prostor bylo zvoleno jednoduché prozatímní řešení, označení směrovkami, popiskami, tabulemi, cedulemi a grafickým označením na zemi. Bude výrazně dle platných norem označen nebezpečný prostor, prostor se zakázaným vstupem nepovolaným osobám bez speciálního zaškolením apod.



Obrázek 12 Schéma prostoru B

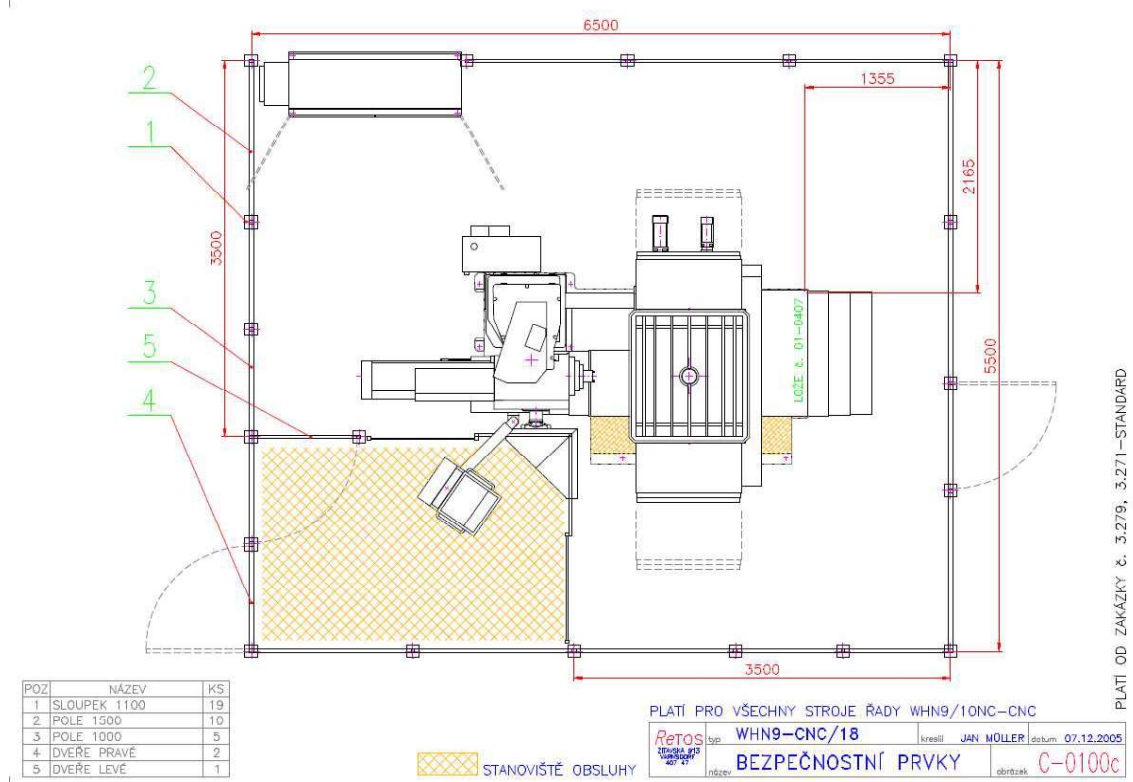
### **3 Umístění stroje ve vybraném pracovním prostoru**

Pro volbu umístění stroje ve vybraném prostoru jsme museli přihlédnout k výše uvedeným skutečnostem, podmínkám, které ovlivňovaly jeho budoucí umístění a zároveň také naši technickou přípravu pro jeho umístění.

#### **3.1 Požadavky stroje na prostor**

Námi zvolený stroj má již v základním technickém nákresu předem definované minimální bezpečnostní prostorové parametry vztahující se zejména rozsahu pohybu obsluhy stroje a také k ochraně pohybujících se osob v okolí stroje, které je nezbytné dodržet. Umístění bylo navrženo nejenom podle těchto technických parametrů stroje, ale také byla vzata do úvahy praktická zkušenost techniků a operátorů, kteří již v jiných firmách na obdobných strojích pracují a mají zkušenosti z fungujících výrobních procesů.

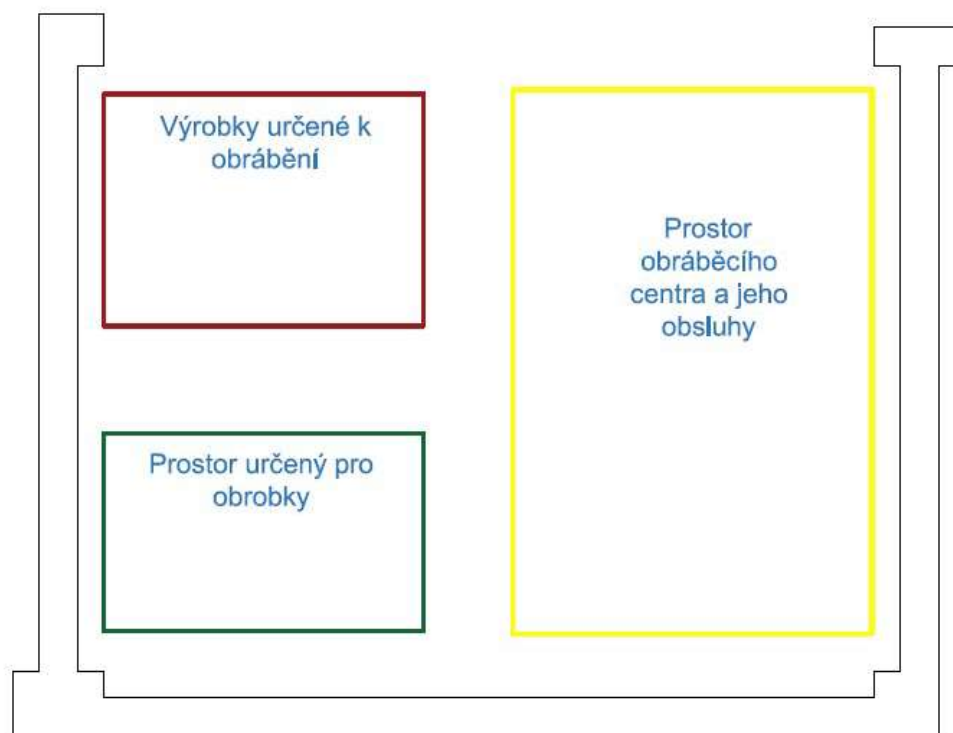
Při konzultacích jsme došli společně k závěru, že je nezbytné, oproti uváděným technickým parametrům, přidat minimálně 1 m vzdálenosti v místě, kudy se pohybují ostatní zaměstnanci. Cílem je zvýšení bezpečnosti a pohodlnosti práce obsluhy stroje, zlepšení manipulace s obrobky či nástroji užívanými pro stanovenou činnost, ale také ochrana stroje samotného před možným poškozením. Nezanedbatelné je také zvýšení komfortu výkonu činností ostatními zaměstnanci.



Obrázek 13 venkovní rozměry stroje s bezpečnostními prvky

## 3.2 Vytvoření přechodného skladu

Z důvodů i duálního fungování obráběcího centra bylo rozhodnuto vybudovat přechodový sklad v jeho blízkosti. V tomto skladu se budou ukládat buďto již obrobene díly z centra a skládány do sad určených k dalšímu transportu, nebo již díly připravené na obrábění, aby bylo možné obrábět s co největší efektivitou. Sklad bude rozdělen na dvě části, a to na část určenou k obrábění a na část již hotových obrobků. Rozdělení bude provedeno pouze graficky, a to čárami na zemi. Podrobnosti jsou uvedeny na Obrázek 14.

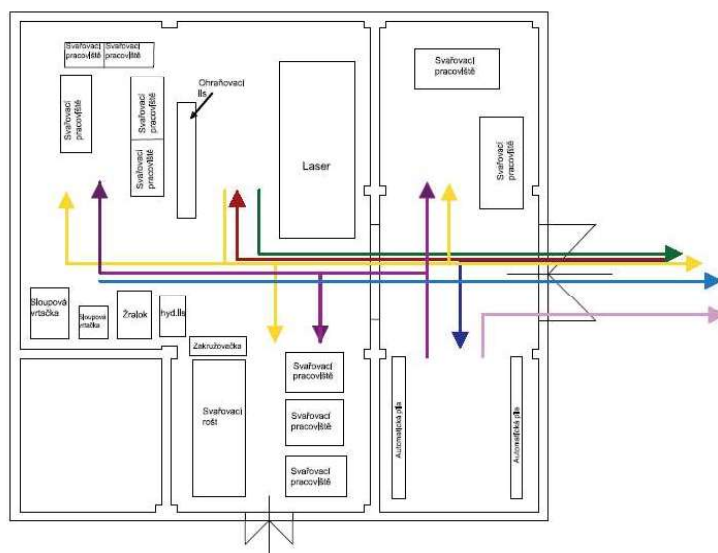


Obrázek 14 Rozdělení meziskladu

Na výše uvedeném obrázku je zřetelně vidět, že v celé levé části vyhrazeného prostoru pro obráběcí centrum bude sklad, kdežto v pravé části se bude nacházet obráběcí centrum. Do budoucna zde budou umístěna také další návazná pracoviště jako je například nástrojárna či sklad přípravků.

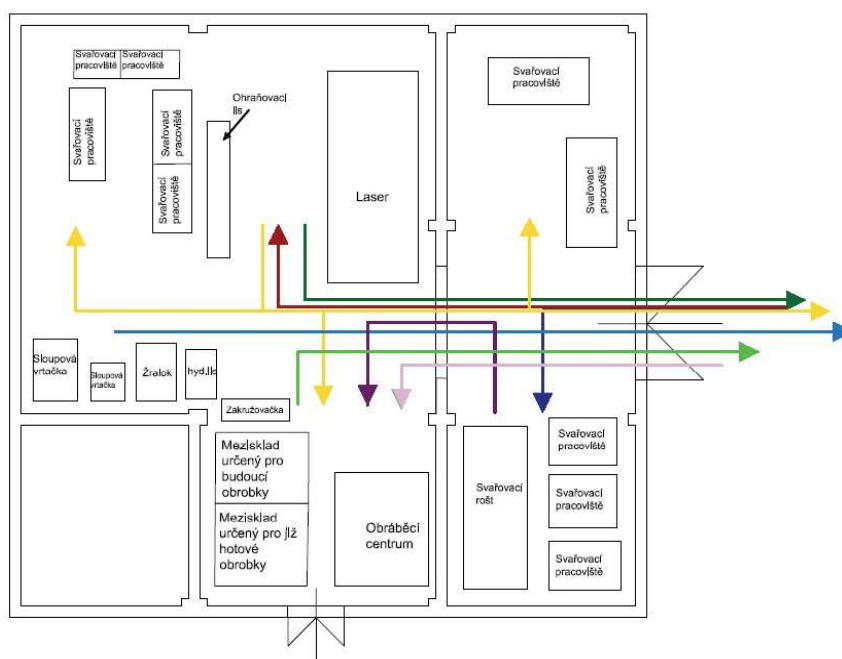
### 3.3 Změna logistických cest

Zavedení nového stroje do výrobního procesu bude mít vliv na logistické cesty, které bylo nutné prověřit, zkontrolovat a dle zjištěných skutečností následně upravit pro nově nastalou situaci. Pro větší názornost byly při porovnávání zkoumány původní logistické cesty, které jsou uvedeny na Obrázek 15. Zde je zřetelně vidět, že největší vliv na logistické cesty bude mít provedení změny umístění některých pracovních prostorů do jiných částí firmy a také přemístění a dokončení přípravný materiálu. Dále bylo zjištěno, že vzniknou nové cesty spojené s obráběcím centrem. Při průzkumu tedy bylo zjištěno, že logistické cesty se významně změní pouze ve výrobní hale, kam bude nový stroj umístěn, což je dále znázorněno na Obrázek 16. Umístění stroje bylo vyhodnoceno jako vhodné a možné.



- |                                                                                           |                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <span style="color: pink;">—</span> Nařezané profily pro zákazníky                        | <span style="color: red;">—</span> Vstup materiálu pro pracoviště laseru                     |
| <span style="color: purple;">—</span> Nařezaný profilový materiál určený pro další výrobu | <span style="color: blue;">—</span> Vstup profilového materiálu pro pily                     |
| <span style="color: blue;">—</span> Hotové svařence pro zákazníky                         | <span style="color: green;">—</span> Díly vypálené z plechů které jsou určeny pro zákazníka  |
|                                                                                           | <span style="color: yellow;">—</span> Pohyb výpalků, které jsou určeny pro další zpracování. |

Obrázek 15 původní logistické cesty



- |                                                                   |                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <span style="color: pink;">—</span> Díly určené k obrábění        | <span style="color: red;">—</span> Vstup materiálu pro pracoviště laseru                     |
| <span style="color: purple;">—</span> Svařence určené k obrábění  | <span style="color: blue;">—</span> Vstup profilového materiálu pro pily                     |
| <span style="color: blue;">—</span> Hotové svařence pro zakázky   | <span style="color: green;">—</span> Díly vypálené z plechů které jsou určeny pro zákazníka  |
| <span style="color: green;">—</span> Hotové obrobky pro zákazníky | <span style="color: yellow;">—</span> Pohyb výpalků, které jsou určeny pro další zpracování. |

Obrázek 16 budoucí logistické cesty

## 4 Ekonomické důsledky

Prvotním impulzem pro zavedení obrábění do firmy bylo zamyšlení nad tím, jak získat větší zisk ze svařování. Tím dosáhnout výraznějšího finančního zhodnocení práce, jelikož poslední léta byly ceny svařování velmi nízké, ale také výroba ocelových konstrukcí a svařenců. Činnost byla vyhodnocena jako významně podhodnocená. Z tohoto důvodu je velmi složité v tomto odvětví docílit efektivní výroby. To byl důvod, pro který se vedení firmy rozhodlo zavést obráběcí stroj do výrobního procesu a tím docílit větší efektivity.

### 4.1 Zvýšení konkurenceschopnosti

Jak bylo řečeno výše, dnes jsou ceny ocelových konstrukcí stlačeny trhem velmi nízko, to je způsobeno skutečností, že se na trhu pohybuje velké množství firem, se kterými je nezbytné soutěžit o zakázku (někdy až bojovat), to se mnohdy děje soutěží o ceny zakázek. Pokud firma není schopna vyrobit a dodat kompletní zakázku nebo alespoň její podstatný díl, je ve velmi nevýhodné pozici, je pro ni velmi složité soutěžit s ostatními firmami o zakázku a nabídnou přijatelnou cenu odběrateli, zvítězit v boji s ostatními soutěžiteli. Tato situace mj. vedla vedení firmy k rozhodnutí obohatit strojový park firmy, zaměřit se na obrábění, které firmě dá výhodu vyrábět si doposud kupované či kooperované díly a tím se vymanit ze závislosti. Firma nebude dále odkázána na jiné subjekty, na nákup, na kooperace, na základě čehož firma následně vyráběla jen základní svařované sestavy namísto kompletní zakázky.

Z této vize plyne, že pokud se firmě celý projekt obrábění podaří realizovat v zamýšlené formě a rozsahu, systém bude ve funkčním stavu, bude firma schopna obohatit trh, rozšířit své služby a nabídnout zákazníkům, trhu, na kterém se pohybuje, konkurenční cenu, což znamená pro firmu i zákazníky vítané výhody. Firma získá tolik potřebnou konkurenční výhodu oproti ostatní konkurenci. Zároveň lze očekávat, že dojde, jak k upevnění pozice firmy u stálých zákazníků, tak k získání zákazníků nových. Trvalou snahou firmy je nabídnout zákazníkům maximální flexibilitu při plnění jejich očekávání, které musí odpovídat větší schopnost naplnit jejich potřeby.

### 4.2 Zvýšení přidané hodnoty

Pokud si pro větší názornost zrekapitulujeme vývoj ceny finálního výrobku v návaznosti na tzv. „cenu za kilo“ materiálu, dojdeme k jasnému závěru. Materiál, ze kterého se stane obrobek, tedy výrobek, který projde výrobním procesem, je obroben, má dvakrát až třikrát větší cenu než materiál bez obrobení. Je tedy žádoucí postupovat pro firmu nejvýhodnější cestou, zabezpečit v tomto případě vlastní výrobu namísto kooperace (či nákupu), protože do kooperace musí firma



investovat, podělit se o možnou přidanou hodnotu, snížit vlastní podíl na přidané hodnotě, a to v některých případech až o dvě třetiny.

Firma v závěru kooperace získá pouze jednu třetinu možné přidané hodnoty této části zakázky, oproti výše nabízené možnosti. To je stav nežádoucí, firma směřuje ke stavu, který je žádoucím, tedy k zabezpečení obrábění vlastními prostředky. Tím firma získá možnost dosáhnout mnohem většího zisku, který by v prvních rocích sice byl menší z důvodů velkých investic do nové technologie, postupným zvládnutím nové technologie, ale v následných letech by se investované úsilí i finanční prostředky mnohonásobně vrátily.

### **4.3 Odhad návratnosti a předpokládaná investice**

Přesnou výši investice je někdy velmi obtížné určit, lépe řečeno přesně odhadnout, v návaznosti na momentální situaci na trhu. Vedení firmy určilo počáteční vyjednávací cenu za dodání obráběcího centra ve výši do 160 tisíc eur, k této částce byl následně ještě stanoven návazný rozpočet na další nutné výdaje pro realizaci projektu:

- provedení stavebních úprav, které je možné očekávat podle přípravného projektu a rámcového rozpočtu stavební firmy ve výši 75 tisíc korun,
- nákup licence programovacího softwaru pro obrábění, přípravu NC kódu, jehož cena činí přibližně 60 tisíc korun ročně,
- nákup měřicí sondy a dalších nástrojů na obrábění jejichž celková cena je očekávána ve výši do 20 tisíc eur,
- náklady jako zaškolení obsluhy obráběcího stoje a školení programátorů CNC strojů ve výši do 60 tisíc korun,
- další neočekávané náklady se kterými je při realizaci obdobného projektu nutné počítat, finanční rezerva v rozpočtu firmy byla stanovena na 100 tisíc korun.

Na základě výše uvedených rozpočtovaných nákladů, byla vedením firmy vyčleněna v rozpočtu firmy na projekt částka 200 tisíc eur. Jedná se o náklady, které bude možné rozložit do více let a hradit náklady různými formami financování. Částka není pro firmu zanedbatelná, rozhodnutí o vložení nemalých prostředků do projektu je pro firmu zásadním strategickým rozhodnutím, investice se může, ale nemusí vrátit, s touto skutečností je nezbytné počítat a připravit zároveň krizový plán pro případ nepříznivého vývoje situace (např. záložní zdroje financování). Jednou z preferovaných forem financování je využití při koupi samotného obráběcího centra částečně vlastní rezervní zdroje a částečně úvěr od bankovního ústavu. Vedení firmy si je vědomo, že na základě provedené analýzy vycházející z aktuální situace lze návratnost investice očekávat nejdříve do 5 let od zprovoznění celého obráběcího centra.

## **4.4 Zvětšení portfolia firmy**

Výše popisované riziko je ale vyváženo rozšířením firemního portfolia výroby o cenné obrábění, které firmě umožní posunout výrobu i konstrukci na novou úroveň, zvýšit produktivitu, přidanou hodnotu. Především rozšířit nabídku poskytovaných služeb. Možnost ucházet se o nyní nereálné či nerentabilní zakázky, pokračovat v dalším rozvoji na novém základě.

Pakliže se nově zavedená technologie ukáže jako produktivní, alespoň ve výši předpokladu při jejím zavádění, bude možné v dalších letech v investicích do nových technologií pokračovat. Za velmi pozoruhodné je považováno například rozšíření o soustružení, broušení a frézování. Těmito kombinacemi by bylo možné do budoucna využívat jiné technologie, nabízet velmi zajímavý rozsah činností, které by oslovily potencionální nové zákazníky a umožnily rozšířit spolupráci se zákazníky stávajícími.

## Závěr

Úkolem této bakalářské práce bylo zavedení obráběcího CNC stroje ve firmě Revok s.r.o. – realizace vzduchotechniky a ocelových konstrukcí. Při zahájení práce na bakalářské práci jsem se domníval, že bude poměrně snadné porovnat stávající stav se stavem žádoucím, navrhnout několik variantních řešení, následně vyhodnotit nejvhodnější řešení a celou situaci popsat. Tato část mé práce byla realizována.

V úvodní kapitole jsou popsány některé světové strategie řízení výroby, a to se zaměřením na systematiku zefektivňování výrobních procesů. Následující kapitola se zabývá konkrétním řešením problému CNC obráběcího centra a hledání vhodného umístění pro něj. Byly určeny základní parametry CNC stroje, bylo navrženo několik možností výběru CNC stroje i jeho umístění a z nich byly vybrány ty nejvhodnější z pohledu vedení firmy.

Praktická část bakalářské práce byla pojata jako hledání vhodných parametrů pro obráběcí CNC stroj, jeho volbu a následné hledání optimálního umístění ve výrobním procesu a navazující uspořádání výrobních prostor tak, aby stroj splňoval bezpečnostní požadavky a zároveň nezatěžoval již stávající výrobu. Zmapováním stávající výroby jsem se jako autor bakalářské práce důkladně seznámil s výrobním procesem a zároveň jsem získal podklady pro budoucí rozhodování. Provedl jsem průzkum poptávky u potenciálních zákazníků, tedy možných zakázek pro firmu, které by byly vhodné pro daný stroj. Z těchto údajů bylo následně možné analyzovat jaké parametry by stroj měl nejlépe splňovat. Zároveň bylo nutné vést debatu se zástupci užšího vedení společnosti, aby určili další parametry, které bylo nutno vzít v potaz při hledání vhodného CNC stroje.

Byla zahájena příprava samotné realizace projektu zavedení CNC obráběcího stroje, byl vybrán vhodný stroj a nalezeno pro něj vhodné umístění. Byly postupně provedeny všechny potřebné stavební či personální změny.

Zcela nečekaně byla další realizace tohoto projektu dočasně ukončena z důvodu náhlého zhoršení finanční situace firmy, která byla způsobena nezaplacením velké zakázky jedním ze zahraničních zákazníků. Nejednalo se dočasnou platební neschopnost obchodního partnera, ale jeho úplný úpadek, který s největší pravděpodobností skončí zánikem daného subjektu. Zcela jistě dojde k podstatné a nevratné finanční ztrátě. Vedení firmy postupovalo velmi opatrně a začalo se připravovat na možnou komplikovanou situaci, která bohužel skutečně nastala. Firma vyhodnotila, že bude nejen potřeba zavést řadu ochranných opatření, ale také je začala neprodleně realizovat. Bohužel opatření spočívala také ve zrušení několika poměrně významných projektů, a to včetně dokončení realizace zavedení CNC obráběcího stroje. Díky těmto opatřením firma překonala těžké období bez dalších větších následků, dokázala se stabilizovat a minimalizovat další navazující

ztráty. V okamžiku dílčí stabilizace i v oblasti přípravy dalšího rozvoje firmy byly zahájeny práce na revizích připravených projektů a jejich postupném obnovování a inovování. Vznikla tedy situace, kdy firma se opět cítila silnou. Vedení firmy mělo zájem rychle pokračovat v projektu zavedení CNC stroje, protože bylo přesvědčeno, že je to cesta správným směrem. V této fázi projektu nastala další komplikace, v regionu se začala měnit situace na trhu práce. Ačkoli ve společnosti byla po mnoha letech velmi oceňována technická práce, byl vyzdvihován význam a důležitost strojírenství, začal vzrůstat zájem o technické obory, nastala situace, kdy nabídka volných míst silně převažuje nad poptávkou po nich. Firmy bojují o potenciální zaměstnance a snaží se svými nabídkami přimět zaměstnance jiných firem k přechodu do nového zaměstnání. Problémem pro firmu, který bránil kompletní zavedení projektu do praxe, překvapivě nebyl nedostatek finančních prostředků po překonané krizové situaci, ale zcela nové překážky, které spočívají v chronickém nedostatku nových zaměstnanců, kteří by byli schopni a ochotni vykonávat činnost spojenou se zavedením a provozem CNC obráběcího stroje. Firma se soustředí na udržení vysokého tempa stávající výroby, které nemůže ohrozit novým projektem. Projektem, pro který nejsou na trhu práce vhodné podmínky. Konkurence velkých firem navázaných na automobilový průmysl je v tomto směru značně svazující. Firma se opakovaně snažila vyhodnocovat situaci, překonat nepříznivé období pro další rozvoj firmy, ale výsledkem bylo, že příprava byla zcela dokončena, ale uvedení celého projektu do stádia provozu bylo odloženo. Ač by se mohlo zdát, že tato situace je neúspěchem, není tomu tak. Firma si důkladně prověřila své možnosti, prozkoumala své aktuálně slabé i silné stránky, složité období ji v podstatě posílilo a připomenulo, že vždy je nutné mít připravena další variantní řešení.

Přínos této práce se již projevil v reálném provozu firmy a také ve zvýšení stupně připravenosti firmy na další rozšíření výroby. Bylo provedeno přeskupení výrobních prostor a míst, tedy využita a zrealizována část přípravy na nový rozvoj. Díky tomu byl vytvořen mezisklad pro díly určené k obrábění a již obrobené díly. Tento mezisklad je spolu s místem pro budoucí umístění CNC stroje dočasně využit jako sklad materiálu pro řezání laserem a také jako prostor pro dokončovací operace velkých svařenců. Dále tato práce přiměla firmu se více zamyslet nad potenciálem jednotlivých pracovišť a nad fungováním výroby jako celku. Zastavit se, ohlédnout zpět, opustit denní rutinu a s určitým nadhledem vypracovat vizi pro další rozvoj, zvolit vhodné zdroje a také vytypovat možné a bezpečné investice nejen do zlepšení stávajících technologií, ale také do technologií zcela nových, které pomohou firmě zůstat stále konkurenceschopnou. Za důležitý moment je možné označit skutečnost, že firma si plně uvědomila, že musí být schopna udržet konkurenceschopnost, a aby toho dosáhla musí se postupně přeorientovávat na již přicházející průmysl 4.0.

## Použitá literatura

- [1] BOLEDOVIČ, Ľudovít. Zlepšování procesů. IPA Czech [online]. 2007 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/zlepšovani-procesu>
- [2] MÁDL, Jan a kol, Technologie obrábění 3. díl. 2. přepracované vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. Kapitola: Metody obrábění, s. 3 - 6 s. ISBN 978-80-01-03752-2.
- [3] MÁDL, Jan a kol, Technologie obrábění 3. díl. 2. přepracované vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. Kapitola: Metody obrábění, s. 7 - 10 s. ISBN 978-80-01-03752-2.
- [4] MÁDL, Jan a kol, Technologie obrábění 3. díl. 2. přepracované vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. Kapitola: Metody obrábění, s. 8 s. ISBN 978-80-01-03752-2.
- [5] MÁDL, Jan a kol, Technologie obrábění 3. díl. 2. přepracované vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. Kapitola: Metody obrábění, s. 71 - 73 s. ISBN 978-80-01-03752-2.
- [6] MÁDL, Jan a kol, Technologie obrábění 2. díl. 2. přepracované vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. Kapitola: Metody obrábění, s. 37 - 70 s. ISBN 978-80-01-03752-2.
- [7] LIKER, J.K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2007, s. 55-56. Knihovna světového managementu. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [8] LIKER, J.K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2007, 392 s. Knihovna světového managementu. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [9] Průmyslové inženýrství: Metoda 5S [online]. [cit. 2017-03-04]. Dostupné z [http://www.kvs.tul.cz/getFile/id:14465/PI\\_5S.pdf](http://www.kvs.tul.cz/getFile/id:14465/PI_5S.pdf)

- [10] **File:5SToolsdrawer.jpg**:[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:5S\\_Tools\\_drawer.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:5S_Tools_drawer.jpg) [online]. [cit. 2017-03-04].
- [11] Průmyslové inženýrství: Řízení výroby na základě úzkého místa [online]. [cit. 2017-03-04]. Dostupné z [http://www.kvs.tul.cz/getFile/id:14463/PI\\_UM.pdf](http://www.kvs.tul.cz/getFile/id:14463/PI_UM.pdf)
- [12] KRIŠŤAK, Jozef. TOC. IPA Czech [online]. 2012 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/toc>
- [13] Ergonomické uspořádání pracoviště [online]. [cit. 2017-03-04]. Dostupné z <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/ergonomicke-usporadani-pracoviste>
- [14] Ergonomické uspořádání pracoviště [online]. [cit. 2017-03-04]. Dostupné z <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/ergonomicke-usporadani-pracoviste>