

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Metody štihlé výroby v elektrotechnické firmě**

*Originál (kopie) zadání BP/DP*

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce byla vypracována ve společnosti BRUSH SEM s.r.o. ve spolupráci s oddělením trvalého zlepšování procesů. Práce je zaměřena na dva projekty, které byly řešeny oddělením trvalého zlepšování procesů. První projekt je zaměřen na řešení problému se špulkami na kabely, využívané pro montáž generátorů. Druhá část práce je zaměřena na tvorbu procesních toků a návrhů optimálního rozložení zařízení a pracovišť, která jsou do Plzeňské pobočky BRUSH přesouvána z Holandska.

### Klíčová slova

Budič, kaizen, výrobní procesy, procesní tok, optimalizace výroby, trvalé zlepšování procesů, návrh layoutu, přesun výroby, manipulační prostor

## **Abstract**

This master thesis was elaborated in BRUSH SEM s.r.o. in collaboration with the continuous process improvement department. The work is focused on two projects, which were solved by the department of continuous improvement. The first project is aimed at solving the problem of cable spools used for generators assembly. The second part of the thesis is focused on creating process flows and creating different variants of optimal distribution of facilities and workplaces that are moved from the Netherlands to the BRUSH in Pilsen.

### Key words

Exciter, kaizen, production processes, process flow, production optimization, continuous process improvement, layout designing, production transfer, handling space

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....  
podpis

V Plzni dne 21.5.2019

Pavel Štáhl

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Tomášovi Řeřichovi, Ph.D. za rady ohledně problematiky řešené v této diplomové práci a za ochotu pomoci s každým dotazem.

# Obsah

<b>OBSAH.....</b>	<b>7</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>1 POPIŠTE METODY A NÁSTROJE ŠTÍHLÉ VÝROBY .....</b>	<b>10</b>
1.1 KAIZEN.....	11
1.2 DMAIC.....	12
1.3 METODA 5S.....	13
1.4 LAYOUT PRACOVISTĚ .....	15
<b>2 ZMAPUJTE SOUČASNÝ STAV VÝROBNÍHO PROCESU V KONKRÉTNÍ ELEKTROTECHNICKÉ FIRMĚ.....</b>	<b>16</b>
2.1 ŠPULKY NA KABELY VYUŽÍVANÉ PŘI MONTÁŽI GENERÁTORŮ .....	17
2.2 PŘESUN VÝROBY .....	23
<b>3 APLIKUJTE VYBRANÉ METODIKY A NÁSTROJE NA KONKRÉTNÍM PROJEKTU .....</b>	<b>28</b>
3.1 ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ SPOJENÝCH S UMÍSTĚNÍM ŠPULEK NA KABELY .....	28
3.1.1 První návrh stojanu .....	28
3.1.2 Druhý návrh stojanu.....	30
3.1.3 Současný stav.....	32
3.1.4 Budoucí zlepšování.....	33
3.2 NÁVRHY KROKŮ NUTNÝCH PRO PŘESUN VÝROBY Z HOLANDSKA .....	36
3.2.1 První vhodný prostor pro stanoviště výroby budičů .....	44
3.2.2 Druhý vhodný prostor pro stanoviště výroby budičů.....	52
<b>4 ZHODNOŤTE OČEKÁVANÝ PŘÍNOS NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ.....</b>	<b>57</b>
4.1 VOZÍK NA ŠPULKY .....	57
4.1.1 Časová úspora.....	57
4.1.2 Finanční úspora.....	59
4.2 PŘESUN VÝROBY .....	61
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>64</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....</b>	<b>66</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>67</b>

## Úvod

Společnost BRUSH SEM s.r.o. je společnost sídlící v Plzni na Doudlevcích, kde se nacházejí dvě výrobní haly, jedna o rozloze 200x200 metrů a druhá o rozloze 36x78 metrů. Společnost je v současné době vlastněna skupinou Melrose plc, což je skupina zabývající se nákupem společností a jejich následným vylepšením.

Společnost BRUSH SEM s.r.o. je jeden z největších světových výrobců turbogenerátorů. Kromě samotné výroby turbogenerátorů se společnost zabývá také vývojem, poskytováním servisu pro turbogenerátory a výrobou a vývojem budících systémů. Tradice výroby generátorů zde začíná již v roce 1924 pod značkou ŠKODA, nyní je společnost již 18 let součástí skupiny BRUSH. Skupina BRUSH má několik mezinárodních poboček, kromě Plzeňské pobočky v České Republice jsou pobočky také ve Velké Británii, Nizozemsku a v Číně.

Plzeňská pobočka společnosti je rozdělena na různá oddělení, mezi které mimo jiné patří oddělení trvalého zlepšování procesů. Toto oddělení se zabývá například návrhem a tvorbou layoutů pracovišť, zlepšováním pracovního prostředí pro zaměstnance, zefektivňováním pracovních postupů, vylepšováním nebo návrhem nových zařízení, která budou přínosem ve výrobě, úpravou pracovišť pro lepší tok materiálu a mnoho dalších. Tato práce byla vypracována ve spolupráci s oddělením trvalého zlepšování procesů a zabývá se projekty řešenými tímto oddělením.

Práce je rozdělena do čtyř částí. V první části této práce je popsána metodika štihlé výroby, za kterou následuje výčet metod využívaných v této metodice. Následně jsou podrobněji rozebrány metody, které byly důležité pro práci na této diplomové práci.

Druhá část práce se zabývá popisem původního stavu dvou projektů řešených v kooperaci s oddělením trvalého zlepšování procesů. V této části práce jsou zmíněny problémy, které bylo nutné u každého projektu zanalyzovat a následně navrhnout vhodné řešení.



Ve třetí části práce jsou již pro oba projekty popsány návrhy a kroky k řešení problémů spojených s každým projektem. V této části práce jsou již znázorněny reálné návrhy a postupy, které byly užity pro dosažení co nejlepšího výsledku při řešení problémů spojených s projekty.

Čtvrtá část práce je věnována jak zhodnocení očekávaných přínosů navržených opatření, tak zhodnocení funkčnosti a vhodnosti všech návrhů vybraných pro splnění projektů. Pro první projekt je zde možno nalézt finanční a časové úspory, kterých bude dosaženo po implementaci zvolených návrhů, a pro druhý projekt je zde zhodnocení návrhů řešení z několika různých hledisek.

V závěru práce je uveden výčet řešených projektů a problému s nimi spojených a jsou zde zmíněna navržená řešení a postupy při řešení zadaných projektů.

# 1 Popište metody a nástroje štihlé výroby

Hlavní podstatou metodiky štihlé výroby je myšlenka, že veškeré činnosti společnosti, jejichž cílem není tvorba hodnoty, kterou je zákazník ochoten zaplatit, jsou brány jako plýtvání, které je třeba odstranit.

Jako plýtvání jsou brány procesy, které je třeba vykonat, ale nepřinášejí přidanou hodnotu pro zákazníka. Mezi tyto procesy můžeme zařadit například opravu nekvalitně provedené práce, zbytečně dlouhé časy pro dopravu materiálu v rámci výroby, skladování dílů pro navazující proces a další. Omezení tohoto plýtvání lze docílit eliminací sedmi druhů plýtvání:[1][2]

- 1) Zmetky
- 2) Nadprodukce
- 3) Transport
- 4) Čekání
- 5) Nadbytečné zásoby
- 6) Zbytečné pohyby
- 7) Přeprocessování

Princip metodiky štihlé výroby spočívá také v pružné výrobě. To znamená výrobu, která pružně reaguje na požadavky zákazníka a využívá plánovací princip „pull“. Plánovací princip pull, neboli tah, znamená, že zakázky se upravují podle přání zákazníka tak, aby co nejpřesněji vyhovovaly jeho požadavkům. Díky tomu jsou pracovníci odpovědní za zajištění požadavků pro další výrobní stupně, protože výstup jejich pracoviště se stává vstupem pracoviště dalšího, pro které musí být všechny požadavky splněny. Tím dochází k eliminaci mezioperačních zásob a ke zkrácení průběžné doby výroby. [1]

Součástí štihlé výroby je také snaha o nepřetržitou optimalizaci procesů a neustálého zlepšování. Štihlá výroba je zaměřena jak na zlepšování procesů, tak na optimalizaci výrobních pracovišť, linek a výrobních pracovníků. Pro neustálé

zlepšování a optimalizaci se využívá mnoho nástrojů, principů a metod, mezi které patří například [1][3]:

- Poka-Yoke
- Kaizen
- Kanban
- 5s
- Six sigma
- SMED
- PDCA
- 5x PROČ
- DMAIC
- Regulační diagramy
- Paretovy diagramy
- MRP
- Just in Time. [1][4]

## 1.1 Kaizen

Japonské slovo kaizen znamená v překladu zdokonalení a to jak na pracovišti, tak i v osobním životě nebo společenském životě. Kaizen na pracovišti znamená neustále zdokonalování a zlepšování všech částí společnosti a to jak na úrovni zaměstnanců, tak na úrovni manažerů. [5]

Filozofie kaizen znamená neustálé zlepšování. Neustálé zlepšování probíhá kontinuálně a ne jednotlivými velkými skoky, jednou z výhod tohoto přístupu je to, že malá a snadno realizovatelná řešení nevyžadují vysoké investice. Myšlenkou kaizen je, že veškeré procesy a postupy mohou být zlepšeny, díky filozofii kaizen jsou i ta nejmenší zlepšení výroby vítána, protože díky sérii více malých zlepšení může dojít k velkému zvýšení efektivity práce, zvýšení bezpečnosti nebo zlepšení kvality výrobků. [5][6]

Pro co nejlepší fungování kaizen je zapotřebí, aby každý ze zaměstnanců cítil součinnost s podnikem a zažil si filozofii kaizen jako styl myšlení. Díky pocitu

součinnosti s podnikem a systému odměňování nápadů na zlepšení jsou zaměstnanci motivováni k navrhování vlastních nápadů na zlepšení. [5]

Důležitou součástí kaizen je zapojení všech zaměstnanců podniku. Každý ze zaměstnanců může podat návrh na zlepšení některé části výroby a tento návrh je třeba vzít v potaz a zanalyzovat jeho přínos a proveditelnost. Návrhy na zlepšení od zaměstnanců mohou být ta nejvíce přínosná, protože právě zaměstnanec pracující na určité části výroby je ten, který dokáže nejlépe poznat, čím by bylo možno práci zjednodušit nebo zrychlit. Díky neustálým návrhům na zlepšení tak dochází k neustálému zlepšování výroby a tím ke zlepšování celého podniku. [5][6]

## 1.2 DMAIC

Metoda DMAIC je součástí metody Six Sigma. Tato metoda se vyvinula z metody PDCA, díky stále se zvyšujícím požadavkům na zvyšování kvality, zlepšování bezpečnosti nebo ochraně životního prostředí. Metoda DMAIC může být použita v mnoha různých oborech, kde je zapotřebí zlepšit stávající proces, mezi tyto obory patří mimo jiné například [4][7] [8]:

- Marketing
- Management
- Logistika
- Výroba
- Řízení jakosti

Název metody DMAIC vychází z pěti kroků, ze kterých je metoda složena. Pro co nejlepší aplikaci metody v praxi je zapotřebí tyto kroky dodržovat a věnovat každému dostatečnou pozornost.

### **Define (Definovat)**

V tomto bodě metodiky je zapotřebí si přesně definovat základní informace. V této fázi je zapotřebí určit pracovníky, pracující na projektu, určit cíle projektu, získat informace o projektu. Pracuje se zde také na popisu procesu, který je zlepšován,

je zapotřebí určit vstupy a výstupy procesu, kde proces začíná a končí. Nakonec je třeba určit činnosti, které je třeba provést pro odstranění problému. [4][7]

### **Measure (Měřit)**

V tomto kroku je třeba určit si měřitelné jednotky, podle kterých hodnotíme proces, jeho výsledky a podle kterých budeme hodnotit výstupy projektu. Po určení jednotek, které je třeba sledovat, začneme sbírat informace o současném stavu těchto hodnot. [4][7]

### **Analyze (Analyzovat)**

Po zjištění hodnot v předchozím kroku metodiky je zapotřebí tyto hodnoty analyzovat. V tomto bodě metodiky zjišťujeme a určujeme hlavní příčiny problémů nebo nedostatků v procesu na základě naměřených hodnot. [4][7]

### **Improve (Zlepšit)**

Nejdůležitější část metodiky. Zde navrhujeme nápady na odstranění zjištěných problémů a příčin vzniku těchto problémů. Po navržení řešení tyto návrhy testujeme a následně vyhodnocujeme. Po otestování a odsouhlasení návrhů připravujeme realizační plán a řešení realizujeme. [4][7]

### **Control (Řídit)**

Pokud došlo k odstranění problému nebo jeho zlepšení, je zapotřebí tyto změny standardizovat a snažit se tak trvale udržet stav po zlepšení. Zároveň je třeba kontrolovat, zdali jsou změny dodržovány a také zjistit, jak velké změny řešení přineslo. [4][7]

## **1.3 Metoda 5S**

Princip metody 5S spočívá ve vytvoření čistého, bezpečného a přehledného pracoviště. Díky této metodě vznikne přehledné pracoviště, kde je pouze potřebné nářadí přehledně utříděno a díky tomu nedochází například ke ztrátě času při hledání nářadí. Díky využití této metody se zvyšuje efektivita práce, protože například při střídání směn najde každý technik, který přichází na směnu, všechno nářadí na stejném

místě jako každý den. Využitím této metody získáme časovou úsporu, vytvoříme příjemnější pracovní prostředí, zlepšíme bezpečnost práce a zvýšíme produktivitu práce.[4][9] [10]

Název metody 5S vychází z názvu pěti kroků, ze kterých se metoda skládá. Každý z kroků začíná jak v japonštině, tak v angličtině na písmeno S.

### **Sort (Třídít)**

V tomto kroku dochází k odstranění veškerých nástrojů, zařízení, náradí, náhradních dílů, materiálu a tak dále, které jsou na pracovišti nepotřebné. Pokud vznikne pochybnost, zdali je některá z věcí potřebná nebo nepotřebná, lze využít červený štítek a vyčkávací prostor. Potenciálně nepotřebnou věc označíme červeným štítkem a přesuneme do vyčkávacího prostoru, pokud uplyne týden, aniž bychom označenou věc potřebovali, můžeme věc z pracoviště odstranit. [4][9][10]

### **Set in order (Nastavit pořádek)**

Po vytřídění nezbytných věcí, které zůstanou na pracovišti, je zapotřebí každé věci přidělit místo, kde bude uložena. Samotnou věc označíme štítkem a stejně tak označíme i vybraný prostor pro uložení věci. Díky těmto označením bude pak snadné hledanou věc najít a následně ji opět uložit na původní místo. [4][9] [10]

### **Shine (Lesknout se)**

V tomto kroku dochází k uklizení pracoviště, zametení podlahy, utření skvrn, očištění náradí. Cílem tohoto kroku je, aby vše ve firmě bylo čisté. Díky tomu se zlepší bezpečnost práce, zařízení jsou neustále připravena k použití, zvýší se kvalita práce. Úklid pracoviště by měl být prováděn každý den ve vyčleněném čase. [4][9] [10]

### **Standardize (Standardizovat)**

Tento krok slouží pro zachování prvních tří kroků. Je zapotřebí zavést standard, který bude dodržován. Všechny kroky prováděné v předchozích třech krocích by měly být prováděny každý den. Díky tomu bude dosaženo čistého a bezpečného pracovního prostředí. [4][9] [10]

### **Sustain (Zachovat)**

Pro udržení čistého a bezpečného podniku je zapotřebí, aby každý všechny předchozí kroky dodržoval a zvykl si je běžně plnit. Jedině pravidelným udržováním a zaváděním předchozích kroků je metoda 5S skutečným přínosem. [4][9] [10]

## **1.4 Layout pracoviště**

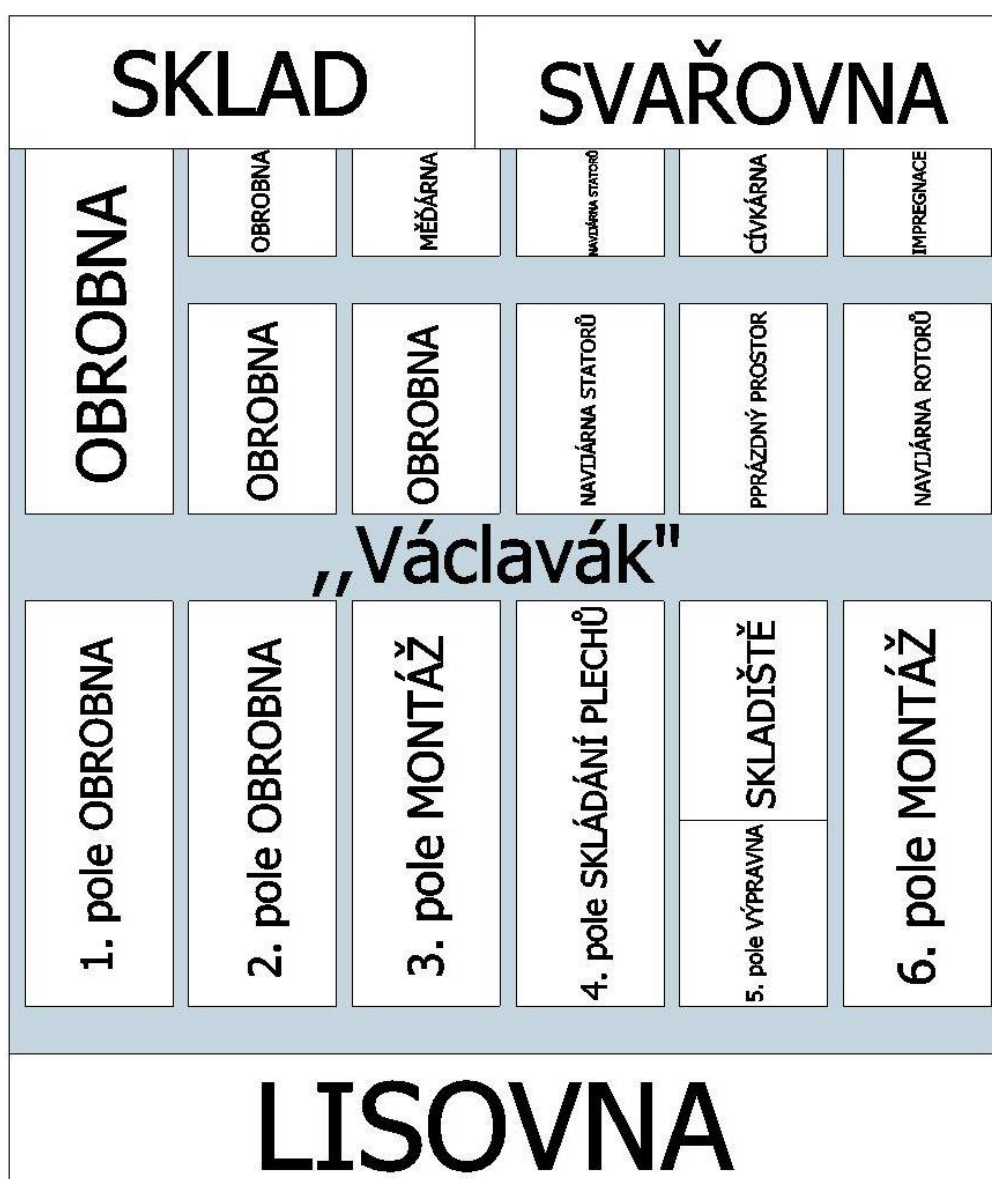
Slovo layout lze přibližně vysvětlit jako prostorové uspořádání. Může se jednat o prostorové uspořádání jednoho pracoviště, jedné části výroby nebo o prostorové rozvržení celé výrobní haly. Layoutem může být myšleno jakékoliv rozvržení prostoru, může to být tedy rozvržení jednotlivých zařízení na pracovišti, průchozích cest mezi pracovišti, pracovních stolů, odpadních košů, skříní na nářadí a mnoho dalších věcí nacházejících se ve výrobním prostoru. [11]

Správné prostorové uspořádání pracoviště zvyšuje efektivitu práce, snižuje čas potřebný k výrobě, snižuje pohybovou zátěž na zaměstnance, zajišťuje efektivní využití výrobních prostor.

Pro vytvoření optimálního layoutu pracoviště nebo výrobního procesu je zapotřebí důsledně zanalyzovat materiálový tok. Na základě materiálového toku lze určit postupnost jednotlivých pracovních úkonů, díky čemuž je možno navrhnout optimální rozmístění pracovišť a zařízení.

## 2 Zmapujte současný stav výrobního procesu v konkrétní elektrotechnické firmě

Společnost BRUSH SEM je situována ve dvou výrobních halách. Hlavní výrobní hala se říká „Gigant“. Tato hala je rozdělena na šest polí, tedy na šest různých výrobních úseků (Obr. 2.1, Příloha č.1). Každé pole je ohraničeno uličkou pro pěší nebo pro vozík s materiálem jezdící po hale. Středem haly vede hlavní ulice, která rozděluje jednotlivá pole na dvě části a z této ulice jsou přístupné všechny části výroby. Tato hlavní ulice je přezdívána „Václavák“.



Obr. 2.1 Mapa výrobní haly zvané „Gigant“



V této kapitole jsou zmapovány dva projekty, které jsou v rámci diplomové práce řešeny.

Prvním z nich jsou špulky na kabely. Jsou zde vypsány problémy spojené s umístěním a přepravou špulek v jejich současném stavu a umístění.

Druhým projektem je přesun výroby z Holandska do plzeňské pobočky společnosti. Pro tento projekt jsou zde zmíněny potřebné kroky, kterým je třeba se věnovat pro úspěšný přesun veškerých zařízení a bezproblémového zahájení výroby.

## 2.1 Špulky na kabely využívané při montáži generátorů

Kabel dodávaný na špulkách se využívá ve třetím poli výroby, neboli v části výroby nazvané „Montáž“, konkrétně v části výroby, kde je již celý generátor složen a zapojují se již pouze kabelová vedení. Těmito kabely jsou zde připojována topná tělesa nacházející se pod statorem, která zabraňují srážení vody uvnitř generátoru, dále jsou těmito kabely zapojovány například teploměry nebo senzory pro měření průsaku vody do generátoru. Všechna tato zařízení jsou nakonec kabely propojeny na svorkové skříně nacházející se zvenčí generátoru.

Ve třetím poli byly špulky umístěny na paletě ležící na zemi. S tímto umístěním bylo spojeno několik problémů, například špatná manipulace se špulkami nebo jejich transport ze skladu k cílové části výroby.

Původně byla špulka na kabely umístěna na paletě, která ležela na podlaze (*Obr. 2.1.1*).



Obr. 2.1.1 Původní umístění špulek na paletě

S tímto umístěním bylo ovšem spojeno mnoho problémů.

- 1) Nemožnost otáčení špulky
- 2) Obtížná manipulace se špulkou
- 3) Velikost a nevzhlednost palety
- 4) Doprava špulek do požadované části výroby
- 5) Časové prostoje při spotřebování kabelu na špulce

**Nemožnost otáčení špulky:**

Největším problémem byla nemožnost se špulkou otáčet nebo s ní jakkoliv jinak snadno manipulovat, špulka byla postavena na výšku na paletě a dále s ní nebylo možno při odvíjení manipulovat, kabel ze špulky byl tedy odvíjen obtáčením kabelu včetně již odmotané části kabelu kolem špulky. Toto uspořádání a odvíjení bylo pro obsluhu jak velmi nepohodlné, tak také velmi zdlouhavé.

### **Obtížná manipulace se špulkou:**

Druhým problémem byla obtížnost manipulace se špulkou. Špulky mohou vážit i přes 500 kilogramů a manipulace s nimi tedy není snadná. Byly dvě varianty jak se špulkami manipulovat. První z nich bylo použití paletového vozíku a následné převezení celé palety včetně špupek. Toto řešení nebylo ovšem vhodné ze 3 důvodů.

Prvním z nich byl ten, že pracoviště, na kterém jsou špulky umístěny, není vybaveno paletovým vozíkem a ani by zde využití paletového vozíku nebylo vhodné. Vzhledem k většímu množství zařízení na pracovišti a okolo a přesun celé palety by tedy byl velmi problémový, protože paleta by se do úzkých uliček nevešla.

Druhým důvodem nevhodnosti využití paletového vozíku byl fakt, že špulky při převozu nebyly dostatečně stabilní a mohly se při neopatrné manipulaci převrátit. Při jejich poměrně vysoké váze by převrácená špulka mohla snadno způsobit zranění jak obsluze paletového vozíku, tak jiném pracovníkovi, který by se nacházel poblíž převrácené špulky. Toto bezpečnostní riziko bylo dozorem nad bezpečností vyhodnoceno jako příliš vysoké a přesun palety se špulkami pomocí paletového vozíku byl zakázán.

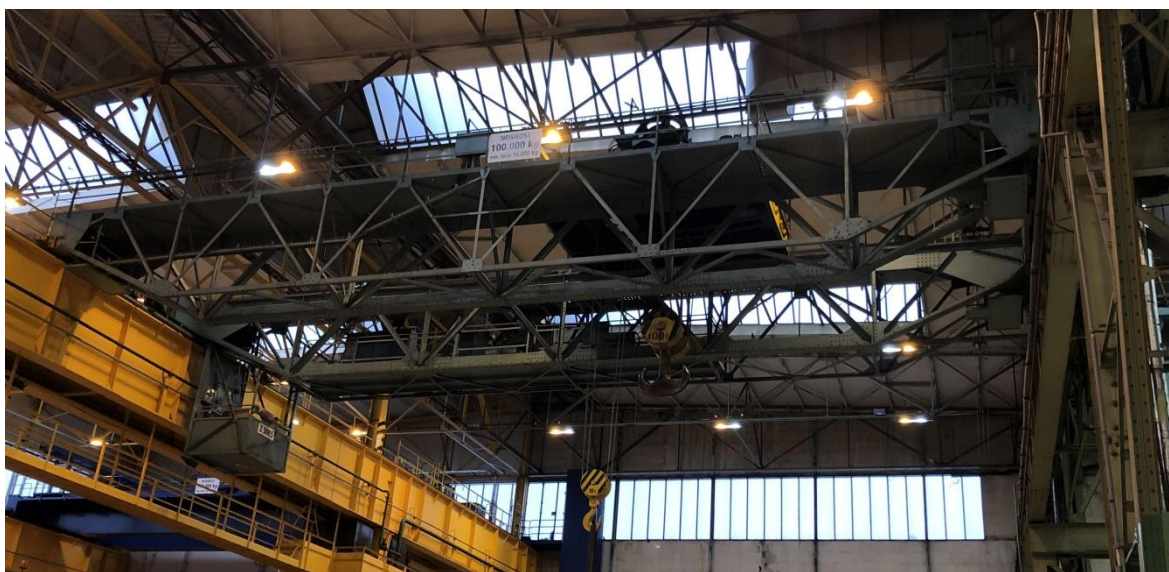
Třetím problémem použití paletového vozíku byl fakt, že sice řešil problém s přesunem špupek, nicméně stále zde byl problém s odvíjením kabelu ze špulky.

Druhou možností jak manipulovat se špulkami bylo využití jeřábu. Tato varianta byla doposud využívána jako jediná možná. Na hale jsou instalovány dva typy jeřábů. První z nich jsou malé jeřáby umístěné na sloupech na okrajích jednotlivých výrobních polí (*Obr. 2.1.2*), tyto jeřáby ovšem nemají dostatečný dosah, aby mohly špulky přesouvat po celém pracovišti na místo, kde je jich ve výrobě potřeba. Pro manipulaci se špulkami tedy musely být využívány velké kolejové jeřáby umístěné pod stropem haly, které jsou schopné se přesouvat po celé délce výrobní haly (*Obr. 2.1.3*). Využití těchto jeřábů pro přenos špupek bylo ovšem velmi nevhodné. Tyto jeřáby jsou schopny unést přes 100 tun váhy a jsou určeny pro přesuny samotných generátorů nebo jejich těžkých částí, využití těchto jeřábů pro přenos špupek bylo tedy bráno jako plýtvání, nicméně byla to jediná možná varianta jak se špulkami manipulovat. Další nevýhodou využití jeřábu bylo obtížné bezpečné zavěšení špulky na jeřáb. Stejně jako u

předchozího řešení zde ovšem zůstal nevyřešený problém s odvíjením kabelu ze špulky.



Obr. 2.1.2 Malý sloupový jeřáb



Obr. 2.1.3 Velký kolejový jeřáb

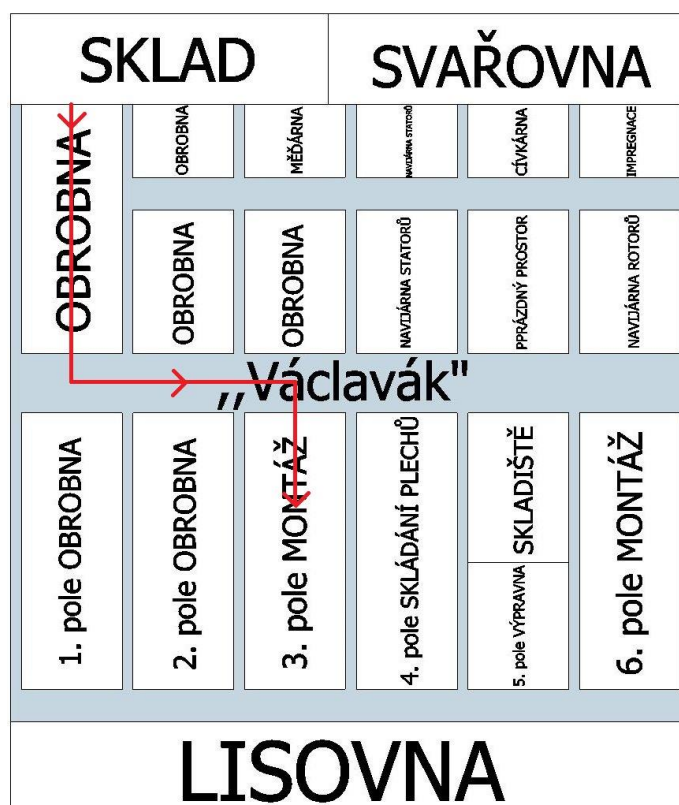
### **Velikost a nevzhlednost palety:**

Třetím problémem byla velikost a nevzhlednost palety. Pracoviště, u kterého byla paleta se špulkami umístěna, má omezené prostory a je zde zapotřebí mnoho zařízení. Prostor pro paletu tedy nebyl dostatečný a paleta vždy zasahovala do prostor vyznačených jako pěší zóny. Vznikalo zde tedy riziko, že při nepozornosti může o paletu kdokoliv zakopnout a způsobit si úraz. Pracoviště, u kterého byla paleta se

špulkami umístěna, se zároveň nachází u hlavního průchozího úseku, který vede prostředkem haly, a ze kterého je možno se dostat do všech polí a do všech částí výroby. Je to tedy úsek, po kterém je prováděna každá návštěva výroby, ať už se jedná o kontrolu, dodavatele, exkurzi nebo dokonce zákazníka. Z tohoto důvodu byla nevhledná paleta ležící na zemi a zasahující do prostoru pro chození vyhodnocena jako velmi nežádoucí.

### Doprava špulek do požadované části výroby:

Čtvrtým velkým problémem byla i samotná doprava špulek do požadované části výroby, tedy do třetího pole. Špulky jsou uskladněny ve skladu, který se nachází ve vzdálené části haly na okraji prvního pole (*Obr. 2.1.4*).



Obr. 2.1.4 Schéma dopravy nové špulky ze skladu do třetího pole

Doprava špulek ze skladu na požadované místo tedy probíhala velmi složitým a zdoluhavým způsobem. Špulka byla nejprve ve skladu malým jeřábem přemístěna na místo, odkud mohla být přivázána na velký jeřáb (*Obr. 2.1.3*). Velkým jeřábem byla přemístěna do středu haly, kde vedou koleje pro kolejové vozíky (*Obr. 2.1.5*), kterými se přepravuje náklad mezi jednotlivými částmi výroby, a naložena na jeden z vozíků.

Tímto vozíkem byla špulka přemístěna do středu třetího pole, odkud musela být opět velkým jeřábem umístěným ve třetím poli přesunuta na požadované místo. Tento způsob doručování špulek do třetího pole byl velice zdlouhavý a vyžadoval využití dvou jeřábníků a obsluhy kolejového vozíku.



Obr. 2.1.5 Kolejové vozíky pro přepravu nákladu mezi poli

### **Časové prostoje při spotřebování kabelu na špulce:**



Posledním velkým problémem byly i časové prostoje ve chvílích, kdy kabel na špulce došel. V takové chvíli bylo třeba vyhledat obsluhu jeřábu a požádat ji o naložení špulky na kolejový vozík, stejným způsobem bylo potřeba požádat i obsluhu kolejového vozíku o pomoc a zároveň bylo potřeba i obsluhy jeřábu v prvním poli, u kterého je umístěn sklad, pro přesun nové špulky na kolejový vozík a prázdné špulky zpět do skladu. Jak obsluhy jeřábů, tak obsluha kolejového vozíku má obvykle přesné plány, kdy má některé díly nebo generátory doručit na určité místo, jestliže bylo potřeba nové špulky ve chvíli, kdy některá z potřebných obsluh byla zaměstnána, mohlo se dovezení nové špulky protáhnout i na hodiny.

## 2.2 Přesun výroby

Po ukončení výroby v pobočkách společnosti BRUSH ve Velké Británii a v Holandsku, bude část výroby, která doposud byla právě v těchto zemích, přesunuta do stávající pobočky v Plzni. Do plzeňských výrobních prostor bude přesunuta konkrétně výroba čtyřpólových budičů, která doposud probíhala v Holandsku.

Do Holandska byly vyslány týmy zaměstnanců, kteří měli za úkol zmapovat výrobu a naučit se pracovní postupy každé části výroby čtyřpólových budičů. Zatímco pracovníci jednotlivých částí výroby měli za úkol naučit se důkladně pouze ty pracovní postupy, na kterých budou po přesunu výroby do Plzně sami pracovat, tým ze stanoviště trvalého zlepšování procesů měl za úkol zmapovat výrobní procesy a procesní tok (process flow) všech částí výroby, tedy sepsat procesní tok každé části výroby všech nezbytných částí potřebných pro sestavení čtyřpólového budiče. Dalším úkolem týmu z trvalého zlepšování procesů bylo vytipovat stroje a zařízení, která jsou nezbytná pro výrobu čtyřpólových budičů, a která budou následně přesunuta do Plzně. Společně s vytipováním těchto zařízení bylo také nutné zjistit rozměry jednotlivých zařízení, jaké nástroje a části jsou pro zařízení nezbytná a jak velký je nezbytný manipulační prostor okolo zařízení pro zaměstnance pracujícího se zařízením.

Po návratu týmu trvalého zlepšování procesů byly tímto týmem vytvořeny tabulky pro každou větší část výrobního procesu, ve kterých bylo možno nalézt veškerá zařízení a pomůcky vytipovaná pro převoz do České Republiky. V tabulce bylo možno nalézt název procesu, ke kterému bylo zařízení potřeba, název zařízení, označení funkce zařízení nebo nástroje, počet kusů, rozměry, fotku zařízení a pokud je zapotřebí, byla zde uvedena velikost potřebného napájecího zdroje (*Obr. 2.2.1*).

Item	Process	TITLE	NÁZEV	pcs / ks	Dimension	Energy supply	Picture
1	WINDING POLES	WINDING MACHINE FOR POLES	NAVÍJEČKA PÓLŮ	1	1500X1500X1400	400V / 32A	
1.1	WINDING POLES	DECOILER - WINDING MACHINE FOR POLES	ODVÍJÁK	1	1500X1000X1800	-	
1.2	WINDING POLES	JIG / TEMPLATE FOR COILS DG185	ŠABLONA PRO NAVÍJENÍ DG 185	1	cca 400x200x200	-	 
1.3	WINDING POLES	JIG / TEMPLATE FOR COILS DG185	ŠABLONA PRO NAVÍJENÍ DG 215	1	cca 400x200x200	-	

Obr. 2.2.1 Část tabulky se zařízeními vytipovanými pro dovoz z Holandska

Dalším výstupem týmu trvalého zlepšování procesů bylo vytvoření přehledných procesních toků všech jednotlivých částí výroby budičů (Obr. 2.2.2) a to jak čtyřpólových, k jejichž tvorbě byla získána data v Holandsku, tak dvoupólových, jejichž výroba byla do Plzně přesunuta z Velké Británie již dříve. V těchto vypracovaných procesních tocích bylo možno nalézt název části výroby a označení, kterého typu pólů se daný procesní tok týká.

Pro vytvoření diagramu procesního toku je zapotřebí zejména velmi důkladné pozorování všech úkonů potřebných pro dokončení dané části výroby. Je potřeba zjistit veškeré potřebné vstupy samotného procesu a ty poznamenat na začátek diagramu procesního toku. Hlavní částí diagramu jsou jednotlivé kroky pro dokončení dané části výroby. V procesu je potřeba vyzorovat každý krok nutný pro dokončení výroby a ten zaznamenat do diagramu. Kroky jsou do diagramu zaznamenávány v přesném pořadí tak, jak je třeba, aby byly postupně prováděny. Jednotlivé kroky jsou v diagramu propojeny spojnicemi, které naznačují směr postupu a návaznost jednotlivých kroků.

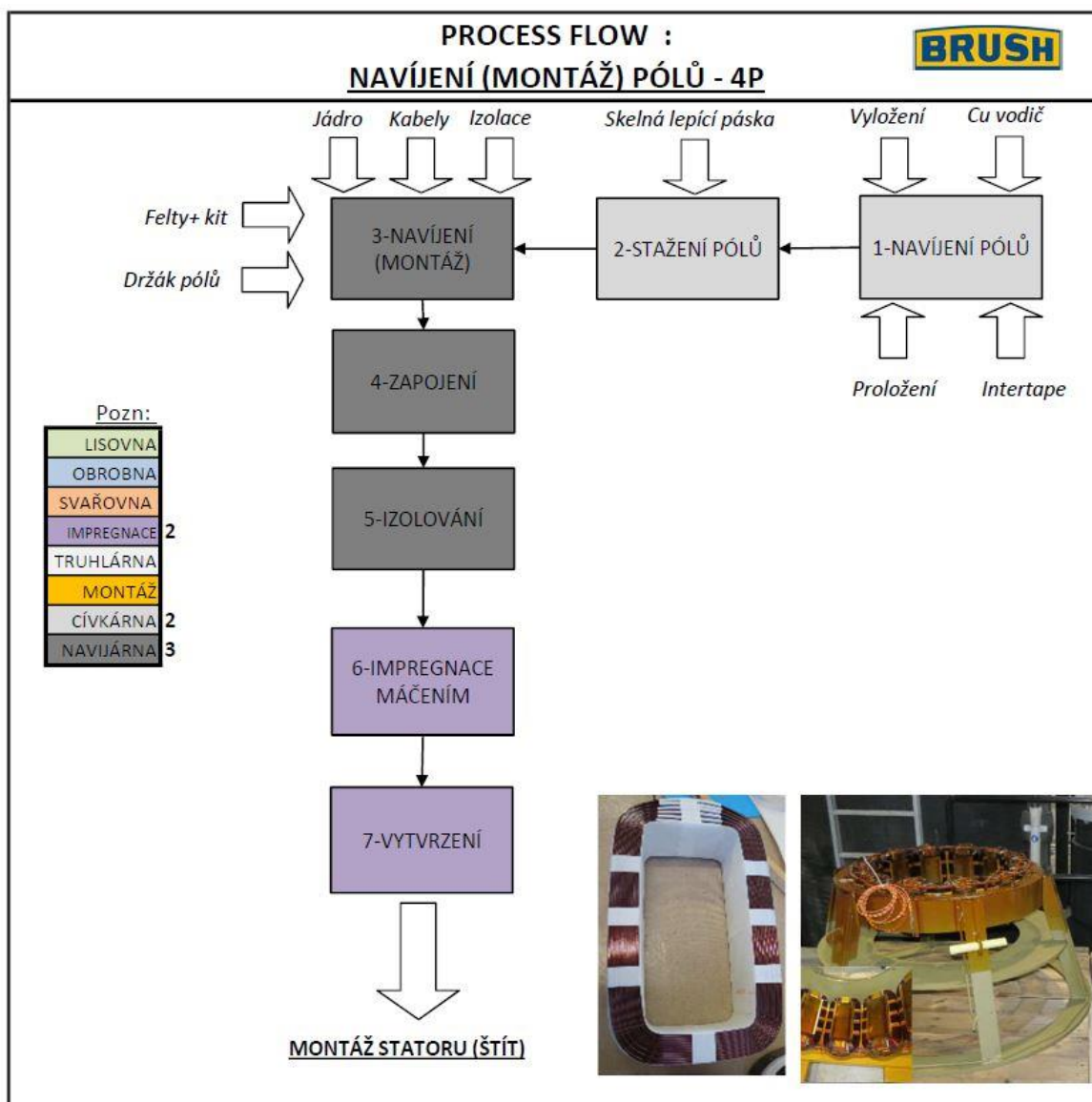


Na začátku samotného grafického znázornění procesního toku jsou vždy vidět vstupy, tedy materiál nebo již předchozí části výroby, které jsou pro sledovaný procesní tok nutné. Mezi tyto vstupy může patřit například měděný vodič, lepicí páska nebo vypálené plechy získané již v předešlých krocích výroby.

Další část grafického zobrazení zobrazuje samotný procesní tok, tedy buňky znázorňující jednotlivé kroky v daném procesním toku, tyto buňky jsou pospojované šipkami znázorňujícími postupnost a návaznost jednotlivých buněk neboli procesů.

Na konci samotného procesního toku lze vidět výstup nebo proces, který následuje po dokončení všech kroků zkoumaného procesního toku, zároveň je zde přiložena fotografie, jak by měl vypadat výsledek po dokončení všech kroků.

Všechny buňky jsou také barevně označeny, k těmto barvám je vždy přiložena tabulka, ve které je uvedeno, co která barva znamená. Barevné rozdělení slouží pro označení části výroby, kde je daný krok prováděn. U tabulky je zároveň vždy u každé části výroby využité v procesním toku počet kroků, které jsou v dané části prováděny. Tyto barvy slouží pro snazší porovnání, kde je prováděna většina kroků v porovnání s ostatními procesními toky a pomáhá při sjednocování výroby a přesunu výroby budičů na nejvhodnější místo.



Obr. 2.2.2 Grafické zobrazení procesního toku pro část výroby čtyřpólového budiče

Hlavními úkoly týmu z oddělení trvalého zlepšování procesů na základě pozorování provedeného v Holandsku pro přesun výroby do Plzeňské pobočky společnosti BRUSH bylo:

### Sjednocení výrobních procesů pro výrobu dvoupólových a čtyřpólových budičů:

Prvním úkolem bylo sjednocení výrobních procesů, tedy důkladné porovnání částí výroby dvoupólových a čtyřpólových budičů, nalezení procesů, které jsou pro oba typy budičů shodné a následné vyhodnocení, zdali je možné jednotlivé shodné části budičů vyrábět na jednom zařízení jak pro dvoupólové, tak pro čtyřpólové budiče. Tímto krokem mělo dojít ke sjednocení výroby, usnadnění výroby pro zaměstnance

zmenšením potřebného množství zařízení pro výrobu obou typů budičů a tedy i zmenšení potřebného prostoru pro umístění všech nezbytných zařízení.

**Navržení optimálního uspořádání pracovišť a jejich umístění ve výrobní hale:**

Druhým úkolem bylo navržení uspořádání pracovišť a výběr umístění pracoviště výroby budičů na vhodném místě. Zaprvé bylo tedy zapotřebí rozvrhnout pracoviště pro výrobu každé části budiče. Bylo třeba vzít v úvahu jak každé zařízení, nástroj, odkládací stůl nebo stoličku, které bude na daném pracovišti zapotřebí, tak i manipulační prostor kolem pracoviště, který je nezbytný pro zaměstnance. Po dokončení návrhu jednotlivých pracovišť bylo možno odhadnout přibližné potřebné rozměry prostoru, na který bude výroba budičů nově umístěna. Bylo třeba vybrat dostatečně velký prostor, aby na něj bylo možno umístit veškerá pracoviště a nezbytné části výroby budičů a došlo tak k vytvoření jednoho velkého pracoviště pro výrobu budičů.

### 3 Aplikujte vybrané metodiky a nástroje na konkrétním projektu

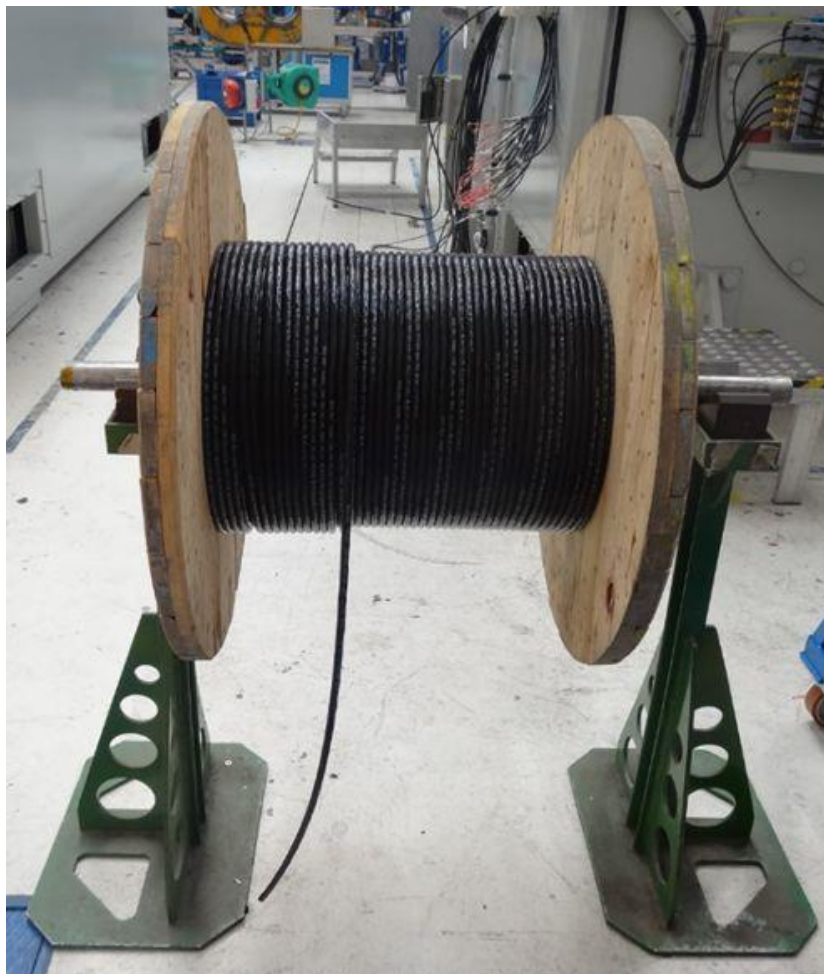
#### 3.1 Řešení problémů spojených s umístěním špulky na kabely

Pro problém se špulkami na kabely byly určeny dva prioritní cíle.

- 1) Usnadnění odvíjení kabelu ze špulky.
- 2) Zajištění lepšího uložení špulky než stávající uložení na paletě na zemi.

##### 3.1.1 První návrh stojanu

První řešení bylo zaměřeno především na splnění prioritních cílů. Navržený pevný odvíječ na špulky tyto cíle splnil výborně. Základem řešení byly dva stojany, mezi které se špulka zavěsila na tyči (*Obr. 3.1.1*).



Obr. 3.1.1 První řešení - Pevný odvíječ na špulky

Toto řešení dokázalo vyřešit oba prioritní problémy, tedy usnadnění odvíjení kabelu ze špulky a možnost lepšího umístění špulky na pracovišti než na paletě ležící zemi.

Tímto řešením bylo dosaženo také zmenšení nároků na prostor oproti paletě. Další velkou výhodou tohoto řešení bylo, že nebylo omezené šířkou špulky. Různé špulky s různými kabely mají rozdílné šířky a navržením řešení s nastavitelnou šířkou byla zvýšena univerzálnost řešení. Stojany se daly nastavit do libovolné vzdálenosti od sebe, v případě potřeby stačilo pouze vyměnit kovovou tyč, na které je špulka zavěšena, za tyč kratší nebo delší délky.

Toto řešení ovšem nedokázalo vyřešit veškeré problémy spojené se špulkami a některé nové problémy naopak vznikly. Zprvé nebyla nijak vyřešena manipulace se špulkami. Špulky stále musely být převáženy pomocí velkých jeřábů a to jak mezi pracovišti, tak při dopravě špulky ze skladu do třetího pole. Při dopravě špulky ze skladu do třetího pole nebylo tímto řešením dosaženo ani zrušení potřeby kolejového vozíku.

Problémy, které vznikly tímto řešením, byly dva. První z nich byl problém s přepravou samotných stojanů. Špulka musela být při přepravě do jiné části pracoviště nejprve přivázána na velký jeřáb a nadzvednuta. Následně mohly být oba stojany manuálně přeneseny na požadované nové umístění špulky, kam byla následně jeřábem dopravena i špulka. Druhým nově vzniklým problémem byla nutnost pečlivého nasazování špulky na tyč a následného nasazení špulky i s tyčí mezi dva stojany. Šířka stojanů byla upravována při ukládání špulky jeřábem, aby tyč optimálně sedla na stojany. Při neopatrné manipulaci nebo nedostatečné komunikaci mezi jeřábníkem usazujícím špulku a pracovníkem nastavujícím vzdálenost mezi stojany mohlo dojít například ke skřípnutí prstů pracovníka mezi stojanem a tyčí se špulkou, což by při možné váze špulky až 500 kilogramů mohlo způsobit vážný pracovní úraz.

Nevýhodou tohoto řešení kromě již výše zmíněných bylo také to, že se stojany se při nasazené špulce velmi těžko manipulovalo. Pokud tedy byla potřeba stojany se špulkou přesunout i o velmi malé vzdálenosti, bylo vždy zapotřebí využít jeřáb, špulku přizvednout a manuálně poponést stojany.

### 3.1.2 Druhý návrh stojanu

Po vyřešení prioritních problémů byl vytvořen návrh, který dokázal vyřešit další z velkých nedostatků obou předchozích řešení.

- 1) Doprava špulky do požadované části výroby
- 2) Časové prostoje při spotřebování kabelu na špulce
- 3) Velikost a nevzhlednost palety

Velkým nedostatkem byla nemožnost snadné manipulace jak se špulkou, tak s podkladem, na kterém byla špulka umístěna, ať už se jednalo o paletu nebo o pevné stojany. Jako řešení tohoto problému byl navržen vozík, který kombinoval řešení z předchozího návrhu s dalšími novými nápady (*Obr. 3.1.2.1*).



*Obr. 3.1.2.1 Druhé řešení - Mobilní odvíječ na špulky*

U vozíku bylo zachováno navlečení špulky na tyči, která je usazena do dvou drážek, ve kterých se tyč může otáčet, čímž bylo stejně jako u přechozího řešení

zajištěno snadné odmotávání kabelu ze špulky. Dalším parametrem, který byl zachován z předchozího návrhu, je možnost nastavení šířky vozíku podle šířky špulky. Oproti předchozímu řešení zde ovšem musel být vymyšlen jiný systém pro nastavení šířky vozíku. Rám vozíku je na obou stranách rozdělen na dvě části, které jsou na sebe nasazeny pomocí spojovací části (*Obr. 3.1.2.2*). Rám lze po této spojovací části posouvat do třech různých poloh, tedy při nastavené nejmenší šířce vozíku lze vozík ještě o dvě polohy zvětšit. Při nastavení požadované šířky je část rámu vozíku zajištěna na obou stranách pomocí šroubů.



*Obr. 3.1.2.2 Druhé řešení - Detail nastavitelné šířky vozíku*

Při nastavitelné šířce vozíku bylo třeba počítat i s problémem různých délek tyčí, na které se nasazuje špulka. Namísto třech tyčí o různých délkách byla tedy navržena i nastavitelná tyč, kterou lze nastavit na správnou délku pro všechny možné šířky vozíku (*Obr. 3.1.2.3*).



*Obr. 3.1.2.3 Druhé řešení - Detail nastavitelné šířky tyče*

Nastavení délky tyče je dosaženo dvěma prodlužovacími částmi, které jsou při nejkratší variantě vozíku zastrčeny celé v tyči. Při potřebě prodloužení tyče se zamáčknou piny, které jsou na obou prodlužovacích částech, a tyč je na obou stranách možno vysunout na požadovanou délku. Po nastavení požadované délky zaskočí piny do předem připravených děr a délka tyče je zafixována.

Největší výhodou tohoto řešení je jeho mobilita. Vozík má kolečka, díky kterým může být přemístěn každým zaměstnancem do jakékoliv požadované části výroby. Není již tedy třeba využití velkého jeřábu pro přemísťování špulek po pracovišti.

Vozík má zároveň dostatečně malé rozměry, aby s ním bylo možno pohodlně projíždět po pracovišti a mezi zařízeními.

Další velkou výhodou vozíku díky jeho mobilitě je i snadná doprava nových špulky na pracoviště. Ve chvíli kdy na špulce dojde kabel, je kterýkoliv zaměstnanec schopný s vozíkem zajet do skladu a umístit na vozík novou špulku. Tato možnost výrazně zvyšuje produktivitu, protože dovoz nové špulky může být proveden jakýmkoliv zaměstnancem za velmi krátkou dobu.

Poslední výhodou tohoto vozíku je také jeho estetika a poměrně malé rozměry. Při umístění na místě, kde původně ležela paleta se špulkami, nijak nezasahuje do prostoru vyznačeného jako pěší zóna a riziko zakopnutí o vozík je velmi malé.

### 3.1.3 Současný stav

Od první verze vozíku do současnosti bylo na vozíku provedeno pouze několik povrchových úprav (*Obr. 3.1.3*).



*Obr. 3.1.3 Druhé řešení - Mobilní odvíječ na špulky - Současný stav*

Nejprve byl vozík označen maximální nosností, tedy maximální možnou vahou špulky, kterou je možno na vozík nasadit a převážet. Tato maximální nosnost byla



určena výrobcem, tedy externí firmou, které byla výroba vozíku zadána, jako 500 kilogramů.

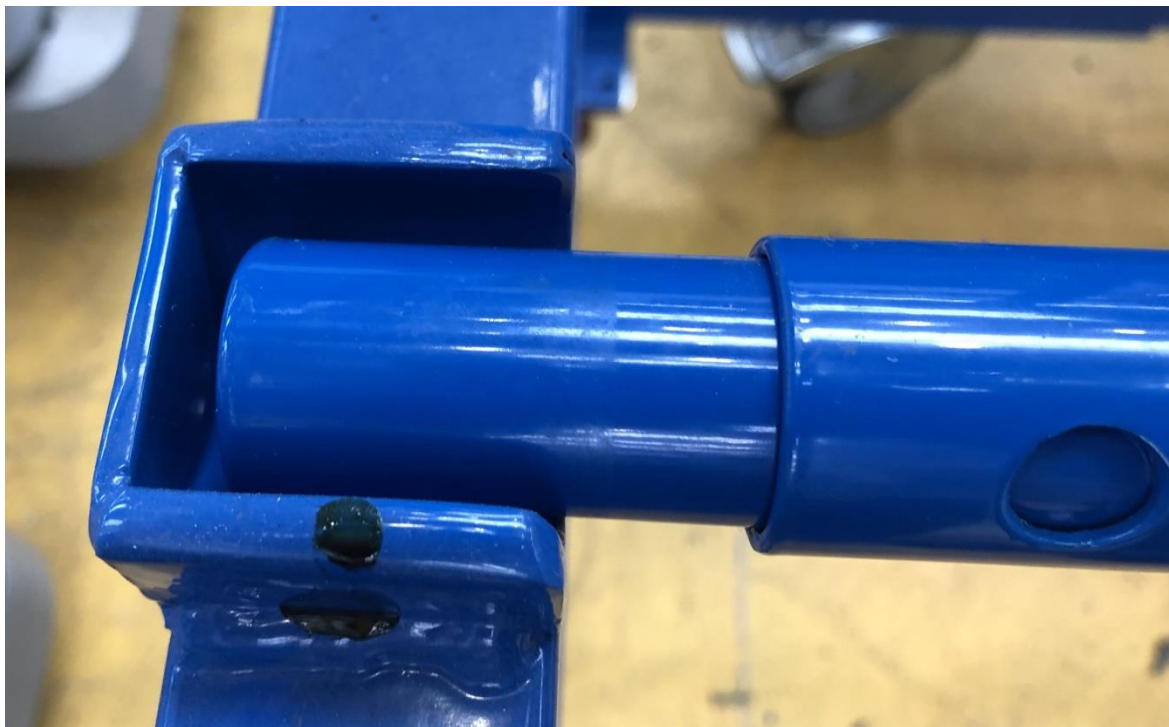
Druhou povrchovou úpravou vozíku bylo jeho označení identifikačním číslem. Toto identifikační číslo má každé zařízení ve společnosti kvůli inventarizaci majetku společnosti.

Třetí povrchovou úpravou vozíku bylo vyznačení jeho rohů bezpečnostní žlutočernou páskou. K tomuto kroku bylo přistoupeno pro zvýraznění hran vozíku. Modrá barva použitá na vozík je firemní barva společnosti BRUSH a je proto použita na mnoha zařízeních, podlahách a nástrojích. Zvýrazněním hran vozíku je docíleno snadné rozeznatelnosti hran od okolních předmětů a jedná se tedy o bezpečnostní prvek zabraňující zakopnutí o některou z hran vozíku a zranění zaměstnanců.

#### **3.1.4 Budoucí zlepšování**

V rámci filozofie Kaizen, neboli neustálého zlepšování, byly navrženy tři nové nápady na vylepšení vozíku, které se budou v nejbližší době realizovat.

Prvním navrženým zlepšením je přidání silonového pouzdra do úchytů tyče, na které je zavěšena špulka s kabelem (*Obr. 3.1.4.1*). Důvodem tohoto zlepšení je fakt, že tyč se zde otáčí v kovovém úchytu. Otáčením tyče v tomto úchytu vzniká kontaktem kovu s kovem při otáčení tyče zaprvé velmi nepříjemný zvuk a zadruhé se zde odírá barva ze zavěšovací tyče. Přidáním silonového pouzdra do úchytu bude odstraněn kontakt kovu s kovem a tyč se bude moct v úchytu hladce otáčet, tím bude zabráněno jak odírání barvy, tak nepříjemným zvukům vznikajícím při otáčení se špulkou a tyčí.



Obr. 3.1.4.1 Druhé řešení - Detail úchytu tyče

Druhým navrženým zlepšením je přidání úchytu konce kabelu. Pracovníci po dokončení práce s kabelem obvykle nechají konec kabelu ležet na podlaze. Konec kabelu pak může takto ležet i několik dní, dokud není znovu zapotřebí. Za tuto dobu může na kabel mnohokrát šlápnout některý z pracovníků, může být přejet některým jiným vozíkem využívaným na výrobní hale nebo může být konec kabelu znehodnocen jiným způsobem. Znehodnocený konec musí být při dalším využití kabelu odštířen, čímž dochází k plýtvání. Tomuto plýtvání je možno zabránit přidáním úchytu na vozík, do kterého zaměstnanec po dokončení práce se špulkou konec kabelu upne. Upnutím konce kabelu je zamezeno možnému znehodnocení konce kabelu a při jeho dalším využití nemusí být jeho kus odštíháván.

Posledním navrženým zlepšením je přidání tažné oje na vozík (Obr. 3.1.4.2).



Obr. 3.1.4.2 Druhé řešení - Tažná oje pro vozík

Takovouto tažnou ojí je vybaveno velké množství vozíků a pojízdných plošin využívaných na výrobní hale společnosti BRUSH. Důvodem pro využití této oje je možnost zapojení vozíku za elektrický tahač se sedícím řidičem (Obr. 3.1.4.3). Tento elektrický tahač je velkým pomocníkem na celé výrobní hale, slouží pro přepravu mnoha komponent potřebných pro výrobu generátorů mezi jednotlivými pracovišti. Všechny tyto komponenty jsou přepravovány na různých vozících, upravených pro každý konkrétní typ nákladu. Vozík je zapřažen za elektrický tahač a následně odtažen na požadované místo. Elektrický tahač dokáže utáhnout až dvě tuny, z tohoto důvodu jsou některé vozíky vybaveny také tažnými oky, díky kterým je možno spojit více vozíků za sebou. Toto řešení není pro vozík na špulky prozatím v plánu, protože není třeba spojovat více těchto vozíků za sebou.



Obr. 3.1.4.3 Druhé řešení - elektrický tahač se sedícím řidičem

Přidáním oje k vozíku na špulky, a tedy přidáním možnosti táhnout vozík za elektrickým tahačem, bude možno vozit vozík s prázdnou špulkou do skladu a následně s novou špulkou zpět k pracovišti pomocí elektrického tahače, vozík se špulkou již tedy nebude muset vozit zaměstnanec manuálně.

### 3.2 Návrhy kroků nutných pro přesun výroby z Holandska

Důležitým úkolem týmu trvalého zlepšování procesů bylo najít pro nová zařízení a nástroje vhodný prostor, na který bude možno přesunout celou výrobu budičů a to jak pro výrobu stávajících dvoupólových budičů, tak zařízení pro výrobu čtyřpólových budičů, která budou dovezena z Holandska.

Pro tento úkol měl tým k dispozici jak tabulky (Obr. 2.2.1), které byly vytvořeny po návratu týmu z Holandska a vycházely z dat získaných při návštěvě Holandské pobočky BRUSH, odkud budou zařízení do Plzně přivezena, tak fotografie všech zařízení vybraných pro přesun do Plzně. Na nové stanoviště výroby budičů bylo potřeba přesunout i některé části výroby dvoupólových budičů, které již byly v Plzni

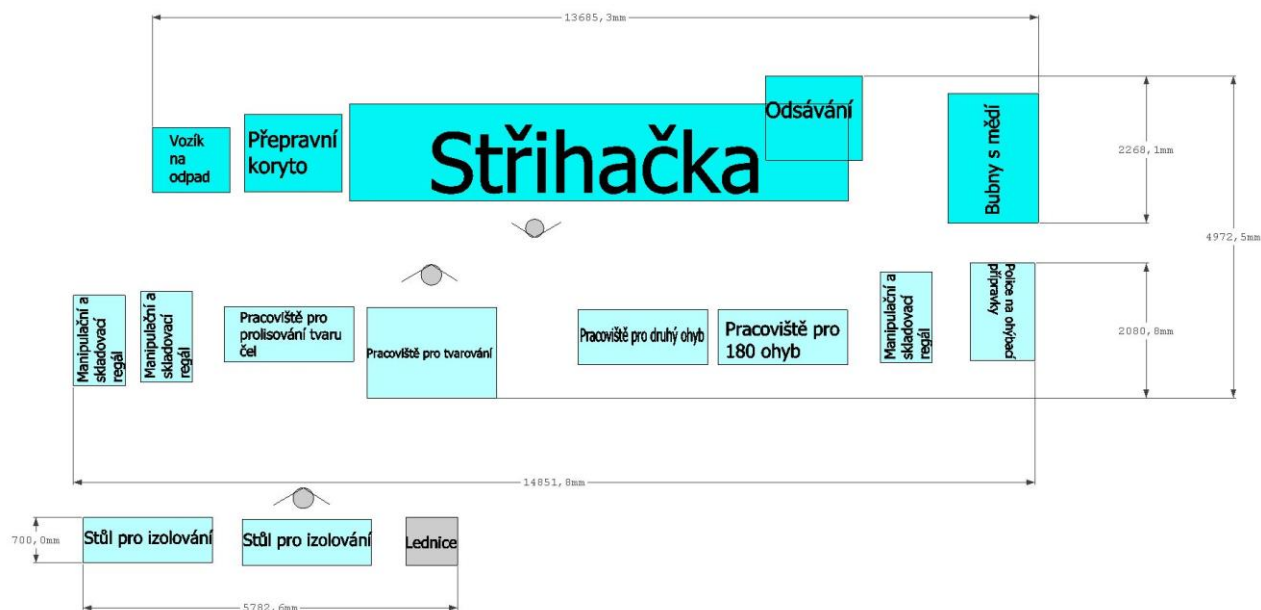
v provozu. Na základě seznamu zařízení, fotografií a zjištěných rozměrů zařízení bylo potřeba v grafickém programu vytvořit layouty všech pracovišť, aby bylo možné je následně zkusit rozmístit v prostoru, který bude vybrán jako možné stanoviště výroby budičů, a bylo možné zjistit, zdali je vybraný prostor dostačující a vhodný k umístění veškerých zařízení potřebných pro konstrukci budičů.

Pro tvorbu samotných layoutů byl využit grafický program SketchUp. V tomto programu byla vytvořena veškerá stanoviště potřebná pro výrobu budičů, která bylo potřeba zahrnout do nově navrhovaného layoutu. Každé stanoviště bylo v programu podrobně rozkresleno, byla zakreslena veškerá zařízení a další důležité části nacházející se na stanovišti. Všechny části stanoviště byly zakresleny v reálných rozměrech a zařízení byla rozmístěna do optimálních vzdáleností od sebe, protože již při tvorbě stanovišť bylo počítáno i s manipulačním prostorem, který je nezbytný u každého zařízení.

Každé zařízení nebo část stanoviště byla barevně zvýrazněna. To bylo učiněno pro snazší rozlišení částí různých stanovišť. Při tvorbě konečných návrhů layoutů bylo potřeba, aby bylo možné snadno rozpoznat části různých stanovišť. Díky barevnému rozlišení je v konečných návrzích patrnější rozmístění jednotlivých částí každého stanoviště.

### **Příprava rotorového vinutí**

Prvním novým stanovištěm bylo stanoviště přípravy rotorového vinutí (*Obr. 3.2.1*). Toto stanoviště bylo největší přesunovanou částí výroby díky velké stříhačce vodičů. Samotné stanoviště obsahuje stříhačku vodičů, která je plně automatická. Tato stříhačka dokáže sama odvíjet vodič z bubny a stříhat ho na požadovanou délku. Dále je zde několik pracovišť pro následné ohnutí a prolisování vodičů do finální požadované podoby (*Obr. 3.2.2*). K tomuto pracovišti také patří dva stoly pro izolování, kde jsou výsledné naohýbané a prolisované vodiče izolovány. Posledními prvky stanoviště jsou manipulační a skladovací regály. Tyto regály jsou přítomny u všech pracovišť a slouží jak k odkládání potřebných nástrojů, tak k převozu hotových částí k dalším částem výroby.



Obr. 3.2.1 Stanoviště přípravy rotorového vinutí

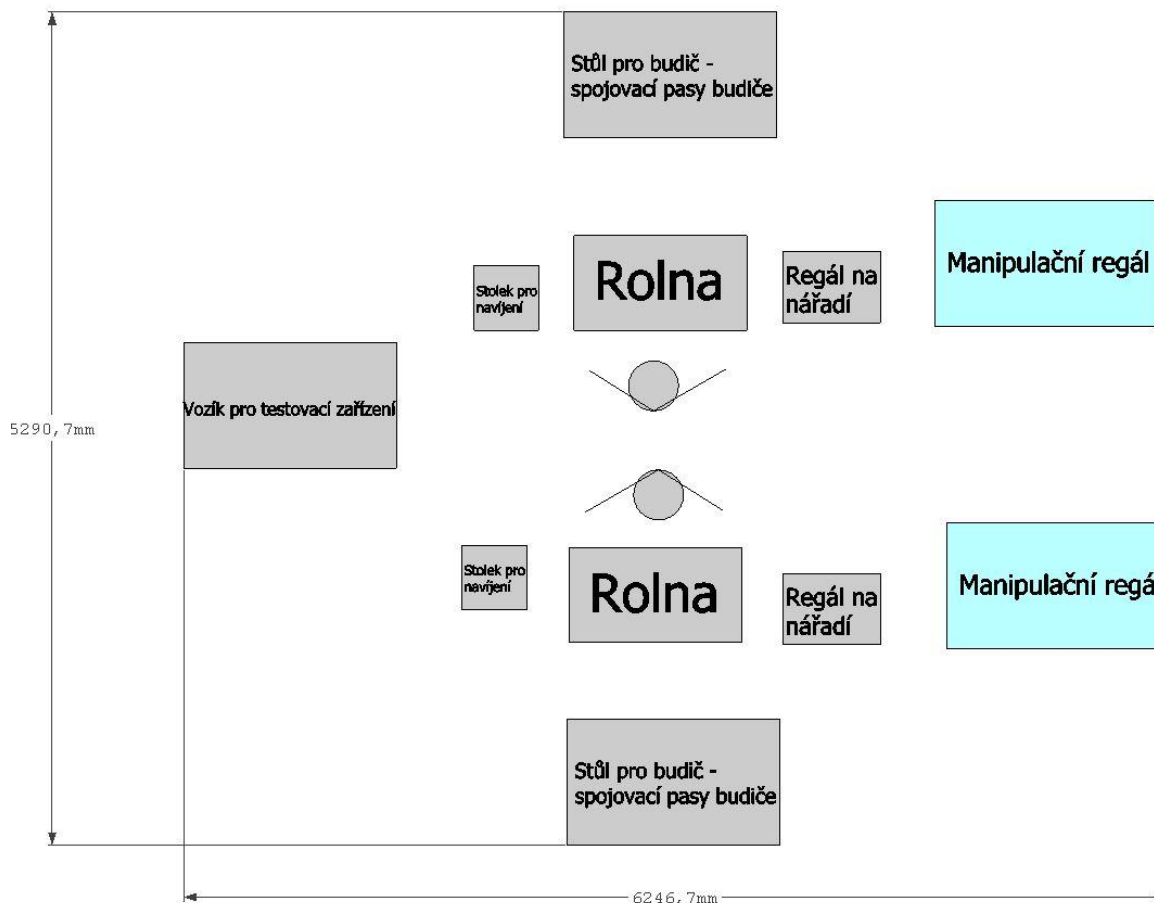


Obr. 3.2.2 Finální podoba naohýbaných vodičů

### Navíjení rotoru budiče

Po nastříhání, naohýbání, prolisování a zaizolování vodičů na stanovišti přípravy rotorového vinutí jsou vodiče přesunuty k druhému pracovišti, a to ke stanovišti

navíjení rotoru budiče (*Obr. 3.2.3*). Toto stanoviště bylo již využíváno pro navíjení dvoupólových budičů a podobné stanoviště je třeba i k navíjení čtyřpólových budičů, bude tedy možné využít většinu stávajících zařízení a nebude třeba dopravovat další zařízení z Holandska.



*Obr. 3.2.3 Stanoviště navíjení rotoru budiče*

Samotné stanoviště se skládá z několika dílčích stanovišť. Každé dílčí stanoviště je vybaveno rolnou, na které je nasazen rotor, do kterého je vkládáno vinutí (*Obr. 3.2.4*). Kromě této rolny je zde několik regálů na nářadí, odkládacích stolků, stolů pro budič a manipulačních regálů. Pro výsledný layout bylo určeno, že budou zapotřebí 4 rolny, to znamená, že dílčí stanoviště zde bude čtyřikrát. Na celém stanovišti navíjení rotoru je také vozík s testovacím zařízením, toto testovací zařízení je na pracovišti pouze jednou a je společné pro každé dílčí stanoviště.

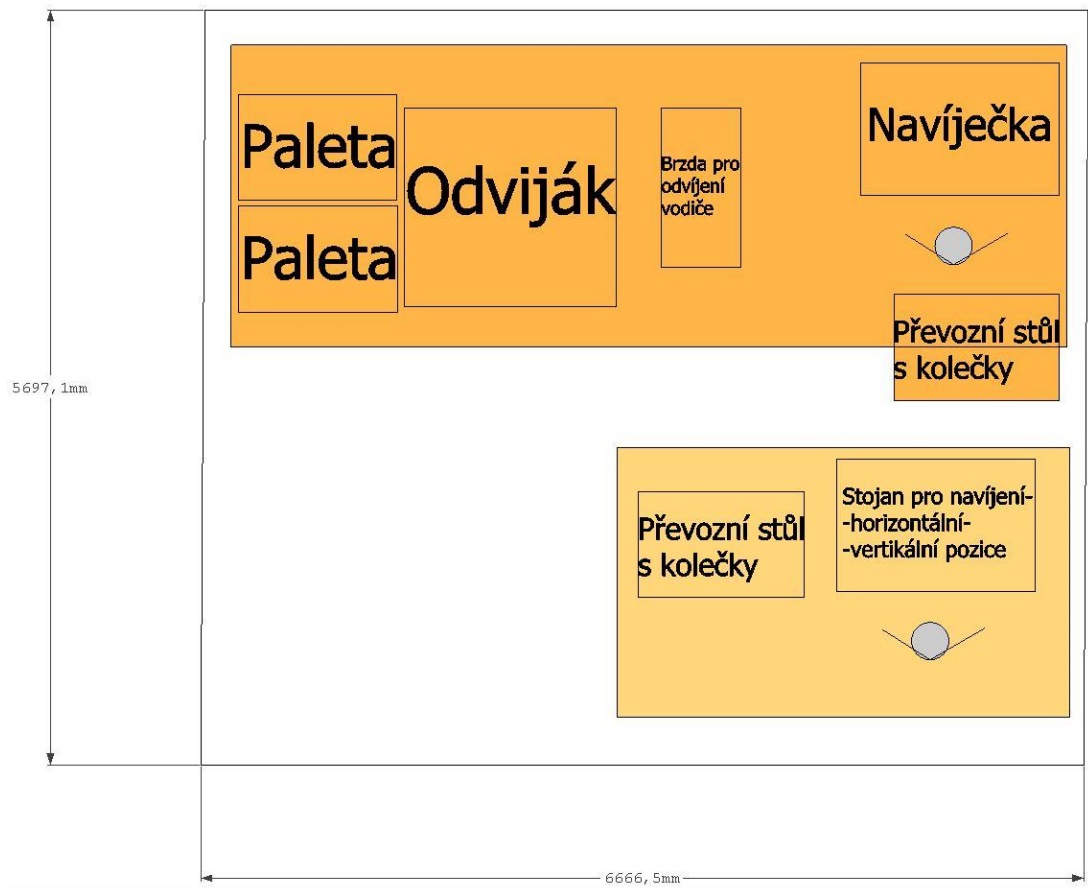


Obr. 3.2.4 Rolna s nasazeným rotorem

### Navíjení statorového vinutí

Třetím stanovištěm bylo stanoviště navíjení statorového vinutí (Obr. 3.2.5). Toto stanoviště bylo již v Plzni v provozu pro navíjení vinutí statoru pro dvoupólové budiče, nicméně bylo rozhodnuto, že z Holandska budou dovezena modernější zařízení pro navíjení a pracoviště tedy bylo rozkresleno s rozměry zařízení, která budou nově dovezena.





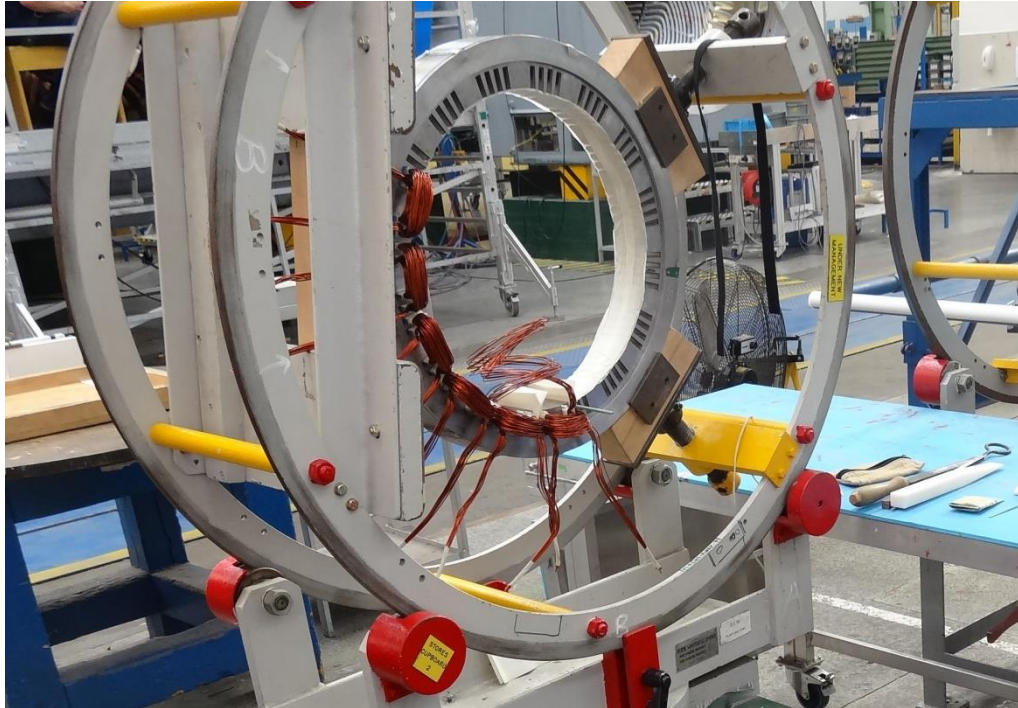
Obr. 3.2.5 Stanoviště navíjení satorového vinutí

Pracoviště navíjení satorového vinutí se skládá ze dvou částí, první částí je navíječka, která pomocí šablony navíjí vinutí po částech do požadovaného tvaru (Obr. 3.2.6).



Obr. 3.2.6 Navinutá část vinutí připravená pro navinutí do satoru budiče

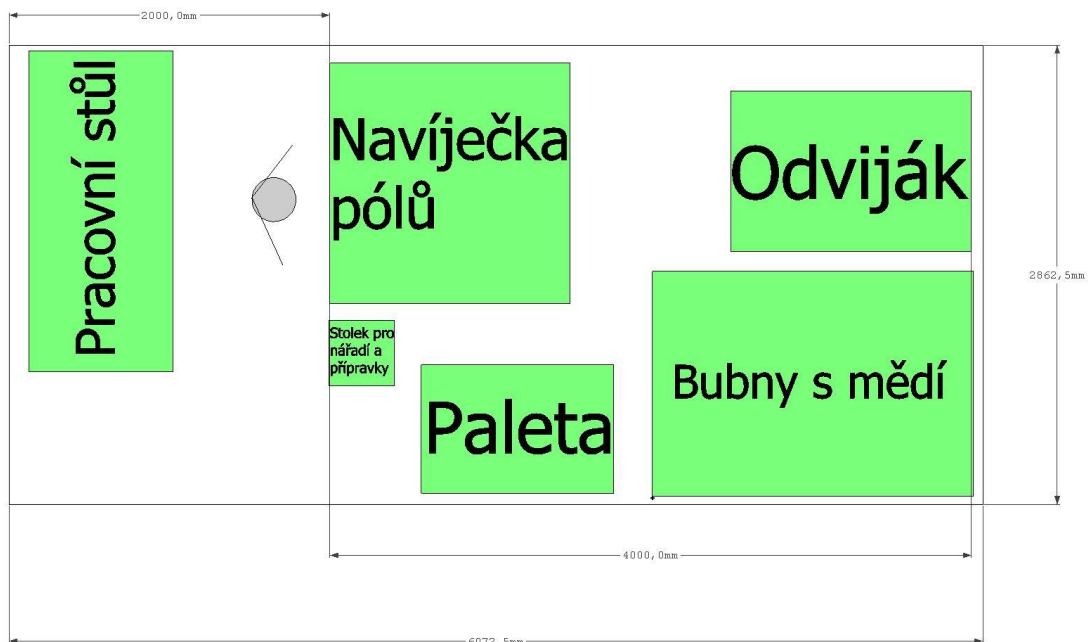
Druhou částí pracoviště je stojan pro navíjení vinutí do satoru budiče (Obr. 3.2.7).



Obr. 3.2.7 Navíjení statoru budiče

### Navíjení pólů

Stanoviště navíjení pólů pro dvoupólové budiče bylo v Plzni již také v provozu, pro navíjení čtyřpólových budičů bylo ovšem rozhodnuto o dovozu nových zařízení z Holandska a bylo tedy třeba rozkreslit stanoviště s novými rozměry (Obr. 3.2.8).



Obr. 3.2.8 Stanoviště navíjení pólů

Stanoviště navíjení pólů obsahuje odvíják, na kterém jsou nasazeny špulky s měděným vodičem. Vedle je umístěna navíječka, která dokáže sama automaticky navinout celý pól. Tato navíječka je mnohem modernější než navíječka používaná doposud pro navíjení pólů dvoupólových budičů, protože zde musel být pól navíjen manuálně. Na stanovišti se dále nachází pracovní stůl, paleta pro odkládání navinutých pólů, zásobník s bubny s mědí a stolek pro nářadí a přípravky k navíječce.

Po rozkreslení všech stanovišť bylo třeba najít vhodný prostor, kde by bylo možné vytvořit nové stanoviště výroby budičů a navrhnout vhodný layout. Při návrhu layoutu bylo třeba počítat s dovozem materiálu, který bude na všechna stanoviště zavážet elektrický tahač (*Obr. 3.1.4.3*) a s uskladněním materiálu u jednotlivých stanovišť. Při návrhu layoutu byla tedy snaha o co nejvhodnější rozmístění stanovišť, aby veškeré palety nebo odvíječky, ke kterým je třeba materiál zavážet, byly na jednom místě nebo co nejbližší u sebe. Díky tomuto stačilo s materiálem přijet na jedno místo a zde materiál vyložit, nebylo třeba, aby elektrický tahač rozvážel materiál po větší části stanoviště a musel tak projíždět mezi zařízeními a dělníky.

Pro nové stanoviště výroby budičů byl ředitelem navržen prostor nacházející se v pátém poli u hlavního průchozího úseku haly zvaného „Václavák“ a sousedící s kanceláří oddělení trvalého zlepšování procesů. Druhým navrženým prostorem byla část výroby nazvaná cívkárna, kde doposud probíhalo navíjení rotorů, pólů, statorového vinutí a rotorového vinutí pro dvoupólové budiče. Tato část výroby se nachází také v pátém poli výroby, ovšem na druhé straně Václaváku, kde sousedí se svařovnou (*Obr. 3.2.9*).



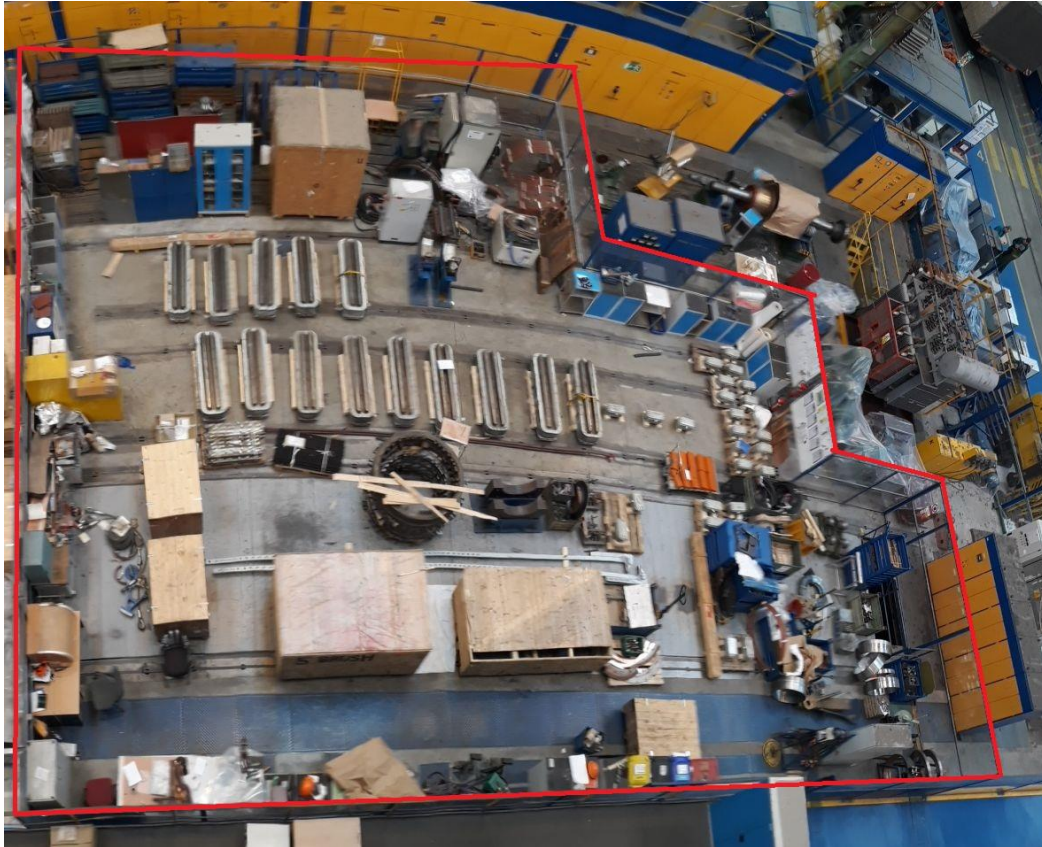
Obr. 3.2.9 Mapa areálu s dvěma možnými prostory pro nové stanoviště výroby budičů

Po stanovení dvou možných prostor pro nové stanoviště výroby budičů byly tyto prostory zmapovány a změřeny, aby bylo možno je přesně znázornit v programu SketchUp a pokusit se v těchto prostorech co nejvhodněji rozložit jednotlivá stanoviště výroby budičů a vytvořit tak optimální layout.

### 3.2.1 První vhodný prostor pro stanoviště výroby budičů

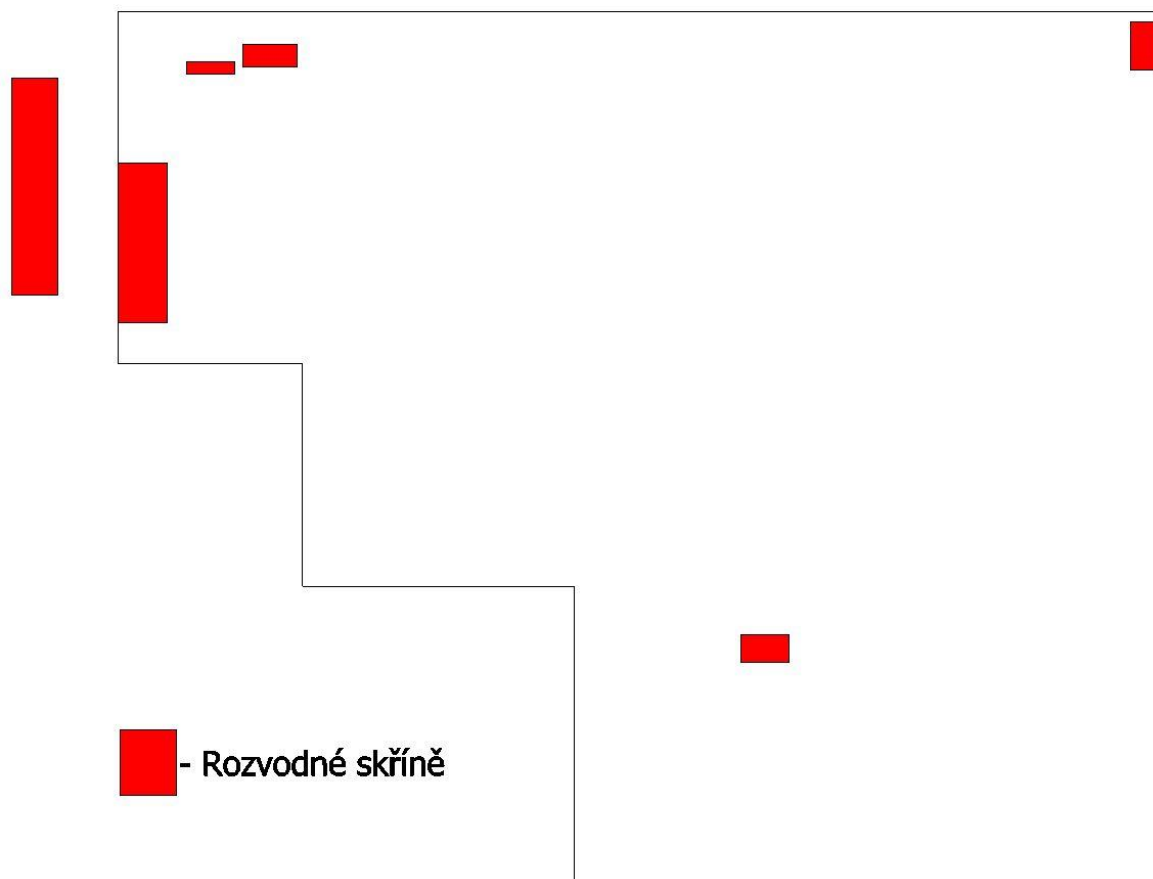
Prvním uvažovaným prostorem pro stanoviště výroby budičů byl prostor vybraný ředitelem plzeňské pobočky BRUSH, jedná se o prostor sousedící s kanceláří oddělení trvalého zlepšování procesů. Tento prostor je na *Obr. 3.2.1.1* vyznačen červeně.

Přímo s tímto prostorem sousedí rozvodné skříně a další zařízení, která nelze přesunout, prostor má tedy proto z jedné strany nepravidelný tvar.



Obr. 3.2.1.1 První vhodný prostor pro umístění stanoviště výroby budičů

Vyhrazený prostor byl pečlivě změřen, aby bylo možno vytvořit jeho přesný náčrtek v programu SketchUp (Obr. 3.2.1.2). Ve vyhrazeném prostoru se nacházejí rozvodné skříně, které by bylo možné přesunout, nicméně jejich přesun by byl nákladný. Byla tedy změřena přesná poloha každé z rozvodných skříní a skříně byly zakresleny do náčrtu prostoru a označeny červenou barvou, aby bylo možno navrhnout layout stanoviště pro výrobu budičů s ohledem na umístění rozvodných skříní. Do náčrtu byly zakresleny také dvě rozvodné skříně, které se nacházejí vedle vyhrazeného prostoru. Tyto dvě skříně nezasahují do vyhrazeného prostoru a nemají tedy vliv na rozmístění zařízení pro výrobu budičů, nicméně ovlivňují příjezdovou cestu k vyhrazenému prostoru.



Obr. 3.2.1.2 První vhodný prostor pro umístění stanoviště výroby budičů - SketchUp

Hlavním problémem spojeným s prvním prostorem pro výrobu budičů byla špatná přístupnost pro elektrický tahač. Prostor je obklopen dalšími částmi výroby nebo rozvodnými skříněmi a zařízeními, která není možno přesunout a možnost přístupových cest je zde tedy značně omezena.

K prvnímu prostoru jsou pouze tři možné přístupové cesty, ovšem ani jedna z nich není optimální bez značných úprav. Z tohoto důvodu byly navrženy tři různé možnosti rozvržení pracoviště výroby budičů, každá varianta s jinou možností přístupové cesty. V každém ze tří návrhů byla brána v potaz jedna ze tří možných přístupových cest a podle toho byl layout rozvržen. V každém z návrhů byla příjezdová cesta vyznačena fialovou šipkou, naznačující směr a místo příjezdu elektrického tahače na stanoviště výroby budičů. V prostoru příjezdu elektrického tahače na stanoviště byl rozvržen prostor pro otočení tahače a jednotlivá pracoviště byla rozmístěna tak, aby veškeré palety s materiálem nebo odvíječky byly co nejbližší prostoru, kam přijede elektrický tahač a manipulace s dovezeným materiálem byla tak co nejkratší a nejsnazší.



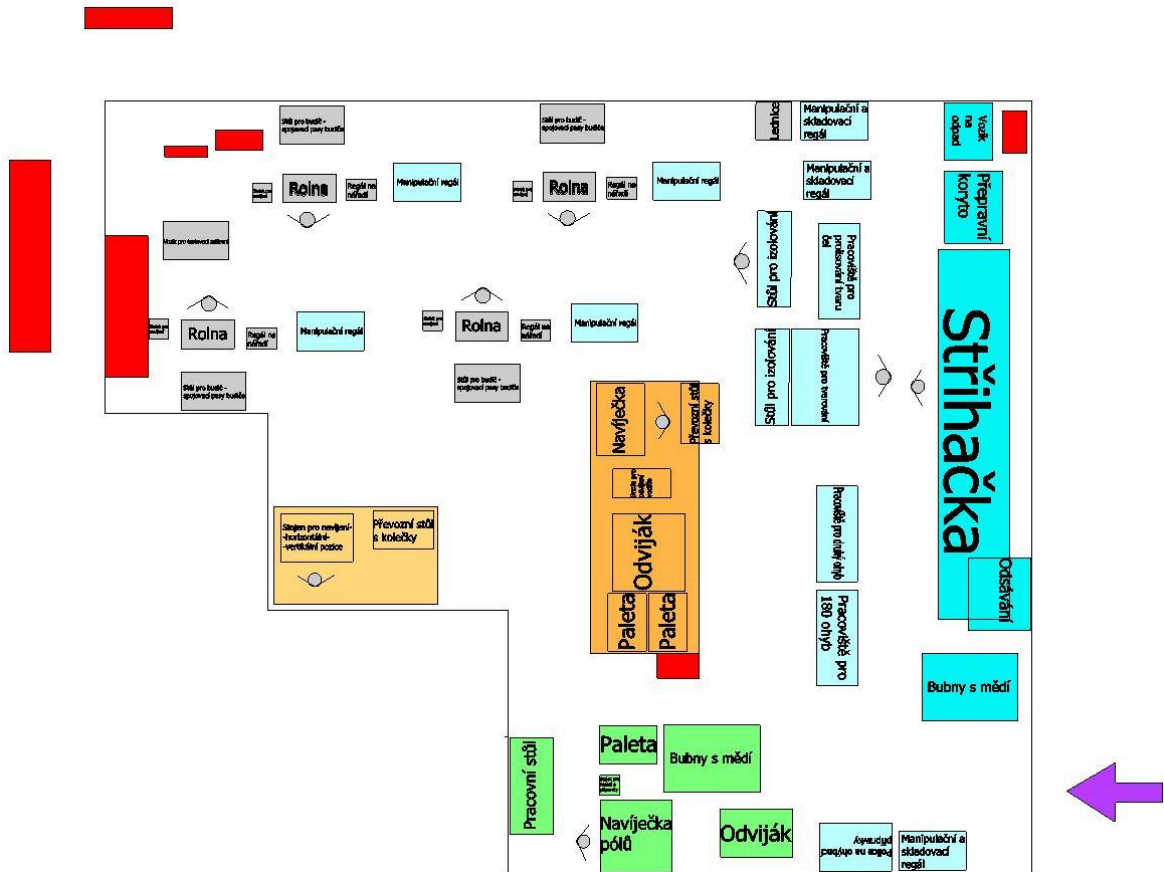


Obr. 3.2.1.4 První možná přístupová cesta

### Druhý návrh layoutu

Druhý návrh layoutu byl zhotoven pro variantu, kde by příjezdová cesta byla v pravém spodním rohu prostoru (Obr. 3.2.1.5, Příloha č.3).





Obr. 3.2.1.5 Druhý návrh layoutu s přístupovou cestou v pravém spodním rohu vyhrazeného prostoru

U druhého návrhu by příjezdovou cestu bylo třeba úplně vytvořit, ulička je naznačena na Obr. 3.2.1.6 červenými čarami. Není zde žádná již existující cesta pro pěší nebo ulička pro přepravu materiálu. Prostor, který by bylo třeba vyklidit je opět prostor oddělení výpravy a bylo by třeba vyklidit dřevěné krabice a jejich části, využívané pro expedici hotových generátorů. Prostor, který by u této varianty bylo třeba vyklidit, by ovšem byl mnohem větší než u předchozího návrhu. Zatímco u předchozího návrhu by šlo pouze o menší kus prostoru pro rozšíření uličky, zde by musela být ulička kompletně vytvořena. Pro bezproblémový průjezd elektrického tahače s vozíky s materiálem je zapotřebí ulička široká nejméně dva metry a prostor, který by bylo třeba vyklidit je dlouhý přibližně deset metrů. Vzniklo by zde tedy dvacet metrů čtverečních prostoru, který by byl využíván pouze jednou za čas pro dovoz materiálu, ale jinak by nemohl být využíván k ničemu jinému.



Obr. 3.2.1.6 Druhá možná přístupová cesta

### Třetí návrh layoutu

Pro třetí návrh je příjezdová cesta uvažována v levém horním rohu vyhrazeného prostoru (Obr. 3.2.1.7, Příloha č.4).





Obr. 3.2.1.8 Třetí možná přístupová cesta

### 3.2.2 Druhý vhodný prostor pro stanoviště výroby budičů

S ohledem na problémy spojené s dopravou materiálu k prvnímu navrženému prostoru a na omezený prostor na prvním navrženém stanovišti byl navržen druhý, alternativní prostor, kde by bylo možné vytvořit nové stanoviště výroby budičů.

Prostor, který byl vybrán jako druhý možný, se nachází na druhé straně Václaváku, kde sousedí se svařovnou. Jedním z důvodů výběru tohoto prostoru je nejistota, zdali bude možno veškeré potřebné části pro výrobu dvoupólových budičů vyrábět na přístrojích dovezených z Holandska, protože tyto přístroje byly původně navrženy pro výrobu dílů pro čtyřpólové budiče. Zdali bude výroba dílů pro dvoupólové budiče možná na zařízeních z Holandska bude jasné až ve chvíli, kdy budou veškerá zařízení přesunuta do Plzně, a bude možno výrobu dílů pro dvoupólové budiče na těchto zařízeních vyzkoušet.

První část tohoto prostoru je rozdělena na dvě části (*Obr. 3.2.2.1*). Větší část doposud sloužila jako navijárna pólů pro dvoupólové budiče a k navíjení vinutí pro stator budiče. Nachází se zde tedy potřebné navíječky pro dvoupólové budiče, zároveň se zde nachází pec, která je pro výrobu potřebná, ovšem její přesun na první navržené místo by nebyl možný. S touto první částí sousedí část výroby, kde doposud probíhalo navíjení rotorů budiče. Díky tomu, že na těchto místech již probíhá část výroby dvoupólových budičů, je toto místo vhodnější pro nové stanoviště výroby budičů. Stanoviště by bylo potřeba pouze uklidit a doplnit o zařízení pro výrobu čtyřpólových budičů. Zároveň by bylo možné zde zanechat navíječky pro dvoupólové budiče, dokud nebude ověřeno, že lze stejné náviny pro dvoupólové budiče dělat na zařízeních dovezených z Holandska.



*Obr. 3.2.2.1 První část druhého vhodného prostoru pro nové stanoviště výroby budičů*

Druhá část prostoru se nachází přes uličku s kolejemi od první části (*Obr. 3.2.2.2*). V této části se nachází část výroby nijak nesouvisející s výrobou budičů, bude ovšem možno veškeré přípravky nacházející se v tomto prostoru odstranit a vytvořit zde prázdný prostor, na který by mohla být umístěna část výroby budičů.



Obr. 3.2.2.2 Druhá část druhého vhodného prostoru pro nové stanoviště výroby budičů

Oba vyhrazené prostory byly pečlivě změřeny, aby bylo možno vytvořit přesný náčrtek v programu SketchUp (Obr. 3.2.2.3). Do náčrsku prostoru byly zakresleny stávající navíječky pro navíjení dílů pro dvoupólové budiče na jejich přesných pozicích, u kterých se počítá, že na pracovišti prozatím zůstanou.



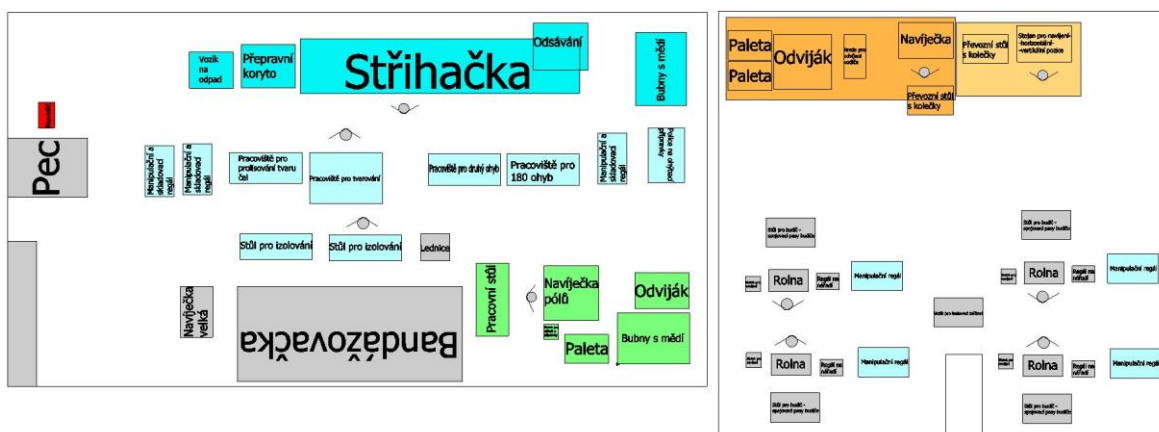
Obr. 3.2.2.3 Druhý vhodný prostor pro umístění stanoviště výroby budičů - SketchUp

Velkou výhodou tohoto prostoru je fakt, že jsou zde široké uličky jak ze strany obou pracovišť, tak i mezi oběma částmi vyhrazeného prostoru. Díky tomu je zde

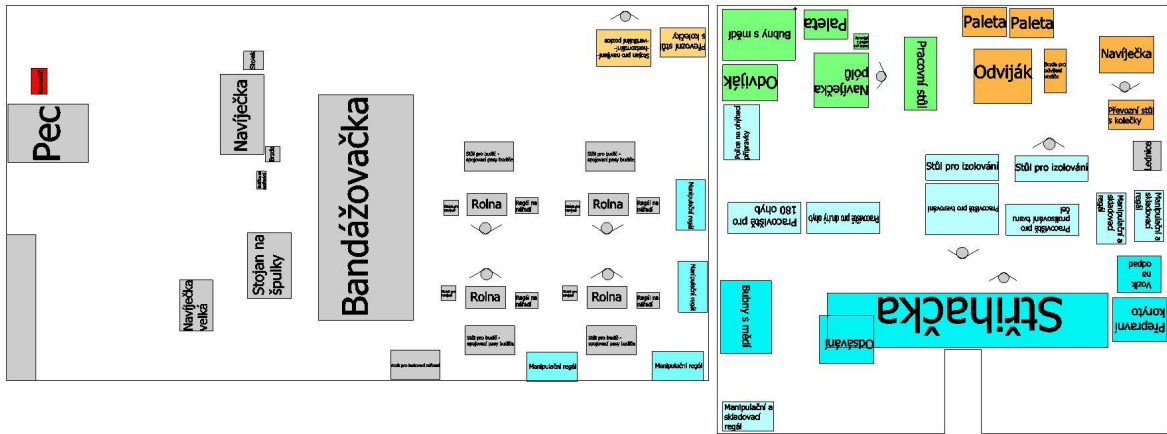
snadný přístup pro elektrický tahač, dovážející na pracoviště materiál. Vzhledem k dobré přístupnosti pro elektrický tahač a dostatku volného prostoru pro rozložení jednotlivých částí výroby není u tohoto prostoru kladen tak velký důraz na co nejlepší umístění všech palet nebo odvíječek, ke kterým je třeba materiál zavážet.

Pro tento prostor byly stejně jako u prvního navrženého prostoru vytvořeny návrhy tří layoutů (Obr. 3.2.2.4, Obr. 3.2.2.5, Obr. 3.2.2.6, Příloha č. 5,6,7). Vzhledem k tomu, že nové stanoviště výroby budičů bude s největší pravděpodobností umístěno právě na tomto místě, je v současné době v jednání, který ze tří návrhů layoutů bude využit, popřípadě jaké úpravy bude zapotřebí v nejhodnějším návrhu ještě provést.

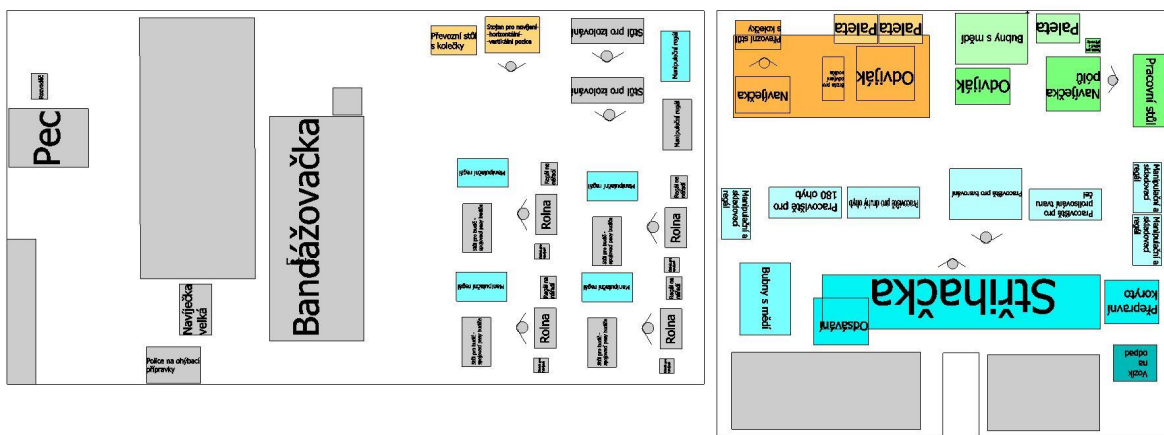
Po navržení těchto tří návrhů layoutů je za nejhodnější návrh považován návrh číslo tři. Všechny návrhy byly předány vedení společnosti, které rozhodne o nejhodnějším návrhu pro umístění stanovišť pro výrobu budičů.



Obr. 3.2.2.4 První návrh layoutu



Obr. 3.2.2.5 Druhý návrh layoutu



Obr. 3.2.2.6 Třetí návrh layoutu



## 4 Zhodnot'te očekávaný přínos navržených opatření

### 4.1 Vozík na špulky

#### 4.1.1 Časová úspora

Zhotovením mobilního odvíječe bylo dosaženo značné časové úspory. Celková přibližná časová úspora se dá rozdělit na dvě části, první částí je časová úspora při přesunu špulky mezi pracovišti, druhou částí je časová úspora při výměně prázdné špulky za novou.

Pro výpočet přibližné časové úspory při přesunu špulky mezi pracovišti využijeme měřeného přesunu špulky jeřábem a informací od pracovníků pracujících na pracovištích využívajících špulku s kabelem. Podle těchto informací zabral přesun špulky pomocí jeřábu v původním řešení, tedy špulka postavená na paletě, přibližně 15 minut času na jeden přesun. Na základě informací od pracovníků bylo dále zjištěno, že špulka byla mezi pracovišti přesouvána přibližně čtyřikrát za měsíc. Použitím vzorce:

$$t_{\text{měs}} = t_{\text{přesun}} \cdot x \quad (h) \quad (1)$$

$$t_{\text{měs}} = 15 \cdot 4 = 60 \text{ min} = 1 \text{ h}$$

kde je

$t_{\text{měs}}$  celkový čas strávený přesuny špulky za měsíc

$t_{\text{přesun}}$  celkový čas potřebný pro jeden přesun

$x$  přibližný počet přesunů za měsíc

zjistíme, že za jeden měsíc zabraly přesuny špulky celkem jednu hodinu. Na základě této hodnoty pak dosazením do vzorce:

$$t_{\text{rok}} = t_{\text{měs}} \cdot 12 \quad (h) \quad (2)$$

$$t_{\text{měs}} = 1 \cdot 12 = 12 \text{ h}$$

kde je

$t_{\text{rok}}$  celkový čas strávený přesuny špulky za rok

$t_{\text{měs}}$  celkový čas strávený přesuny špulky za měsíc

12      počet měsíců v roce

dopočítáme, že za jeden rok zabraly přesuny špulky až 12 hodin.

Po zhotovení mobilního odvíječe byla změřena doba potřebná na převoz vozíku z jednoho pracoviště na druhé. Změřená doba byla 1 minuta. Dosazením do vzorce (1) a následným dosazením do vzorečku (2) zjistíme, že nová doba potřebná pro přesuny špulky mezi pracovišti jsou čtyři minuty za měsíc, tedy 48 minut za rok.

Celková časová úspora pro přesuny špulky mezi pracovišti po zhotovení mobilního odvíječe je tedy 11 hodin a 12 minut ročně.

Druhou částí časové úspory je úspora času při výměně prázdné špulky za novou. Na základě informací od pracovníků pracujících na pracovištích využívajících špulku s kabelem zabrala výměna špulky přibližně 45 až 55 minut a výměna je prováděna přibližně pětkrát za rok. Za předpokladu průměrného času výměny 50 minut tedy vynásobením hodnot zjistíme, že výměny zabraly přibližně 250 minut, což jsou 4 hodiny a 10 minut ročně.

Po zhotovení mobilního odvíječe bylo změřeno, že doba potřebná pro výměnu špulky za novou je přibližně 8 minut. Vynásobením počtem výměn špulky za rok získáme celkové časové náklady 40 minut ročně.

Celková časová úspora pro výměnu prázdné špulky za novou jsou tedy 3 hodiny a 30 minut ročně.

Výslednou časovou úsporu po zhotovení mobilního odvíječe získáme tedy součtem obou časových úspor. Po sečtení obou hodnot získáme časovou úsporu celkem 14 hodin a 42 minut ročně *Tabulka 1*.

Tabulka 1 - Celková časová náročnost úkonů a časová úspora

<b>Celková časová náročnost úkonů a časová úspora po zhotovení mobilního odvíječe</b>			
	Roční časová náročnost při přesunu špulky mezi pracovišti [h]	Roční časová náročnost při výměně prázdné špulky za novou [h]	Celkový potřebný čas za rok pro provedení obou úkonů [h]
Původní řešení	12,0	4,2	16,2
Mobilní odvíječ	0,8	0,7	1,5
<b>Celkové roční časové úspory společnosti díky mobilnímu odvíječi [h]</b>			<b>14,7</b>

#### 4.1.2 Finanční úspora

Pro výpočet finanční úspory využijeme informace získané z předchozí kapitoly, tedy časové úspory. Nestačí ovšem pouze vynásobit ušetřený čas přibližnou hodinovou mzdou, protože se u jednotlivých úkonů mění množství potřebných zaměstnanců a je tedy potřeba započítat hodinovou mzdu podle počtu zaměstnanců spolupracujících ve stejný čas. Dále je zapotřebí vzít v potaz fakt, že část času potřebného pro přesun špulky mezi pracovišti nebo pro dopravení nové špulky na pracoviště je čas, kdy zaměstnanec čeká na další potřebné spolupracovníky a tedy v tuto dobu nepracuje, nicméně plat se mu přičítá stále.

Na základě průměrné hrubé mzdy ke dni 23.3.2019 získané z internetových stránek [www.platy.cz](http://www.platy.cz) byla vytvořena *Tabulka 1*. V tabulce byl zároveň využit průměrný počet pracovních hodin za měsíc. Tato hodnota byla získána pomocí internetové stránky [www.calendar.zoznam.sk](http://www.calendar.zoznam.sk), která udává, že celkový počet pracovních hodin pro rok 2019 je 2008 pracovních hodin. Vydělením této hodnoty 12, tedy počtem měsíců v roce, získáme hodnotu využitou v *Tabulce 2*.

Tabulka 2 - Výpočet hodinových nákladů společnosti na jednoho zaměstnance

Pozice	Průměrná měsíční hrubá mzda [Kč]	Zdravotní pojištění 9% [Kč]	Sociální pojištění 25% [Kč]	Průměrná měsíční superhrubá mzda [Kč]	Průměrný počet pracovních hodin za měsíc [h]	Hodinové náklady společnosti na zaměstnance [Kč]
Jeřábík	26 708	2 404	6 677	35 800	167,3	214
Elektrikář	27 369	2 463	6 842	36 700	167,3	219

Z *Tabulky 2* je možno vypočítat průměrné hodinové náklady společnosti na jednoho zaměstnance na rozdílných pracovních pozicích. Tyto hodnoty využijeme pro výpočet roční finanční úspory po vytvoření mobilního odvíječe.

Výpočet finanční úspory opět rozdělíme na dvě části, první částí bude přesun špulky mezi pracovišti a druhou částí bude výměna prázdné špulky za novou.

Pro přesun špulky mezi pracovišti byli zapotřebí dva pracovníci. Pracovník pracující s kabelem a jeřábík. Celkový přibližný čas přesunu špulky je 15 minut. Z tohoto času samotný skutečný přesun špulky jeřábíkem a zaměstnancem zabere přibližně 7 minut. Zbylých 8 minut je čas, kdy zaměstnanec nemohl pracovat a musel čekat, až bude uvolněn jeřábík, který přesun provede. Pro výpočet finanční úspory bude tedy pro zaměstnance započítáno celých 15 minut, zatímco pro jeřábíka 7 minut. Pomocí vzorce (1) a (2) dopočítáme celkové roční časové náklady na jeřábíka a následným výpočtem získáme výsledné roční finanční náklady na přesun špulky mezi pracovišti. Tyto výsledné hodnoty najdeme v *Tabulce 3*.

Stejným způsobem vypočítáme i celkové roční náklady po vytvoření mobilního odvíječe. Tyto náklady budou o poznání nižší, protože již není nutná spolupráce jeřábíka a samotný přesun špulky zaměstnancem je o mnoho rychlejší. Výsledné hodnoty najdeme v *Tabulce 3*.

*Tabulka 3 - Výpočet ročních nákladů společnosti na přesuny špulky mezi pracovišti*

<b>Přesun špulky mezi pracovišti</b>					
	Časové náklady na jeřábíka/y [h]	Časové náklady na pracovníka pracujícího s kabelem [h]	Hodinové náklady jeřábík [Kč]	Hodinové náklady pracovník s kabelem [Kč]	Celkové roční náklady společnosti [Kč]
Původní řešení	5,6	12,0	214	219	3 826
Mobilní odvíječ	0,0	0,8	214	219	175
<b>Celkové roční úspory společnosti díky mobilnímu odvíječi [Kč]</b>					<b>3 651</b>

Druhou částí finanční úspory je úspora při výměně prázdné špulky za novou. Pro výměnu špulky bylo zapotřebí 3 jeřábíků a jednoho zaměstnance. Přibližná doba výměny špulky za novou je 50 minut. Samotná výměna špulky zabere přibližně 25 minut a jsou k ní zapotřebí 3 spolupracující jeřábíci, zbytek času je doba, po kterou

trvá uvolnění všech 3 jeřábníků pro provedení výměny. Tato čekací doba je poměrně dlouhá, protože všichni spolupracující jeřábníci musejí být uvolnění ve stejný čas, čehož je docíleno velmi těžce, protože každý jeřábník má přidělené úkoly, které musí splnit v určitém čase. Spolupráce jeřábníků při přesunu tedy trvá 25 minut, za tuto dobu všichni tři jeřábníci pobírají plat a náklady na jeřábníka při výměně špulky tedy po tuto dobu musejí být započítány třikrát. Elektrikář je placen jak za dobu přesunu, tak za dobu čekání na jeřábníky, protože bez kabelu nemůže pracovat, je mu tedy propláceno celých 50 minut. Pomocí hodnot z předchozí kapitoly a vzorců (1) a (2) byly dopočítány celkové roční náklady na výměnu prázdné špulky za novou jak pro původní řešení, kdy špulka ležela na paletě, tak pro nové řešení s využitím mobilního odvíječe. Vypočítané hodnoty lze nalézt v *Tabulce 4*.

Tabulka 4- Výpočet ročních nákladů společnosti na výměnu prázdné špulky za novou

<b>Výměna prázdné špulky za novou</b>						
	Časové náklady na jeřábníka/y [h]	Počet spolupracujících jeřábníků	Časové náklady na pracovníka s kabelem [h]	Hodinové náklady jeřábník [Kč]	Hodinové náklady pracovník s kabelem [Kč]	Celkové roční náklady společnosti [Kč]
Původní řešení	2,1	3	4,2	214	219	2 250
Mobilní odvíječ	0	0	0,7	214	219	146
<b>Celkové roční úspory společnosti díky mobilnímu odvíječi [Kč]</b>						<b>2 104</b>

Z výsledků získaných výpočty je možno vidět, že díky vytvoření mobilního odvíječe bylo ušetřeno až 5 755 Kč ročně.

Náklady na pořízení mobilního odvíječe byly 12 350 Kč. Díky výpočtu ušetřených nákladů a známých nákladů na pořízení mobilního vozíku bylo dopočítáno, že návratnost investice do vozíku je 2,15 roku bez započítání odpisů.

## 4.2 Přesun výroby

Pro přesun výroby čtyřpólových budičů z Holandska do Plzně byla vybrána dvě místa, kde bylo možné vytvořit nové stanoviště výroby budičů.

První možný prostor byl navržen ředitelem plzeňské pobočky společnosti BRUSH. Po zhotovení návrhů layoutů a zhodnocení veškerých detailů ohledně umístění prostoru, samotného rozvržení stanoviště a přístupových cest bylo rozhodnuto, že tento prostor není pro nové stanoviště výroby budičů vhodný.

Druhý možný prostor byl navržen oddělením trvalého zlepšování procesů. Jednalo se o prostor, kde již probíhala výroba některých částí dvoupólových budičů. Tento prostor byl zvolen jako vhodnější pro nové stanoviště výroby budičů. Hlavními důvody byla dobrá přístupnost pro elektrický tahač, který zaváží potřebný materiál. Stanoviště je rozděleno na dvě části, kdy z jedné strany obou pracovišť je cesta, po které elektrický tahač projede. Obě stanoviště jsou oddělena uličkou, po které tahač projede také. Další výhodou tohoto prostoru je jeho rozloha, prostor je dostatečně rozsáhlý, aby se na něj vešla výroba dvoupólových i čtyřpólových budičů. Na základě návrhů layoutů z programu SketchUp je zřejmé, že i po rozmístění veškerých potřebných zařízení pro výrobu budičů na pracovišti stále zbyde dostatek volného prostoru, bude zde tedy rezerva, pokud by bylo později rozhodnuto o doplnění některých zařízení nebo umístění dalších částí výroby budičů.

U všech vytvářených návrhů rozvržení layoutů byla snaha o co nejlepší rozmístění veškerých zařízení. Zařízení byla rozmisťována z několika hledisek a navržené layouty jsou vždy kompromisem mezi všemi hledisky.

### **Umístění zdroje materiálu**

První hledisko bylo ideální rozložení stanovišť tak, aby byly palety s materiálem a odvíječky co nejblíže u sebe kvůli zavážení materiálu. Toto hledisko bylo důležité zejména z důvodu zavážení materiálu elektrickým tahačem, kdy při umístění všech odvíječek a zásob potřebného materiálu blízko u sebe byla velmi usnadněna práce při vykládání dovezeného materiálu z elektrického tahače. Toto hledisko bylo velice důležité u prvního navrženého prostoru, protože zde byly velmi omezené možnosti pro zavážení materiálu. U druhého navrženého prostoru je dostatek prostoru a toto hledisko tedy nemuselo být bráno v potaz se stejnou důležitostí jako u prvního návrhu.

### **Manipulační prostor**

Druhým hlediskem byl manipulační prostor kolem zařízení. U každého zařízení nebo pracovního stolu, kde je třeba zaměstnance pro výkon práce na daném zařízení, je zapotřebí počítat s manipulačním prostorem. Tento prostor byl u každého zařízení navržen v dostatečném rozměru, aby zde mohl zaměstnanec pracovat a nebyl omezován žádnými jinými zařízeními v okolí nebo se nesrážel s jiným zaměstnancem vykonávajícím práci na jiném zařízení ve stejný čas.

Do tohoto hlediska je nutno také započítat další faktory, jako jsou například průchozí uličky mezi zařízeními, aby se mohli zaměstnanci volně pohybovat po pracovišti. U většiny stanovišť se také nachází manipulační vozíky, které slouží například k převozu výstupů některých pracovišť k jiným pracovištím, pro které slouží tyto výstupy jako vstupy. Pro tyto vozíky musí být všude dostatečně široké uličky, aby bylo možno se s těmito vozíky volně pohybovat mezi pracovišti.

### **Tok materiálu**

Třetím hlediskem je co nejlepší tok materiálu. Zařízení a jednotlivá stanoviště byla rozmístována tak, aby byl tok materiálu co nejoptimálnější. Některá stanoviště obsahují více po sobě jdoucích kroků, kdy každý krok je prováděn na jiném zařízení. Byla tedy snaha všechna zařízení rozmístit tak, aby veškeré kroky výroby postupovali postupně a za sebou a nebylo tedy třeba rozdělané části výroby přepravovat mezi zařízeními na různých místech stanoviště výroby budičů.

Celkovým výstupem oddělení trvalého zlepšování procesů jsou optimálně rozvržená pracoviště na nejvhodnějším nalezeném místě, kdy jsou pracoviště rozvržena podle několika hledisek, která přispívají k co nejlepšímu rozvržení jednotlivých stanovišť. Dalším výstupem jsou návrhy layoutů, podle kterých bude možno po doručení všech zařízení z Holandska do Plzně rozmístit jednotlivá zařízení a zahájit výrobu jak dvoupólových budičů, tak čtyřpólových budičů.

## Závěr

Cílem mé diplomové práce byl návrh a tvorba řešení pro odstranění problémů spojených se špulkami s kabelem využívaným pro montáž generátorů. Druhým cílem mé práce byla optimalizace nových výrobních pracovišť, která budou přesunuta do plzeňské pobočky společnosti BRUSH z Holandska.

Při práci na této diplomové práci jsem pracoval ve společnosti BRUSH SEM s.r.o. na oddělení trvalého zlepšování procesů, kde jsem si vybral dva projekty, na kterých jsem následně pracoval.

V úvodní části této práce jsem se zaměřil na optimalizaci, štíhlou výrobu a některé její metody a nástroje, které jsem následně využil pro práci na vybraných projektech a ke zpracování této diplomové práce.

Ve druhé části práce se věnuji dvěma vybraným projektům. Zde popisuji původní stav, následné vyhodnocené problémy s tímto stavem spojené, návrhy jejich řešení a zhodnocení mnou navržených řešení.

### **Špulky s kabelem**

Prvním projektem, který jsem si vybral, byly palety se špulkami s kabelem. Po zmapování a zhodnocení původního stavu jsem pro tento projekt definoval pět problémů, na které jsem se následně zaměřil. Prvním problémem byla nemožnost otáčení špulky, čímž docházelo k problémům s odmotáváním kabelu. Druhým problémem byla velikost a nevzhlednost palety, která ležela na viditelném místě a zasahovala do prostorů určených pro pěší. Třetím a čtvrtým problémem byla obtížná manipulace se špulkou a s tím spojená obtížná doprava špulek do požadované části výroby. Posledním problémem byly časové prostoje při spotřebování kabelu na špulce, které vznikaly díky obtížné dopravě nové špulky ze skladu.

Po definování těchto problémů jsem přistoupil k návrhům vedoucím k vyřešení těchto problémů. Nejprve jsem navrhl stojan na špulku, díky kterému se mi podařilo vyřešit první dva definované problémy. Následně jsem navrhl vozík, který kombinoval



první návrh stojanu a další nápady, díky kterým jsem vyřešil zbylé tři definované problémy. U vozíku jsem navíc navrhl zlepšení, díky kterému lze vozík zvětšit nebo zmenšit v závislosti na velikosti špulky s kabelem. Poté jsem na vozíku prováděl další malá zlepšení, díky kterým jsem vozík ještě vylepšil až do podoby, ve které se vozík nachází v současné době. Nakonec jsem navrhl další zlepšení, která budou na vozíku dále provedena. V závěru práce jsem vypočítal, že díky vozíku bude ušetřeno až 14,7 hodiny ročně a že bude díky vozíku ušetřeno až 5 755 Kč ročně oproti původnímu řešení, kdy špulky ležely na paletě.

### **Přesun výroby**

Druhým vybraným projektem byl přesun výroby z Holandska do Plzeňské pobočky společnosti BRUSH. V tomto projektu jsem pracoval na návržení optimálního uspořádání pracovišť a jejich umístění ve výrobní hale.

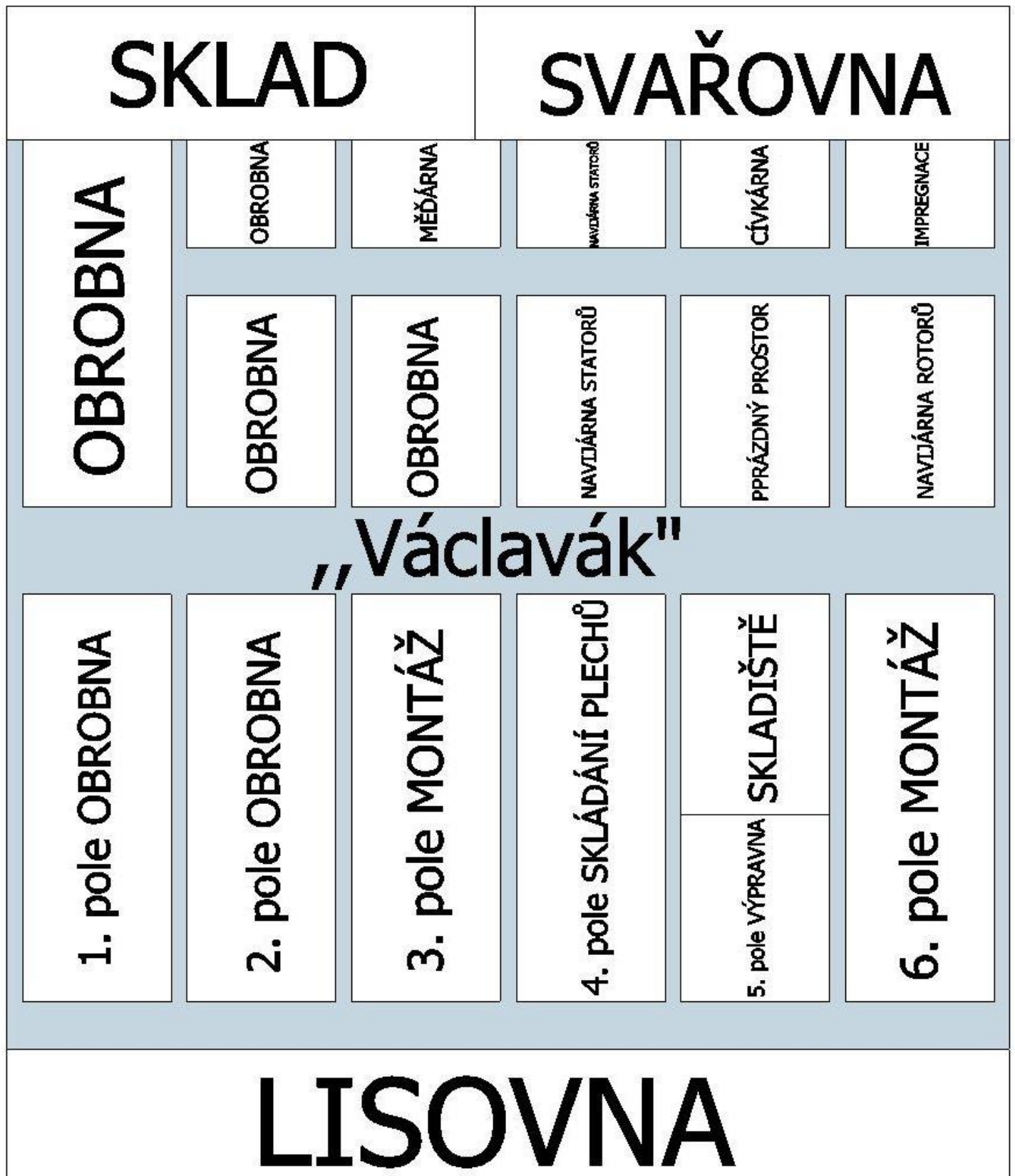
Po obdržení podkladů od týmu, který byl v Holandsku pro zjištění veškerých dat potřebných k úspěšnému přesunu výroby do plzeňské pobočky, a jejich zhodnocení jsem jako první pomocí grafického programu rozkreslil všechna pracoviště, která se budou do Plzně přesouvat. U těchto pracovišť jsem zakreslil veškerá zařízení, pracovní stoly a další nezbytné součásti pracoviště v reálných rozměrech. Následně jsem vytvořil návrhy rozmístění jednotlivých pracovišť a všech zařízení pro dva navržené volné prostory, které byly vybrány jako vhodné pro umístění přesunuté výroby. Návrhy na prvním prostoru jsem navrhl podle různých variant přístupových cest na pracoviště. Všechny návrhy jsem vytvořil s ohledem na umístění zdroje materiálu pro pracoviště, dále pak s ohledem na manipulační prostor pro zaměstnance a s ohledem na tok materiálu, tedy aby části výroby na sebe optimálně navazovaly. Nakonec jsem zhodnotil výhody a nevýhody jednotlivých návrhů a jejich uplatnitelnost.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

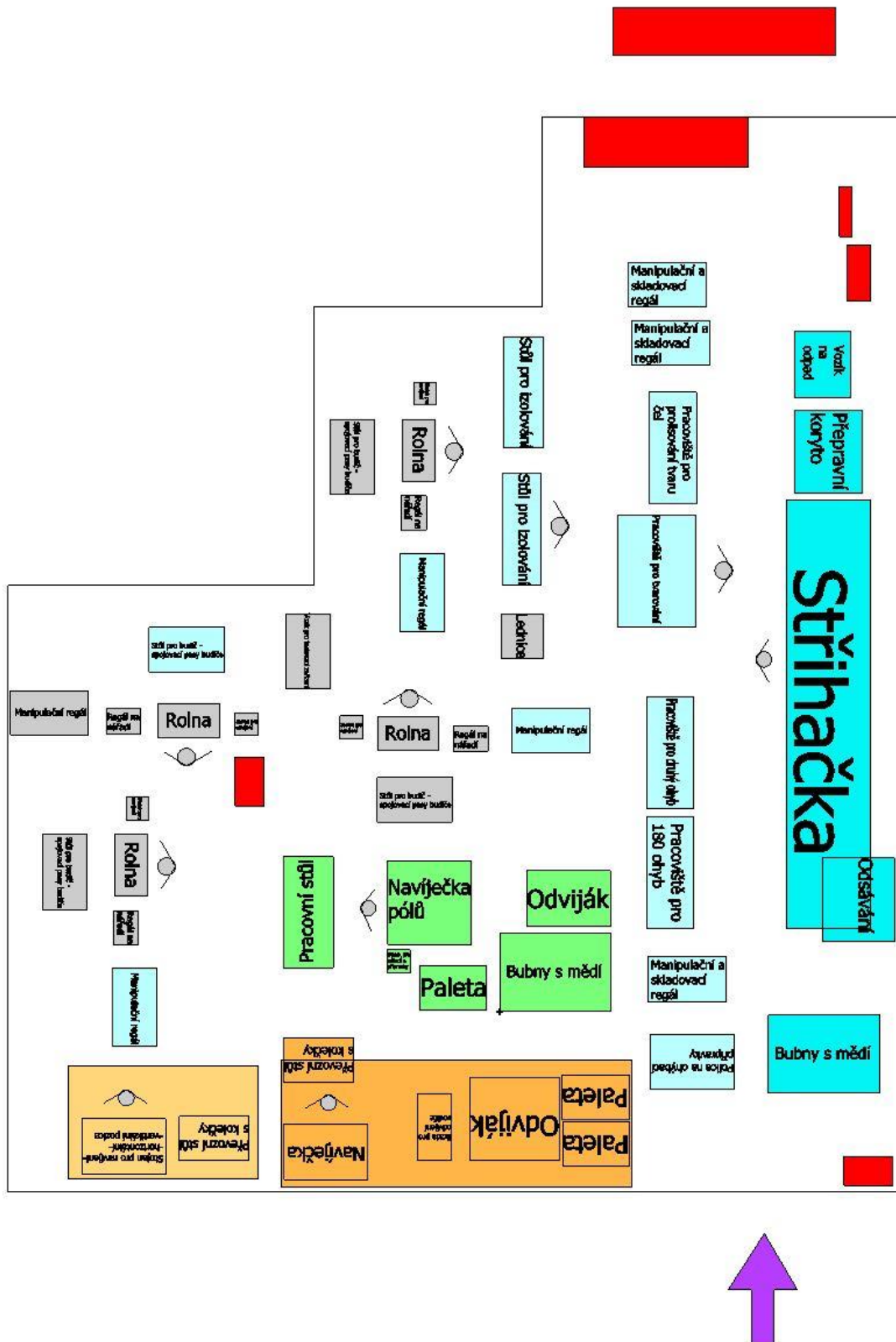
- [1] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. Třetí. Praha: C.H. Beck, 2012. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [2] *Leanexperts* [online] [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: [www.leanexperts.cz](http://www.leanexperts.cz)
- [3] *E-api* [online] [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: [www.e-api.cz](http://www.e-api.cz)
- [4] GEORGE, Michael, David ROWLANDS, Mark PRICE a John MAXEY. *Kapesní příručka lean six sigma*. První. Brno: SCaC Partner, spol. s.r.o., 2010. ISBN 978-80-904099-2-7.
- [5] MASAACKI, Imai. *Kaizen - metoda jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. První. 2004. ISBN 80-251-0461-3.
- [6] *Svět produktivity - Kaizen* [online] [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kaizen.htm>
- [7] *Svět produktivity - DMAIC* [online] [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/DMAIC-Model-rizeni-Six-Sigma-projektu.htm>
- [8] *Vlastnicesta* [online] [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: [www.vlastnicesta.cz](http://www.vlastnicesta.cz)
- [9] *Svět produktivity - 5S* [online] [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-5S.htm>
- [10] PRESS, Productivity. *5S pro operátory*. První. New York: Productivity Press, 1996. ISBN 978-80-904099-1-0.
- [11] *Systemonline* [online] [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: [www.systemonline.cz](http://www.systemonline.cz)

## Přílohy

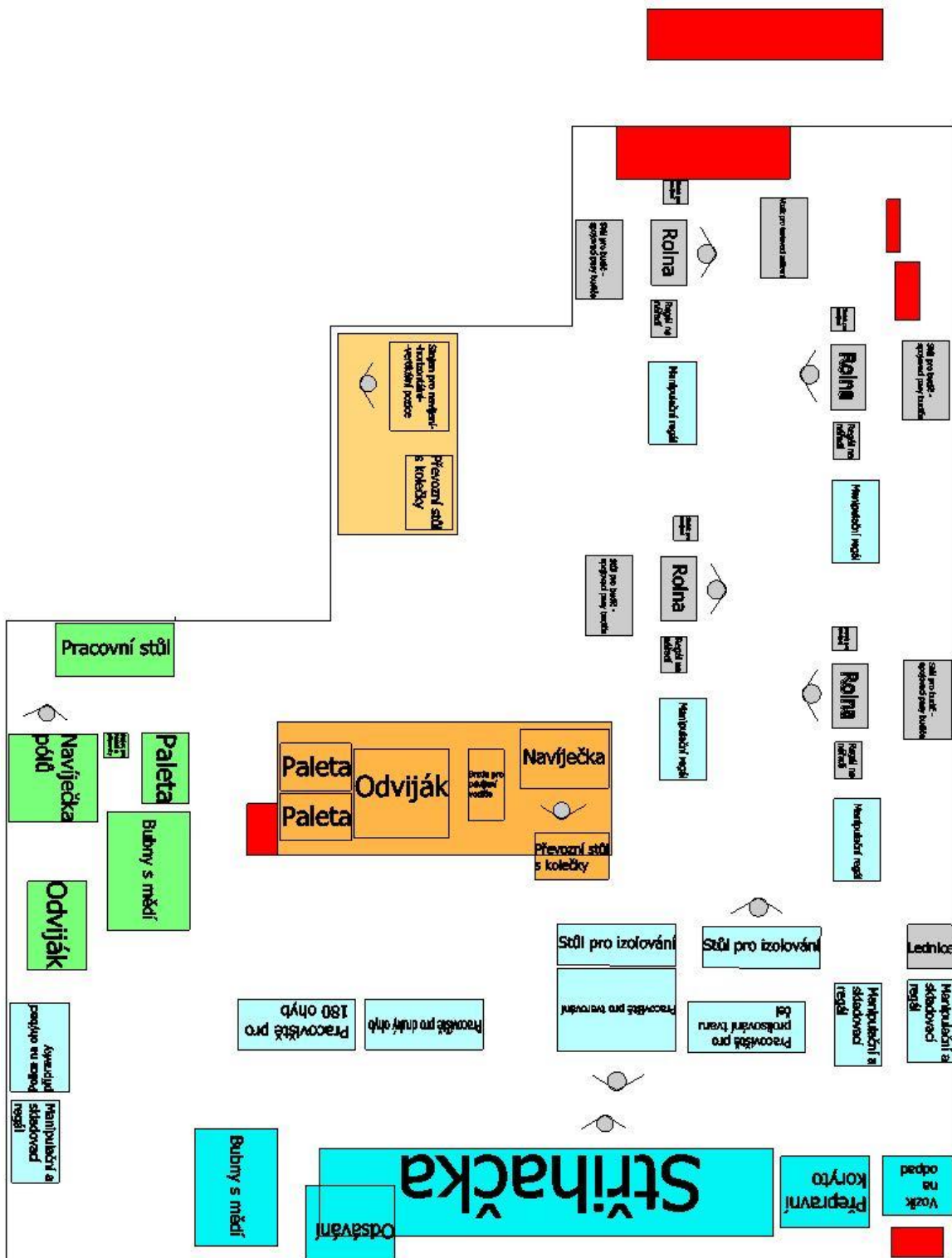
Příloha č. 1 – Mapa výrobní haly „Gigant“ v areálu společnosti BRUSH SEM s.r.o.



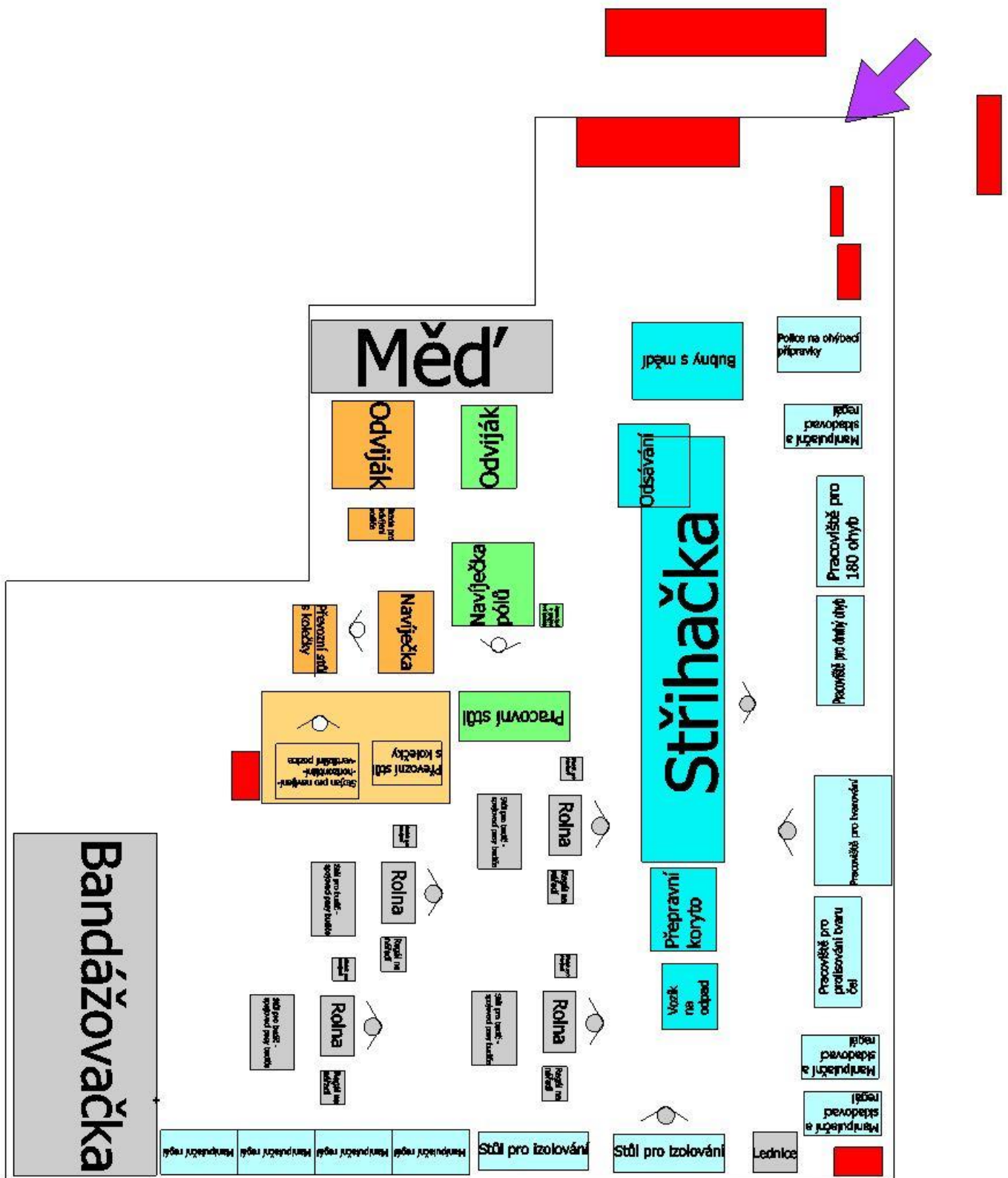
**Příloha č. 2 – První návrh layoutu s přístupovou cestou v pravém horním rohu vyhrazeného prostoru**



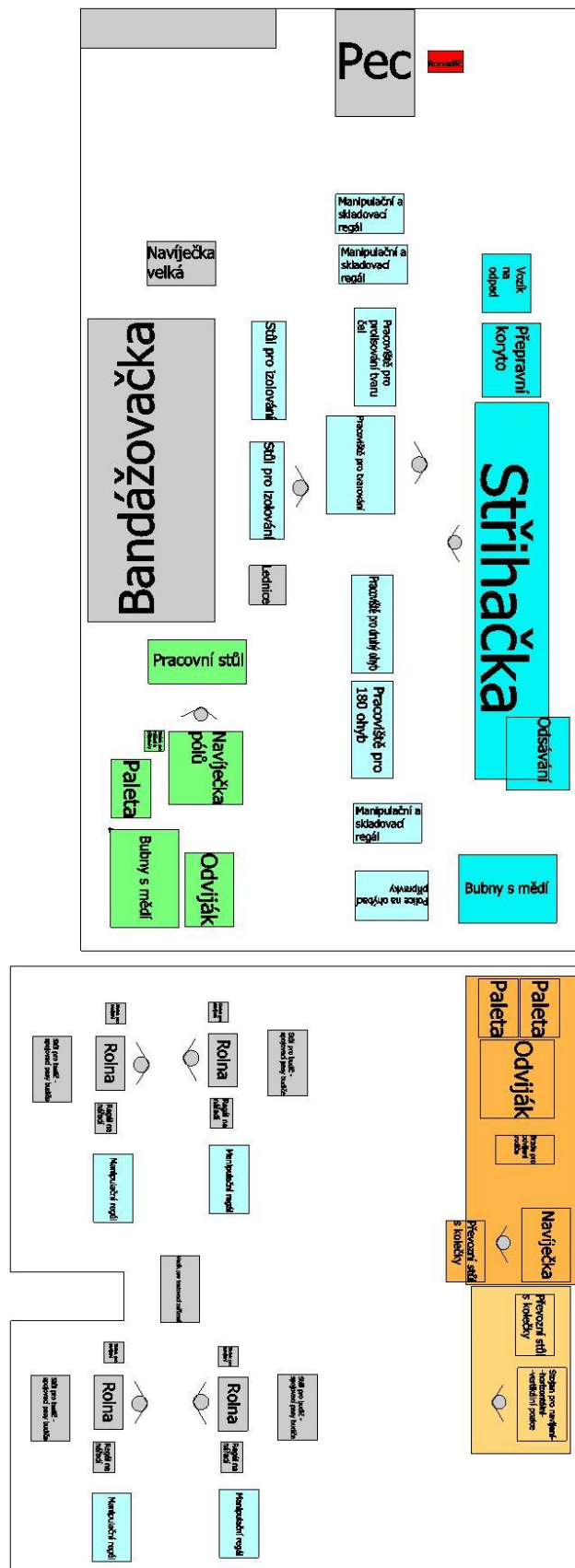
**Příloha č. 3 – Druhý návrh layoutu s přístupovou cestou v pravém spodním rohu vyhrazeného prostoru**



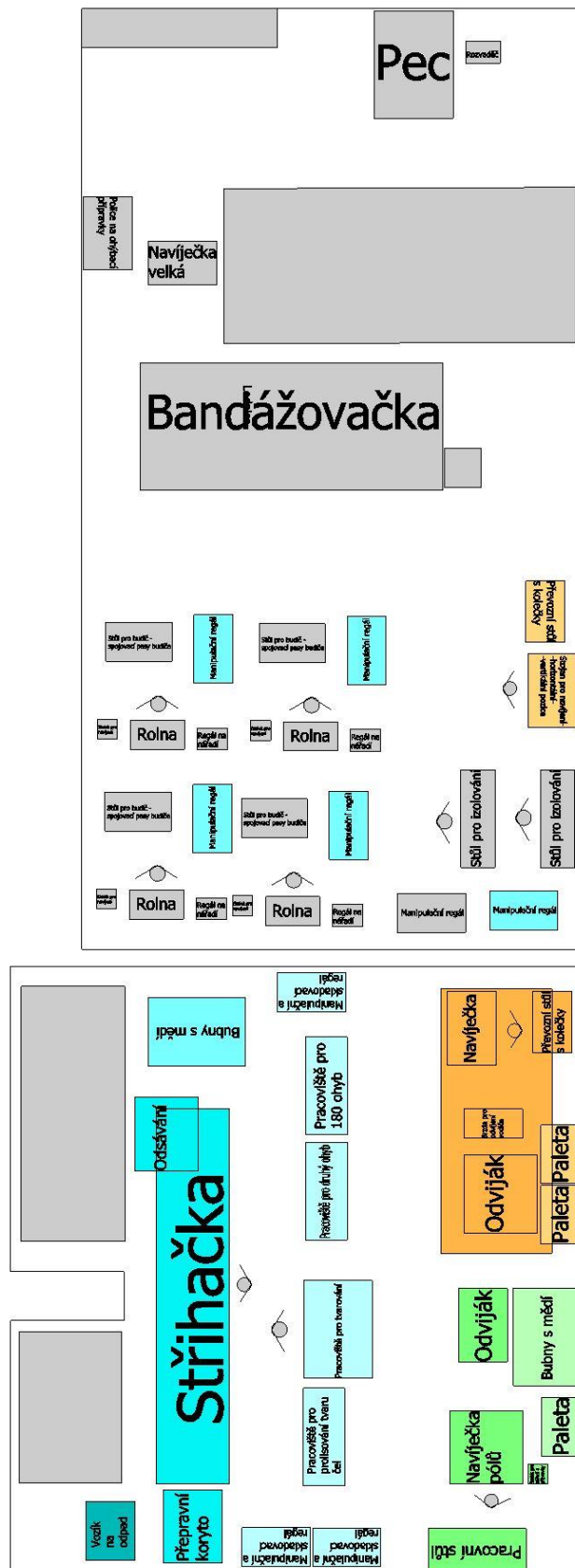
**Příloha č. 4 – Třetí návrh layoutu s přístupovou cestou v levém horním rohu vyhrazeného prostoru**



Příloha č. 5 – První návrh layoutu na druhém vhodném prostoru pro stanoviště výroby budičů



**Příloha č. 6 – Druhý návrh layoutu na druhém vhodném prostoru pro stanoviště výroby budičů**





**Příloha č. 7 – Třetí návrh layoutu na druhém vhodném prostoru pro stanoviště výroby budičů**

