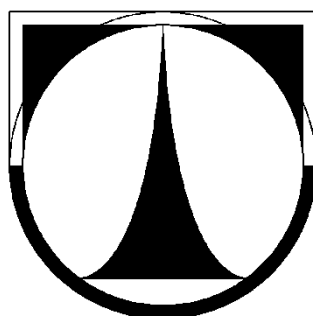


**Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní



Petr Vašíček

**LINKA NA VÝROBU NOSIČŮ ZADNÍCH  
HLAVOVÝCH OPĚREK**

Bakalářská práce

2011

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Obor: Strojírenství  
Zaměření: Výrobní systémy

# **LINKA NA VÝROBU NOSIČŮ ZADNÍCH HLAVOVÝCH OPĚREK**

KVS - VS - 101

Petr Vašíček

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. František Manlig

Počet stran: 41

Počet příloh: 0

Počet obrázků :15

Počet tabulek: 6

Počet modelů nebo jiných příloh: 0

V Liberci 7. 1. 2011

## **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 diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Ivanu Fojtíkovi a Ing. Janu Pavlatovi z firmy F.I.A. s.r.o. za velmi vstřícný přístup, věcné poznámky, věnovaný čas a ochotu.

Dále děkuji vedoucímu práce panu doc. Dr. Ing. Františku Manligovi a konzultantovi panu Ing. Janu Vavruškovi za cenné připomínky a rady.

V neposlední řadě patří obrovské díky mé přítelkyni a mé rodině za podporu v celém průběhu studia.

Bakalářská práce: KVS - VS - 101

**TÉMA: Linka na výrobu nosičů zadních hlavových opěrek**

**ANOTACE:**

Úkolem bakalářské práce je navrhnout montážní linku na výrobu hlavových opěrek pro firmu F.I.A. s.r.o. V návrhu je zahrnuto určení layoutu montážního pracoviště, výběr typu linky, rozmístění a určení optimálního počtu montážních pracovišť a zajištění zásobování. V první části je prezentována firma F.I.A. s.r.o., druhá část je orientována na teorii využitou v praktické části. Poslední část bakalářské práce se věnuje vlastnímu návrhu montážní linky, jejímu analyzování a kapacitním propočtům, z kterých je určeno vytížení montážní linky.

**THEME: Line on production porter rear cephalic stretchers**

**ANNOTATION:**

The task of this work is to design the assembly line to produce headrests for the company FIA Ltd. The proposal involves determining the layout of assembly workplaces, the choice of line type, location and determine the optimal number of assembly sites and ensuring supply. The first part presents the company F.I.A. Ltd., the second part is focused on the theory used in the practical part. The last part of this thesis is devoted to design their own assembly lines, its analysis and capacity calculations of which is determined by load an assembly line.

Desetinné třídění:

Klíčová slova: montážní linka, štíhlá výroba, plýtvání, zásobování, rozdělení linek

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

Dokončeno: 2011

Archivní označení zprávy:

Počet stran: 41

Počet příloh: 0

Počet obrázků: 15

Počet tabulek: 6

Počet modelů nebo jiných příloh: 0



---

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
1.1 Cíle bakalářské práce .....	8
1.2 Představení firmy F.I.A. s.r.o.....	8
<b>2 TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
2.1 Organizace výroby .....	10
2.2 Historie štíhlé výroby.....	11
2.3 Cíle štíhlé výroby.....	12
2.4 Možné způsoby dosažení cílů .....	13
2.5 Plýtvání .....	13
2.6 Návrh a rozdělení montážních linek .....	16
<b>3 PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>22</b>
3.1 Požadavky zákazníka .....	22
3.2 Návrh montážní linky .....	24
3.3 Diskutované návrhy .....	25
3.4 Určení vhodného typu linky .....	28
3.5 Popis montážní linky .....	30
3.6 Zásobování.....	32
3.7 Možné chyby.....	34
3.8 Využití montážní linky .....	35
<b>4 ZÁVĚR .....</b>	<b>39</b>

## Seznam použitých zkratk a symbolů

<b>Označení</b>	<b>Jednotky</b>	<b>Název veličiny/popis</b>
Layout		nákres dispozice
SMED		metoda štíhlé výroby
JIT		just- in- time
Jidoka		prevence problémů
Kanban		dílenské řízení výroby



## 1 ÚVOD

Díky konkurenci na trhu jsou firmy donuceny omezit výrobní náklady. Záměrem mnoha společností se stal přechod na automatizovanou výrobu, aby jednotlivé stroje, pokud to možnosti dovolí, pracovaly v lince. Jednotlivé stroje bývají opatřeny podavači a manipulačními roboty. Obecně je snahou docílit plynulého toku a nízkých zásob materiálu. [1]

### 1.1 Cíle bakalářské práce

Úkolem bakalářské práce je navrhnout montážní linku na výrobu zadních hlavových opěrek. Podstatou tohoto návrhu je uspořádání layoutu budoucí linky s ohledem na jednotlivé technologické uzly, popis jednotlivých výrobních operací, vhodné rozmístění jednotlivých pracovišť, vyřešení dopravy mezi jednotlivými technologickými operacemi. Dále pak navrhnout vhodné doplňování materiálu u jednotlivých operací a zpracovat výstup z linky ve vazbě na navazující operace, vhodnou metodou analyzovat možnosti vzniku chyb a eliminovat jejich důsledky.

Zadavatelem této zakázky je firma Nectec Automotive s.r.o. a je zhotovována firmou F.I.A. s.r.o., dále jen „F.I.A.“.

Cílem této práce je realizace a zhodnocení návrhu montážní linky.

### 1.2 Představení firmy F.I.A. s.r.o.

Vznik společnosti F.I.A. se sídlem v Jablonci nad Nisou se datuje k roku 1999 a jejím prvotním záměrem bylo vyhovět veškerým požadavkům klientů v oblasti jednoúčelových strojů s mechanickými pohony. V důsledku rozvoje ekonomiky v České republice, především pak automobilového průmyslu, se firma rozhodla rozšířit svou stávající nabídku o produkci montážních linek a pracovišť využívajících robotické systémy. V současnosti má firma potenciál ke kompletnímu vývoji a produkci linek se zvýšeným stupněm automatizace tj. využívání průmyslových manipulátorů a robotů.

Za dobu svého působení se F.I.A. stala předním a vyhledávaným dodavatelem mnoha prvotřídních firem nejen v Libereckém kraji např. TI Automotive, DENSO Manufacturing Czech, Grupo Antolin Bohemia, PARKER, ABB, FEHRER Bohemia, KSM Casting, TRW Carr, a mnoho dalších.

Cílem společnosti F.I.A., která se řadí mezi malé až středně velké podniky, je především rozvoj a produkce jednoúčelových strojů, montážních linek a automatizovaných pracovišť menších rozměrů s ohledem na požadavky klienta. Společnost má k dispozici své vlastní oddělení vývoje, konstrukce a také dílnu na montážní práce, což umožňuje konkrétní zhotovení produktu od jeho zadání, přes jeho samotnou konstrukci, montáž až po uvedení do provozu. Proškolení obsluhy je součástí nabídky a nechybí ani veškerá dokumentace na vyráběný produkt spolu s atestem.

Za cíl kvality firmy F.I.A. je považována spokojenost zákazníka s nabízenými službami a výrobky, a tím zajištění opakované spolupráce. [2]

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

Tato část práce se zabývá teorií týkající se organizací výroby, plýtváním při výrobních procesech a jejich eliminací, způsoby rozdělení montážních linek.

### 2.1 Organizace výroby

Organizaci výroby lze vysvětlit jako proces výrobního uspořádání (časového a prostorového). Výrobní vstupy, mezi které patří výrobní stroje a zařízení, materiál, ale i pracovníci, se spojují společně se základními výrobními prvky v jeden celek. Mezi hlavní problémy organizace výroby se řadí např. volba optimálního rozmístění jednotlivých pracovních jednotek, potíže s uspořádáním pracovních úkonů, rozdělení jednotlivých velkých pracovních úseků výroby na menší a praktické úseky. Důležitým krokem v samotné organizaci výrobních systémů jsou výrobní programy a jejich zadávání. Je třeba si uvědomit, v jakém typu programu se bude pracovat, jestli bude rozhodnuto vyrábět dle zakázek, nebo na sklad. Výroba podle zakázek je ovlivňována a přizpůsobena jednotlivým požadavkům zákazníka. Pokud se vyrábí na sklad, je třeba se řídit pouze poptávkou po daném typu výrobku, která je dopředu dána samotným výrobcem. Ovšem je tu omezení v podobě kapacity výrobních systému a také je zapotřebí přihlídnout k ekonomické stránce, která je ovlivněna uvedením daného produktu do výroby.

Při sériové a hromadné výrobě nachází uplatnění tzv. proudová výroba. Tento typ se vyznačuje rozložením výroby na jednotlivé pracovní úkony, které se následně vykonávají na daných pracovištích, což umožňuje zkrácení časů samotných výrobních operací. Pracovní jednotky se musí rozmístit tak, aby výrobek procházel výrobním procesem v plynulém toku a podle časové posloupnosti, kterou předepisuje technologický postup. Pravidelným opakováním výrobního procesu se usiluje o dosažení tzv. rytmičnosti linky. Typickým znakem proudové výroby je proudová linka, která se využívá mimo jiné při montáži v automobilovém průmyslu. Pro zajištění rytmičnosti linky je nutné zajistit a stanovit nejen výrobní takt linky, ale i takt jednotlivých pracovních jednotek na lince. Takt linky je dán časem, který je potřebný ke splnění všech operací na montážních pracovištích výrobní linky. Pracovní takt je určen časem potřebným ke zhotovení operace na montážním pracovišti. K udržení výrobního taktu je nutné zajištění synchronizace mezi jednotlivými pracovními operacemi. Tímto typem výroby se výrazně zvyšuje produktivita práce a zároveň snižují výrobní časy jednotlivých operací. Mezi nevýhody linek,

především vysoce automatizovaných, se řadí: značná náchylnost na poruchy a malá pružnost, tedy velmi obtížně se přizpůsobují změnám výrobního procesu na výrobu nového produktu, protože přestavba linky je velmi finančně nákladná. Tato nevýhoda se projevuje především v dnešní době, kdy velká konkurence na trhu nutí firmy zrychlovat výrobu a především měnit sortiment výroby dle přání zákazníka, která mají za následek přestavbu linek. Z těchto důvodů se také dává přednost sériové výrobě před výrobou hromadnou. Na volbu správného výrobního procesu mají vliv i další projevy např.:

- monotónnost práce u montážních linek s ruční výrobou
- včasné doplňování materiálu, nedostatek materiálu může vést k zastavení jednoho stroje, jež má za následek zastavení celé výrobní linky
- složitější výrobní linka (klade větší nároky na údržbu)
- vhodné uspořádání jednotlivých pracovišť
- vhodně zvolená práce na jednotlivých pracovištích vede k vyváženosti linky [3]

Obecně je výrobní linka definována jako soubor pracovních jednotek, propojených dopravním systémem a sloužících k vykonání jednotlivých operací vedoucích k montáži kompletního produktu či jeho součástí. [4]

## 2.2 Historie štíhlé výroby

Počátky náznaků štíhlé výroby započaly zaváděním strojů do výroby, čímž došlo k růstu produktivity práce. Hlavním problémem bylo spojení výkonných strojů s lidmi a jejich spojením získat produktivní soustavu. Aby se člověk mohl vyrovnat výkonnému stroji, musel sám jako stroj pracovat, což vedlo k myšlence dělby práce, kdy jednotlivý dělník vykonával pouze jednoduchý úkon. Tento způsob měl za následek zkrácení času ve výrobě. Revolučním zařízením se stala montážní linka, která byla vynalezena v roce 1913 Henry Fordem. Jejím využitím nejenže výrazně zkrátil dobu výroby, ale i umožnil zlevnění vyráběných produktů. [5]

Pojem štíhlá výroba, jak ji známe v dnešní podobě, je spojena s firmou Toyota a jménem Taiichi Ohno. Vznikla v 50. až 60. letech 20. století jako alternativní řešení k hromadné výrobě. Zaměřuje se nejen na celkové uspořádání výroby, ale především na kontakt se zákazníkem. Cílem je dosáhnout menší lidské námahy, minimalizovat pracovní prostor a zkrátit výrobní časy při realizaci objednávky. Tím se sníží výsledná cena produktu. Základním prvkem systému Toyoty jsou metody *just – in – time* (JIT)

a *jidoka*. V 50. a 60. letech byla tvorba Taiichiho Ohnoha rozšířena o poznatky Shigea Shinga, zabývajícího se metodou SMED, umožňující výrobu v menších objemech, což bylo nedocenitelné hlavně v dobách ropné krize, která zapříčinila zastavení průmyslového vývoje. V následujících letech byl běžný způsob hromadné výroby neuspokojivý. Pouze firma Toyota a podniky, které od ní převzaly výrobní metody, byly schopny nadále výnosně vyrábět. V 80. letech si japonské firmy, ale i celosvětové podniky uvědomily, že Toyota vymyslela něco neobyčejného, čemu je třeba věnovat pozornost. V ostatních japonských podnicích se začal s úspěchem využívat systém Toyoty, což mělo za následek jejich výrazný nárůst na celosvětovém trhu. V 70. a 80. letech se američtí a evropští experti posílali do Japonska za účelem získání zkušeností, které měli předat do svých podniků. Nebyli ovšem úspěšní, protože se dostali pouze k dílčím informacím např. kanban, jakostní kroužky, což bylo bez celého systému k ničemu. Dobrých výsledků dosahovaly pouze firmy, které zavedly celkový systém Toyoty. [6]

## 2.3 Cíle štíhlé výroby

### Nárůst kvality

V důsledku stálého zdokonalování a vývoje výrobních postupů dochází k minimalizaci počtu závad vyráběných zmetků a chyb. S ohledem na tento fakt klesají výrobní a provozní náklady na výrobu.

### Omezení výdajů

Základem výrobního procesu jsou lidské zdroje a vstupní materiál, které na začátku tvoří vstup do procesu, který končí hotovými výrobky. Zvýšení produktivity nastává, pokud se ze stejného počtu původních zdrojů vyrobí větší počet hotových výrobků nebo pokud se na stejný počet hotových výrobků spotřebuje menší počet původních zdrojů.

### Omezení výrobního oběhu

Doba, uplynulá od příjmu potřebného vstupního materiálu na výrobu určitého produktu, až po získání obnosu za produkty vyráběných ze vstupních materiálů se nazývá výrobní oběh. Pokud se podaří tuto dobu zkrátit, bude se moci za stejnou dobu vyrábět větší počet výrobků a bude se rychleji reagovat na zákaznickou potřebu.

## 2.4 Možné způsoby dosažení cílů

### Vhodné uspořádání výrobní linky

Výrobní linka se navrhuje tak, aby nezabírala mnoho místa. Pokud je linka příliš dlouhá, pak je třeba k její obsluze více pracovníků, přináší větší počet pracovních úkolů, jednotlivé pracovní operace trvají déle a logistika je nákladnější. Při vhodné optimalizaci pracovní plochy se dosáhne vyšší produktivity v identickém prostoru a zároveň se omezují zbytečné výdaje spojené s nevhodným návrhem. Výsledným efektem je úspora jak pracovních ploch, tak i veškerých finančních nákladů.

### Snížení přebytečných zásob

Přebytečné zásoby znamenají nevhodné využití prostoru, v jehož důsledku se zvyšují náklady na logistiku. Zbytečně se čerpá kapitál společnosti, který by mohl být použit v jiné sféře. Eliminace zásob spočívá ve využívání přepravních vozíků a malých kontejnerů, které se instalují do bezprostřední blízkosti linky.

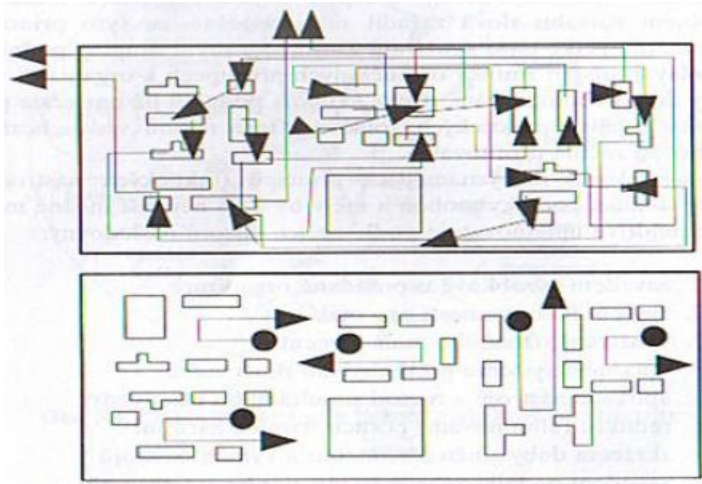
### Úspora ploch

Ve spoustě podniků je využíváno daleko více prostoru, než skutečnost vyžaduje. Při přechodu na štíhlou výrobu a jejím využití, se dosáhne snížení nepotřebného prostoru. Opět nabyté místo se může účelně využít.

## 2.5 Plýtvání

Veškeré procesy, které produktu nepřidávají na kvalitě a nesblíží jej se zákazníkem, se nazývají plýtvání. S ohledem na zvyšování produktivity není problém s plýtváním, které je zjevné, lze jej snadno zjistit a většinou také jednoduše odstranit. Problém nastává u tzv. skrytého plýtvání, které je charakterizováno činnostmi, jež se při výrobním procesu vykonaly. Zároveň se tyto činnosti mohou odstranit nebo nahradit dokonalejší organizací či vhodnější pracovní metodou. Mezi skryté plýtvání se může zařadit činnost výměny nástrojů, kontroly výrobků a vykonané práce, dopravy materiálů, přenosu informací atd. Plýtvání je způsobeno faktem, že podniky nevěnují dostatečnou pozornost optimálnímu rozdělení jednotlivých pracovišť. Tento způsob je více znám pod pojmem layout (obr. 1). Princip tohoto způsobu spočívá ve sledování toku materiálu, při kterém se několikrát

projde celým výrobním provozem a vytvoří se náskres pracoviště. Při správném využití layoutu se může předejít nedostatkům spojeným s plánováním výroby, zajistí se zbytečný a nerovnoměrný tok produktů, odhalí se úzká místa a tím i možný výskyt velkých mezioperačních zásob apod.



Obr. 1. náskres dílny

V praxi se využívá sedm základních druhů plýtvání dle Toyoty:

- nadvýroba
- čekání
- zbytečná manipulace
- nevhodné pracovní metody
- přebytečné zásoby
- zbytečné pohyby
- chyby

### **Plýtvání nadvýrobou**

Některé podniky se dopouštějí velké chyby v době, kdy se jejich výroba pozvolna rozjíždí. Začnou se vyrábět výrobky tzv. navíc pro případ, že by došlo k poruše pracovního zařízení, z obavy výskytu zmetků apod. Objevují se první známky nadvýroby, která má za následek další investice v podobě potřeby skladovacích prostor a dodatečné práce na výrobcích, které zůstaly na skladech. Výrobní koncept navržený Toyotou upozorňuje, že nadvýroba patří k nejhoršímu druhu plýtvání.

**Plýtvání čekáním**

Tento typ plýtvání se projeví v okamžiku, kdy kvůli čekání stojí výrobní proces. Považuje se za plýtvání zjevné a snadno rozpoznatelné. Je způsobeno především nedostatkem materiálu, opravou a seřizováním strojů.

**Plýtvání zbytečnou manipulací**

Jedná se o vůbec nejrozšířenější druh plýtvání. Je třeba si uvědomit, že není způsobeno pouze rozvozem produktů mezi podniky, ale i tokem materiálu ve výrobním provozu. Tok materiálu mezi výrobou, meziskladem a skladem je třeba zajistit podnikovou dopravou, což znamená další plýtvání kapitálem.

**Plýtvání nevhodnou pracovní metodou**

Tento typ plýtvání se spojuje s vykonáváním dodatečné práce z důvodu špatného pracovního postupu. Nejčastějšími důvody tohoto plýtvání jsou: nevhodná konstrukce produktu, nástroje či přípravku, nevhodné rozmístění jednotlivých pracovišť na lince, zvolení nevhodného materiálu apod.

**Plýtvání přebytečnými zásobami**

Původ tohoto plýtvání souvisí s naskladňováním přebytečného materiálu, hotových výrobků, rezervních dílů atd. Opět se vynakládají dodatečné náklady na jejich údržbu a manipulaci (více zaměstnanců, manipulační jednotky, více ploch apod.).

**Plýtvání zbytečnými pohyby**

Jedná se o veškerý typ pohybů, který produktu nepřidává na hodnotě. Mezi tyto pohyby patří: pohyby dělníka od stroje pro materiál, pohyby dělníka mezi dvěma vzdálenými obsluhovanými pracovišti atd. Mohou to ovšem být i pohyby dělníka u montážní linky, které jsou spojeny s podáváním součástek ze zásobníku, zbytečná manipulace s výrobkem apod.



### **Plýtvání způsobené chybami**

Každá chyba, která se ve výrobním procesu vyskytne, znamená zbytečné náklady. Objevují se v podobě výrobních zmetků. Poškozené výrobky mohou navíc porouchat pracovní stroje, čímž se výrazně zvednou náklady na jejich odstranění. V případě, že vadu odhalí zákazník, může to mít neblahý dopad na další případnou spolupráci. [7], [8]

## **2.6 Návrh a rozdělení montážních linek**

Při návrhu montážních linek se postupuje obdobně jako u návrhu kteréhokoli výrobního systému a je důležité stanovit hlavní funkci samotné linky. Dalším důležitým aspektem jsou prostorové dispozice podniku, kterými disponuje pro vybudování a provoz linky.

Faktory, které mají vliv na volbu montážní linky:

1. vlastnosti daného výrobku:

- rozměr výrobku
- hmotnost výrobku
- složitost zhotovení výrobku

2. uspořádání výroby

- synchronizace jednotlivých pracovních operací
- pracovní vytíženost jednotlivých pracovišť
- výrobní takt
- pružnost výroby

3. montážní pracoviště

- počet pracovišť
- strojní / manuální
- v případě manuálního celkový počet dělníků
- bezpečnost
- spolehlivost

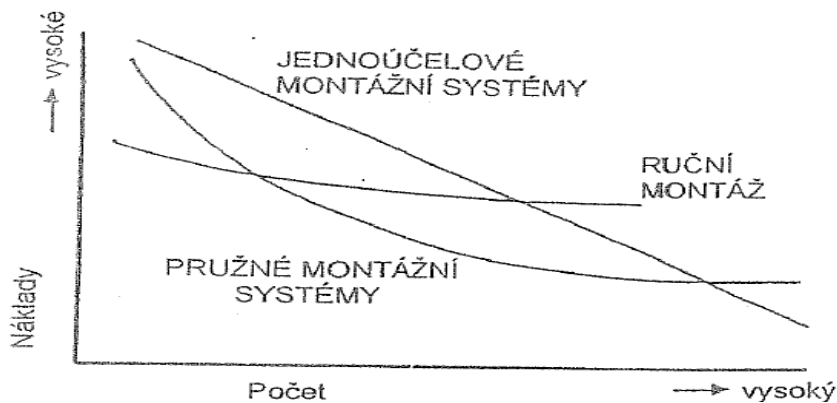
4. požadavky zákazníka

- celkový objem výrobků
- počet výrobku za určité časové období

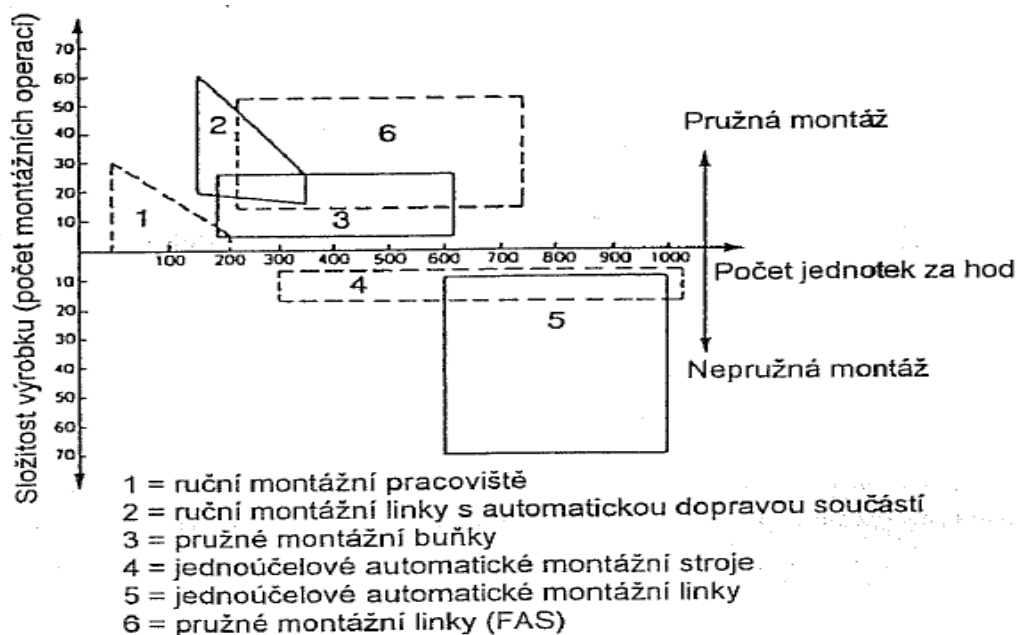
- maximální cena montážní linky
- zajištění vysoké produktivity

Jednotlivé faktory působí současně a vzájemně se ovlivňují.

Se správnou volbou vhodného montážního systému může pomoci rozdělení dle Lottera (obr. 3), kde se zobrazuje závislost složitosti výrobku na pružnosti (nepružnosti) montáže, respektive dle Behuniaka (obr. 2), kde se zobrazuje závislost výrobních nákladů na počtu výrobků. Z obrázků si lze udělat představu, za jakých podmínek se používá montážní linka či jiný způsob výroby. [9]



Obr. 2. výdaje závislé na objemu výroby dle Behuniaka [9]



Obr. 3. dělení montážních systémů dle Lottera [9]

Rozdělení montážních linek lze provést mnoha způsoby např. dle počtu montovaných součástí, dle práce a funkce člověka v montáži, atd. Podrobnější rozdělení je znázorněno v tab. 1.

Tab. 1. rozdělení montážních linek [10]

<b>ROZDĚLENÍ MONTÁŽNÍCH LINEK</b>	
<b>dle pohybu montovaného výrobku</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nepohyblivé linky tzv. stacionární</li> <li>• linky s pohybujícím se výrobkem</li> </ul>
<b>dle prostorového uspořádání</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• jednoduché linky</li> <li>• rozvětvené linky</li> </ul>
<b>dle počtu montovaných druhů</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• jednopředmětové linky (stálé)</li> <li>• víceřadové linky (střídavé)</li> </ul>
<b>dle vzájemné synchronizace operací (stupeň nepřetržitosti montážního procesu)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• synchronizované linky (nepřetržité)</li> <li>• nesynchronizované linky (přerušované)</li> </ul>
<b>dle udržování stanovené rytmičnosti montáže</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• linky s vázaným montážním rytmem (pevný takt)</li> <li>• linky s nevázaným (volným) montážním rytmem</li> </ul>
<b>dle technického vybavení práce a funkce člověka v montáži</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ruční linky</li> <li>• mechanizované linky</li> <li>• automatické linky</li> </ul>

### **Jednoduchá jednosměrná linka s bočním postavením pracovišť**

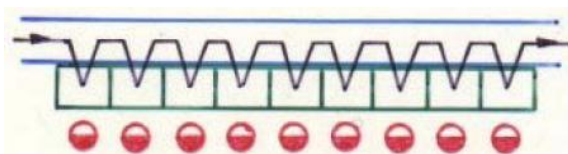
Tento typ linky se často využívá pro své výhodné konstrukční řešení, které umožňuje využívání objemnějších přípravků a pracovních strojů, což klade větší nároky na prostorové dispoziční, ovšem ve variantě oboustranného uspořádání šetří místo. Vykazuje větší vzdálenost mezi dopravníkem a pracovištěm, ale bez problému se přizpůsobuje jak změně typu výrobního sortimentu, tak i jeho objemu. Na tomto typu se vyrábí produkty větších rozměrů a ve variantě oboustranného uspořádání i velkosériově.



Obr. 4. jednosměrná linka s bočním postavením pracovišť [10]

### Jednoduchá jednosměrná linka s čelním postavením pracovišť

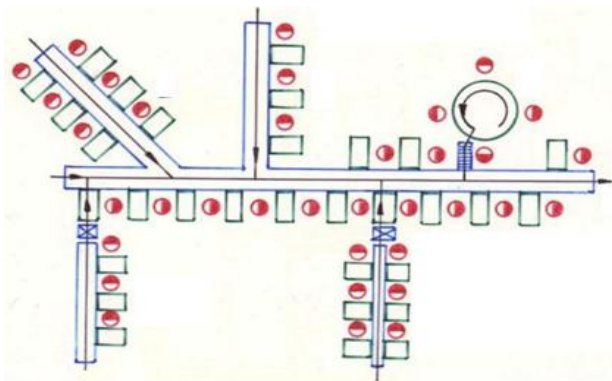
Samotná realizace tohoto typu linky nevyžaduje velký pracovní prostor, což umožňuje její jednoduchou konstrukci. K výrobě lze využít jen menších pracovních strojů a přípravků. Vzhledem k rozmístění jednotlivých pracovišť se zkracuje doba mezi dopravníkem a pracovištěm, což vede k vyšší produktivitě práce, ovšem v cestě jim nesmí stát žádná překážka v podobě přípravku, zásobníku apod. Na těchto typech se vyrábí produkty menších rozměrů, velmi dobře se přizpůsobují změnám výrobního sortimentu.



Obr. 5. jednoduchá jednosměrná linka s čelním postavením pracovišť [10]

### Rozvětvené linky

Realizují se na větších pracovních prostorech. Vyznačují se složitým uspořádáním jednotlivých pracovišť a jejich vzájemnou synchronizací při výrobě. Tyto typy jsou velmi náchylné na poruchy a velmi obtížně se přizpůsobují změnám výrobního procesu. Všechny tyto aspekty předurčují tento typ linky k hromadné a velkosériové výrobě jednoho neměnného produktu.



Obr. 6. rozvětvená linka [10]

### **Vícepředmětové linky**

Mají využití ve větší míře a to především díky své schopnosti pružněji se přizpůsobovat změnám výrobního procesu. Využívají se na hromadnou a sériovou výrobu, mají vysoké pořizovací náklady.

### **Synchronizovaná (synchronní) montážní linka**

Tento typ linek se vyznačuje pevnou vazbou mezi jednotlivými pracovními jednotkami, tedy manipulace a doprava výrobku je pevně dána. Mezi dopravním systémem a montážní jednotkou dochází k jejich pravidelnému střídání úkonů. Montážní jednotka, která vykazuje nejdelší čas pro vykonání své operace, zároveň slouží jako takt linky.

### **Nesynchronizovaná (asynchronní) montážní linka**

Tento typ linek se vyznačuje volnou vazbou mezi jednotlivými pracovními jednotkami, tedy manipulace a doprava výrobku není pevně dána. Velmi snadno se přizpůsobuje změnám výrobního produktu. U těchto linek se obvykle počítá s mezioperační zásobou montovaných produktů, což vede k vysoké produktivitě práce. U tohoto typu je takt linky volný jen částečně, protože u pracovních jednotek obsluhované ručně závisí takt linky na rychlosti jednotlivých pracovníků. [10]

### **Optimalizace výrobní linky**

Optimalizací výrobní linky se nazývá proces, který má za úkol zvýšit výkon výrobní linky a tím i její produktivitu, dosáhnout kvalitnějších výrobků, omezit pracovní plochu, inovovat pracovní prostředí a podmínky.

Tento úkol se rozděluje do několika základních etap. Na začátku se definují cíle, kterých se chce dosáhnout, vymezí se časový plán a určí se možná rizika. Vytvoří se podrobná analýza současného stavu výrobní linky. Tato analýza se zabývá uspořádáním výroby, strojovým parkem a jeho využitím, aktivitou pracovníků. Monitorují se vynaložené náklady na vyráběné a nakupované díly, dohlíží se na využívání pracovních ploch apod. Následně se navrhuje varianty nového uspořádání výrobní linky (layouty). Dochází k vyhodnocování jednotlivých variant podle zadaných kritérií, stanovuje se takt linky dle požadavků zákazníka. Pro lepší představu o kvalitách jednotlivých návrhů se využívá simulačních modelů. Další fází celkové optimalizace je detailní layout linky s následnými

podrobnými požadavky týkající se jednotlivých pracovišť linky. V této fázi se také rozvrhují jednotlivá pracoviště s ohledem na vykonávané operace, stanovuje se jejich výrobní takt s přihlédnutím na celkový výkon linky. Závěrečnou fází jsou zkušební provozy výrobní linky, během kterých se detailně sledují jednotlivé pracovní operace na lince. Tohoto sledování by se měli zúčastnit všechny strany podílející se na celkovém návrhu výrobní linky, z důvodu podnětů vedoucí k odstranění nedostatků. Následuje začlenění linky do výrobního procesu. [11]

### 3 PRAKTICKÁ ČÁST

Tato část práce se zabývá požadavky zákazníka, návrhem a popisem montážní linky, popisem operací na jednotlivých pracovištích a prezentuje vytížení montážní linky v jednotlivých letech.

#### 3.1 Požadavky zákazníka

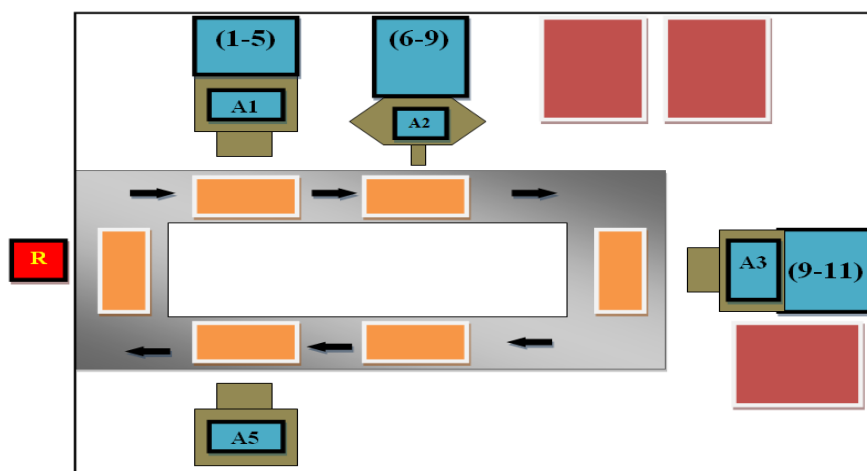
S ohledem na vyráběný díl (hlavová opěrka) se navrhuje vhodný typ montážní linky. Základním východiskem pro vhodnou volbu montážní linky jsou počáteční požadavky zákazníka, ze kterých se vychází. Jedním z požadavků je celkový objem vyrobených kusů v určitém časovém období dle tab. 2.

Tab. 2. počet požadovaných kusů [12]

Zadní hlavová opěrka							
Rok	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Krajní	8 688	151 090	256 034	284 757	276 542	248 375	218 752
Středová	10 633	184 916	304590	286 933	260 687	234 959	209 146
<b>Celkem</b>	<b>19 321</b>	<b>336 006</b>	<b>560 624</b>	<b>571 690</b>	<b>537 229</b>	<b>483 334</b>	<b>427 898</b>

Další požadavky zákazníka:

- montážní proces hlavové opěrky koncipovat do čtyř pracovních stanic
- vymezená plocha pro kompletní montážní linku je cca 6m x 5,5m
- ponechat místo pro jedno rezervní pracoviště



Obr. 7. návrh layoutu dle zákazníka

Zákazník poskytl layout montážního pracoviště (viz obr. 7), kde je zachycen potenciální návrh montážní linky. Montážní linka se skládá ze čtyř pracovních stanic označených A1, A2, A3 a A5. Čísla v závorce označují jednotlivé položky hlavové opěrky dle kusovníku (tab. 3), které by se měli v jednotlivých pracovních stanicích montovat. Takt linky se stanovil na 24s a v tomto taktu je zahrnuta rezerva na případné opravy a údržbu montážní linky.

Tab. 3. kusovník hlavové opěrky [12]

<b>Kusovník hlavové opěrky</b>	
<b>1.</b>	plastová skořepina
<b>2.</b>	ocelová záklapka – šíbr
<b>3.</b>	přítlačná pružina
<b>4.</b>	pero 20G (pojistka záklapky) – planžeta
<b>5.</b>	mazadlo – ultrasol
<b>6.</b>	vnější třmen
<b>7.</b>	středový třmen
<b>8.</b>	přestavovací zkrutná pružina
<b>9.</b>	gumový doraz
<b>10.</b>	plastové víčko – krytka
<b>11.</b>	4 ks samořezných šroubů

Začátek montážního procesu je ve stanici A1 a pokračuje ve směru šipek. Stanice A5 slouží jako kontrolní stanice a stanice A4 není zobrazena, jelikož se na přání zákazníka jedná pouze o rezervní pracoviště linky. Hotový produkt se následně odebere příslušným zařízením označeným symbolem R.

Z obrázku je patrné, že tento způsob návrhu montážní linky není příliš vhodný vzhledem ke své složitosti, jak z hlediska konstrukčního, tak i montážního. Navíc přináší řadu nevýhod např.:

- nesouvislý tok jednotlivých dílů
- reálná hrozba nesplnění výrobního taktu což vede k nesplnění výrobního objemu
- vyšší riziko vzniku chyb
- obtížná údržba jednotlivých pracovních stanic
- horší zásobování jednotlivých pracovních stanic
- nevhodně rozmístěné zásobníky s materiálem



Naopak výhodou se stane ušetření celkové plochy na provoz montážní linky a vzhledem k počtu jednotlivých pracovišť také nižší provozní náklady.

Tento způsob návrhu je nevhodný a je třeba provést nový, který by splnil zákazníkovi požadavky a zároveň by eliminoval výše uvedené nedostatky.

Výrobu opěrky lze shrnout na několik pracovních úkonů dle tab. 4.

Tab. 4. výrobní kroky

1.	založení skořepiny na paletku
2.	zastrčení ocelové záklapky (šíbru) do skořepiny
3.	založení planžety a přítlačné pružiny do skořepiny
4.	nasunutí zkrutné pružiny a gumového dorazu na třmen
5.	založení třmenu do skořepiny
6.	vložení krytky na skořepinu
7.	zašroubování krytky ke skořepině
8.	kontrola výrobku

### 3.2 Návrh montážní linky

Návrh linky by se měl zhotovit tak, aby se splnily počáteční požadavky stanovené zákazníkem a vhodným návrhem eliminovat vznik možných chyb v montážním procesu.

Principem návrhu je určení:

- vhodného typu montážní linky
- přiměřeného počtu pracovních stanic
- vhodného rozmístění jednotlivých pracovních stanic a zásobníků materiálů
- nalézt vhodné místo zásob materiálů

Určení vhodného typu linky – berou se v úvahu počáteční požadavky zákazníka, především objem výroby (viz tab. 2), z kterého vyplývá, že se bude jednat o hromadnou montáž jednoho typu výrobku. Lze také přihlídnout k rozdělení montážních linek podle Behuniaka respektive dle Lottera.

Počet pracovních stanic – při určování počtu pracovních stanic se musí přihlídnout k množství jednotlivých dílů, z kterých se hlavová opěrka skládá (viz tab. 3). Je nezbytné mít jasnou představu o montáži celé opěrky. Tyto poznatky se využijí k rozfázování výrobního postupu a tudíž lze přesněji určit počet pracovních stanic. Důležitým faktem jsou takřka identické díly (oba třmeny), jejichž operaci lze provést v jedné pracovní stanici.

Další aspekty ovlivňující počet pracovních stanic:

- pracovní plocha celého pracoviště
- ekonomické hledisko-nadbytečné množství pracovních stanic zvyšuje celkové náklady na provoz

Menší počet pracovních stanic znamená obdobné nevýhody jako u návrhu poskytnutého zákazníkem.

Uspořádání pracovních stanic – správné rozmístění jednotlivých pracovních stanic se uzpůsobí postupu montáže, která vede k výrobě hlavové opěrky. Snahou je předejít zbytečným časovým ztrátám, způsobenými nadbytečnou přepravou dílů, jak mezi montážními stanicemi, tak i ze zásobníků k samotné montážní stanici. Musí se brát ohled na rozmístění ostatních pracovišť, především pokračuje-li výrobek z montážního pracoviště na další pracoviště. Je nezbytné brát v úvahu zásobování jednotlivých pracovních stanic.

Dalšími kritérii pro správné uspořádání pracovních stanic:

- vymezená plocha pracoviště
- počet pracovních stanic
- způsob zásobování
- bezpečnostní prvky, které budou kolem jednotlivých stanic

### **3.3 Diskutované návrhy**

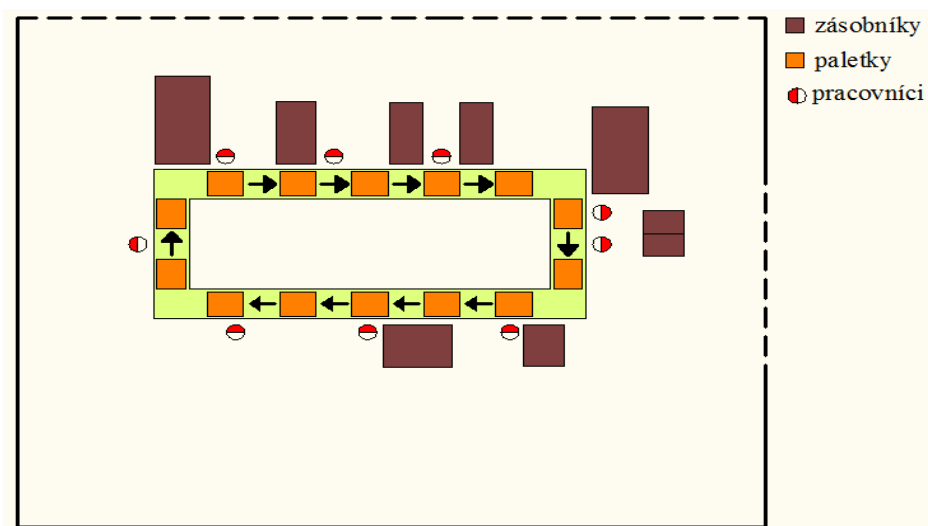
Při volbě vhodného typu budoucí montážní linky se zvažovaly následující typy:

- ruční linka
- automatizovaná linka s tzv. U- tvarem

- kombinovaná linka ve formě stroj-člověk
- automatizovaná linka obdélníkového tvaru

### Ruční linka

S ohledem na výrobní postup hlavové opěrky je třeba alespoň 9 pracovníků (obr. 8), aby se zajistil výrobní takt a práce v jednotlivých stanicích nebyla příliš náročná. Výroba, s přihlédnutím na objem výroby, bude s největší pravděpodobností probíhat ve vícesměnném provozu, proto na samotnou montáž výrobku bude třeba minimálně 18 pracovníků.



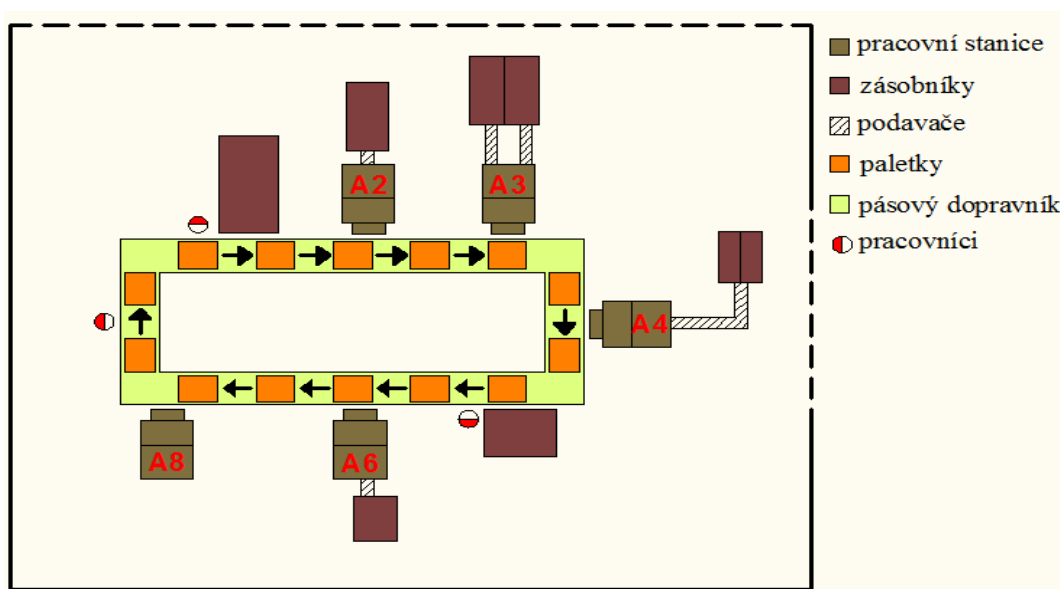
Obr. 8. návrh ruční linky

- Výhody tohoto způsobu:
- pracovníci při jednotlivých pracovních úkonech mohou kontrolovat jednotlivé díly, jestli nejsou komponenty při manipulaci, nebo doplňování mechanicky poškozeny. Lze tím předejít zbytečnému plýtvání materiálu
  - výrazně se šetří prostor potřebný pro zhotovení montážní linky
  - volný prostor může zákazník libovolně využít
  - jednoduchost pracovních stanic
  - bezproblémové zásobování

- Hlavní nevýhody: - náklady spojené s provozováním samotné linky (platy zaměstnanců)
- oproti strojům vyšší pravděpodobnost vzniku zmetků → plýtvání materiálem
  - nutnost pracovních přestávek → snížení výrobní kapacity

### Kombinovaná linka stroj-člověk

Princip tohoto typu montážní linky spočívá ve vykonání některých nenáročných pracovních operací lidskou silou a zbytek práce vykonají stroje (obr. 9).



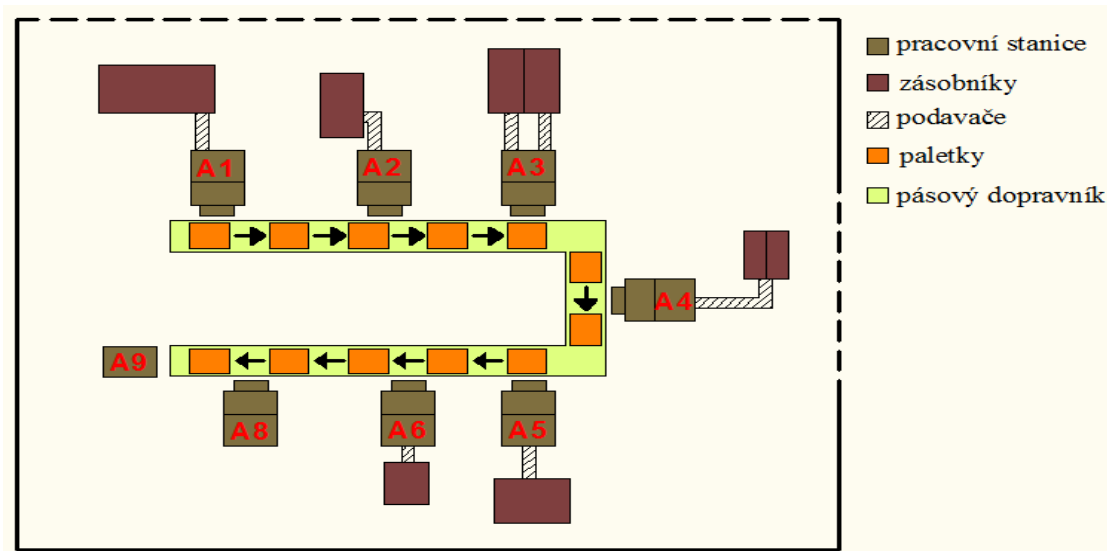
Obr. 9. návrh kombinované linky

Výhodou takového návrhu je zejména ušetření pracovní plochy a zároveň se splní počáteční požadavky. Zásobování linky se také jeví jako bezproblémové s ohledem na vstupy (výstupy) montážního pracoviště. Skutečnost, že na lince budou působit pracovníci, zvyšuje pravděpodobnost výskytu zmetku. Při vícesměnném provozu se musí brát ohled na situaci, kdy dochází ke střídání pracovníků na směně. Linka se s největší pravděpodobností na určitý časový interval zastaví, což se projeví na výrobní kapacitě.

### U-linka

Tento typ návrhu splňuje všechny podmínky vedoucí ke splnění požadavků kladené zákazníkem. Fakt, že ve všech pracovních stanicích budou pracovat automatizované stroje,

zaručuje minimální zmetkovitost (0.1%). Ovšem kladou se větší nároky na konstrukci celé linky i na konstrukci jednotlivých pracovních stanic. Hlavním nedostatkem tohoto návrhu je komplikované řešení, které by vedlo ke stálému oběhu dopravníku s paletkami (viz obr. 10).



Obr. 10. návrh U-linky

### 3.4 Určení vhodného typu linky

S určením vhodného typu montážní linky pomůže rozdělení dle tab. 5 kde jsou zhodnocena některá kritéria kladená na montážní linku. V dnešní době jsou rozhodující zejména finance. Náklady na automatizovanou strojní linku se budou pohybovat kolem 4,5 miliónů korun. Vzhledem k tomu, že výroba hlavové opěrky se datuje až do roku 2021, je ruční nebo kombinovaná linka z finančního hlediska nerozumnou volbou. Navíc zmetkovitost automatizovaných linek se pohybuje v řádu 0.1%.

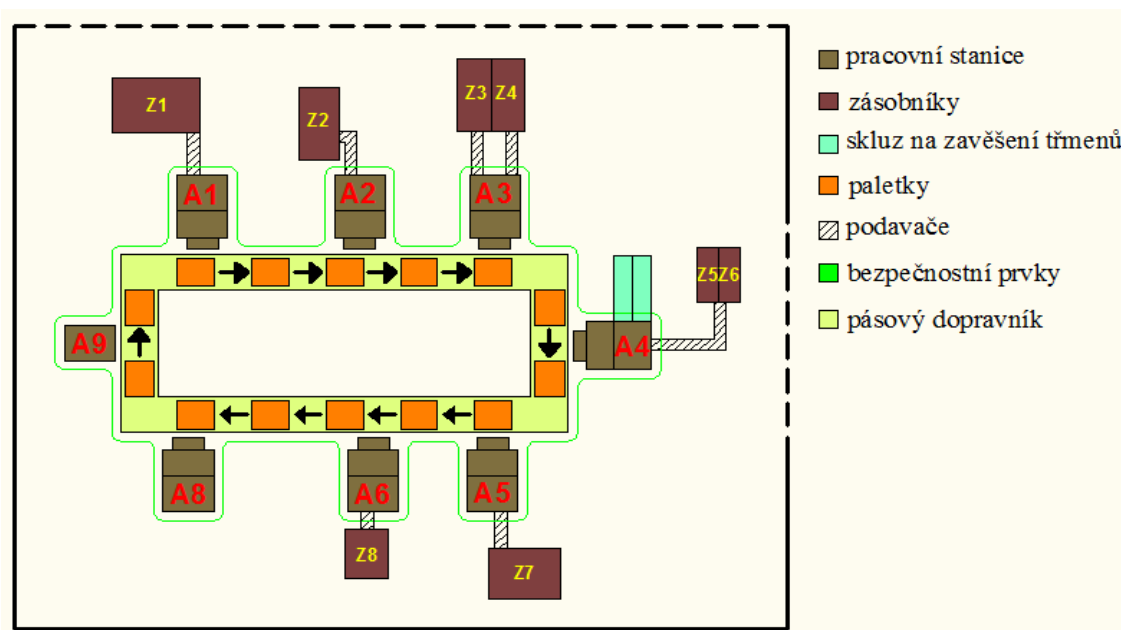
Tab. 5. porovnání typů montážních linek

Typ linky	Náklady	složítost konstrukce	Zmetkovitost	prostorové využití
Ruční	–	+	–	–
kombinovaná	–	+	+	–
U-linka	+	–	+	+
obdélníková	+	–	+	+

S přihlédnutím na výše uvedenou tabulku se linka koncipuje jako asynchronní, s obdélníkovým tvarem a osmi pracovními stanicemi (obr. 11). Pracovní stanice jsou označeny symboly A1-A9 (A7 případné pracoviště na základě zákaznickova požadavku). Čárkovanou čarou jsou vyznačená místa, která jsou určena k přístupu na montážní pracoviště.

Navržených osm pracovních stanic má několik výhod, mezi které patří:

- plynulý tok jednotlivých částí výrobku
- je zajištěn výrobní takt, který je zákazníkem stanoven na 24s
- výrobní proces je přehlednější
- vyšší využití pracovní plochy
- snadnější údržba



Obr. 11. obdélníková linka

Z1- zásobník na skořepiny

Z3- zásobník na přitlačné pružiny

Z5- zásobník na zkrutné pružiny

Z7- zásobník na plastová víčka (krytky)

Z2- zásobník na ocelové záklapky (šíbry)

Z4- zásobník na pera 20G (planžety)

Z6- zásobník na gumové dorazy

Z8- zásobník na samořezné šrouby

- A1- pracovní stanice zakládající skořepinu na paletku
- A2- pracovní stanice zakládající ocelovou záklapku (šíbr) do skořepiny
- A3- pracovní stanice zakládající pero 20G (planžetu) a přítlačnou pružinu do skořepiny
- A4- pracovní stanice nasunující zkrutnou pružinu a gumový doraz na třmen, následně založí třmen do skořepiny
- A5- pracovní stanice vkládající plastové víčko (krytku) na skořepinu
- A6- pracovní stanice zašroubovávající plastové víčko (krytku) ke skořepině
- A8- kontrolní stanice
- A9- odebírací stanice

### **3.5 Popis montážní linky**

Výrobní proces začíná v pracovní stanici označené A1 a pokračuje se ve směru šipek. Transport jednotlivých dílů mezi pracovními stanicemi se děje pomocí dopravníkového systému (čtveřice pásových dopravníků) s montážními paletkami.

Paletky se ve stanicích zastavují stoperem. Před vjetím paletky do pracovní stanice se pás dopravníku přizdvihne tak, aby paletka najela na opěrné lišty. Po zastavení paletky pás klesne, a tudíž volně podbíhá pod paletkou, která zůstala sedět na opěrných lištách. Paletka se ve stanici ustaví a zajistí. Na paletce se provedou příslušné pracovní operace, následně se odjistí, zdvihne se pás a paletka odjíždí na další operaci. Každá paletka bude mít označení, podle kterého systém bude vědět, které operace se na dané paletce provedly. Pohyb jednotlivých paletek nastane až po skončení všech dílčích pracovních operací, které na pracovištích linky probíhají a na jejich přesun mezi pracovními stanicemi je potřeba zhruba 2,5 sekund.

Přeprava jednotlivých dílů mezi zásobníky a pracovními stanicemi se realizuje pomocí podavačů (lišťových, vibračních).

#### **Popis jednotlivých pracovních stanic**

Stanice A1 – založení skořepiny: skořepiny jsou volně sypané do zásobníku (příslušného množství), ze kterého se vybírají lišťovým podavačem a cestou ke stanici se pomocí otočí naorientují. Manipulátorem se založí do paletky. Po založení se provede automatické mazání – pomocí houbičky a dávkovače. V dané pozici bude místo pro bednu s díly.

Stanice A2 – založení šíbru: šíbr je volně sypaný v lištovém podavači a cestou ke stanici se opět naorientuje. Z koncového místa se odebere manipulátorem, který založí šíbr do skořepiny v předmontážní poloze (našikmo) a poté se zatlačí shora na šíbr, dochází k jeho zasunutí (montáži) do skořepiny.

Stanice A3 – založení planžety a pružiny: oba díly se podávají a orientují vibračními podavači. Nejprve se manipulátorem založí planžeta, poté se přesune šíbr do druhé polohy tak, aby se vytvořil na straně tlačné pružiny prostor mezi výstupky pro její montáž. Pružina z lišty zapadne do komory, která bude přijíždět ke skořepině. Pružina bude pomocí magnetického tlačníku tlačena směrem dolů dutinou, která se bude zužovat a tím dojde ke stlačení pružiny. Jakmile pružina opustí komoru (výstupky jsou již uvnitř pružiny), automaticky dojde k jejímu uvolnění. Tlačník i komora vyjedou nahoru a nabije se další pružina.

Stanice A4 – založení a předmontáž třmenu: předmontáž třmenu s pružinou a dorazem proběhne mimo hlavní linku - v pobočné stanici, která je součástí pracovní stanice A4. Zkrutné pružiny se podávají a orientují vibračním podavačem s dosypáváním. Gumové dorazy se dopraví vibračním podavačem. Třmeny jsou pověšeny na skluzech, přičemž každý typ třmenu má 4 vlastní skluzy. Orientace ve skluzech se zajišťuje mechanicky (vodítky). Skluzy jsou opatřeny kontrolou proti záměně dílů. Skluzy se zakrytují a opatří koncovými spínači se zámkem. Skluzy se automaticky přestavují podle stavu naplnění a podle vyráběného typu, přičemž pokud se vyrábí jeden typ, nelze otevřít kryt pro doplnění druhého typu. Při otevřených krytech je zabráněno přesouvání skluzů. Gumový doraz se bude na třmen nasouvat manipulátorem. Výstupem bude osazený třmen. Manipulátorem se odebere třmen a založí se do zakladačky předmontáže. Třmen bude nastojato tak, že trubka, na kterou se nasazuje pružina, je nahoře a směřuje šikmo nahoru. Pružina se nasadí na kraj trubky a vlastní tíhou sjede až k návarku – dlouhá nožička pružiny ji udržuje ve správném směru, aby nedošlo k zaseknutí. Otočný palec otočí s pružinou, aby se zasekla o návarek a předpruží ji. Dojde k zajištění pružiny. Druhým manipulátorem se odebere předmontovaný komplet se zajištěnou pružinou a vloží třmen do skořepiny, kde dojde k zasunutí a zajištění pružiny do skořepiny. Dále se na paletce přestaví zajišťování třmenu a cyklus se opakuje.



Stanice A5 – montáž krytky: doprava a orientace se zajišťuje lištovým podavačem. Manipulátorem se odebere krytka a založí se do skořepiny.

Stanice A6 – montáž šroubů: šrouby jsou šroubovány jedním šroubovákem s automatickým podáváním šroubů. Šrouby se orientují vibračním podavačem. Zde dojde po našroubování k odjištění třmenu.

Stanice A7 – volné místo: prostor pro případnou další stanici.

Stanice A8 – kontrolní stanice: zde se provede kontrola a vytiskne se štítek. Nejprve se provede kontrola rozteče nožiček třmenu pomocí čtyřech pneumatických válečků opatřených analogovým snímačem (2 na jedné nožičce). Kontrola síly a momentu se vyhodnocuje pomocí tenzometrů. Na pohyb šíbru je válec s tenzometrem. Dalším válcem se provede odjištění planžety. Dále je tam otoč s tenzometrem na vyhodnocení momentu. Nejprve se vyzkouší funkce planžety – neodjistí se a válec začne tlačit na šíbr – větší síla=OK. Poté se odjistí planžeta a přestaví se šíbr – kontrola síly na stlačení. Začne se otáčet s třmenem – kontrola charakteristiky pružiny. Třmen se vrátí do výchozí polohy a uvolní se šíbr. Poté se vyzkouší funkce šíbru – po návratu válce tlačícího na šíbr se zkusí znovu otočit třmenem – pokud nejde=OK – šíbr se vrací.

Stanice A9: odebírací pozice: zde se odebere smontovaný komplet robotem. [12]

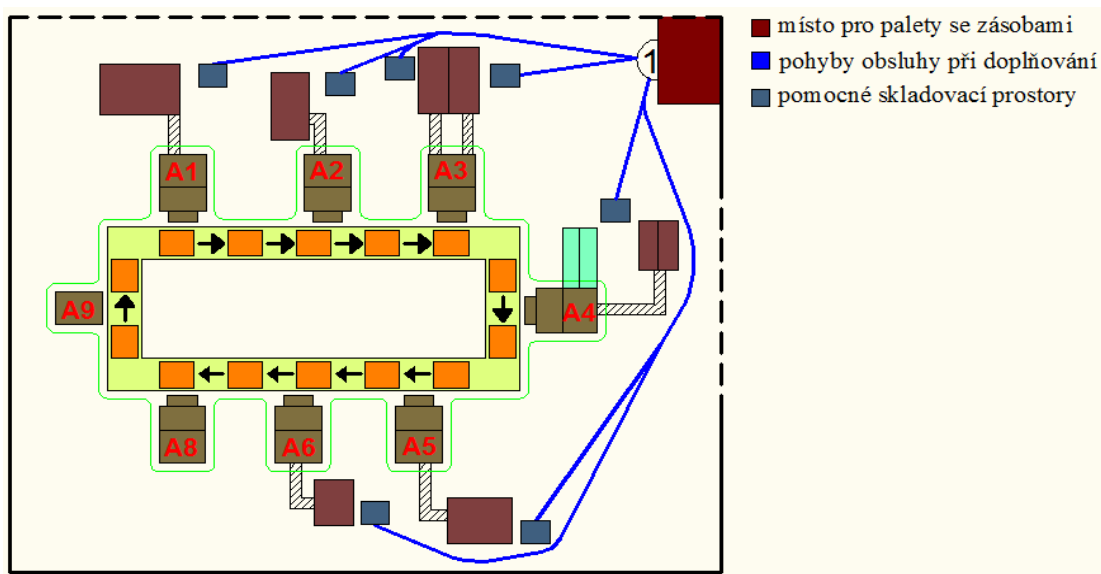
Kolem každé pracovní stanice se musí použít bezpečnostní prvky, mezi které patří:

- závory
- ploty
- clony
- čidla
- snímače

### **3.6 Zásobování**

Zásobování je nutné pro zajištění plynulosti výrobního procesu. Je tedy nezbytné zajistit včasné doplnění materiálem. Jednotlivé zásobníky se vybavují tzv. snímačem

hladin, které při poklesu pod tuto hladinu upozorní obsluhu, že se musí zásobníky doplnit. Upozornění obsluhy proběhne jak zvukovou tak světelnou formou. Signalizační zařízení se umístí nad montážní pracoviště, aby bylo dobře viditelné. Doplnění materiálem probíhá z míst situovaných u jednotlivých zásobníků, které plní účel pomocných skladových prostor materiálu. Eliminuje se tak situace, že by obsluha nestihla doplnit zásobníky z hlavního zásobovacího prostoru a linka by se musela zastavit vzhledem k nedostatku materiálu, což vede k plýtvání. Materiál je uložen v přepravech nebo krabicích a do zásobníků je volně sypán obsluhou. Prostor hlavních skladovacích zásob bude cca na dvě palety a na těchto paletách budou přepravky nebo bedny s materiálem, jejichž manipulace z vnějšku na montážní pracoviště se zajistí paletovým vozíkem. K pomocným pracovním prostorům se montážní díly budou dle potřeby přenášet ručně nebo převážet paletovým vozíkem. Zaleží na rozměrech a hmotnosti jednotlivých dílů, z kterých je opěrka složena. Vhodné místo pro umístění palet s náhradním materiálem, pomocné pracovní prostory a pohyby obsluhy při doplňování jsou zobrazeny na obr. 12.



Obr. 12. spaghetti diagram obsluhy při zásobování

Začátek procesu doplňování je označen číslem 1. Z obrázku je patrné, že nedochází ke zbytečnému plýtvání způsobeným nadměrným pohybem pracovníka a všechny skladovací místa jsou dobře dostupná. Paletový vozík se umístí v prostorách palet s náhradním materiálem.

Hlavní zásobovací prostor se jeví jako nejvýhodnější z hlediska:

- snadného přístupu z vnějšku na pracoviště
- zásobování a rozmístění jednotlivých zásobníků
- nepřekáží výrobnímu procesu
- snadné zásobování všech pracovních stanic

### 3.7 Možné chyby

Eliminace chyb ve výrobním procesu jsou nezbytné, jakákoli chyba, která nastane, znamená zbytečné náklady. Mezi chyby, které mohou vzniknout na montážním pracovišti, patří:

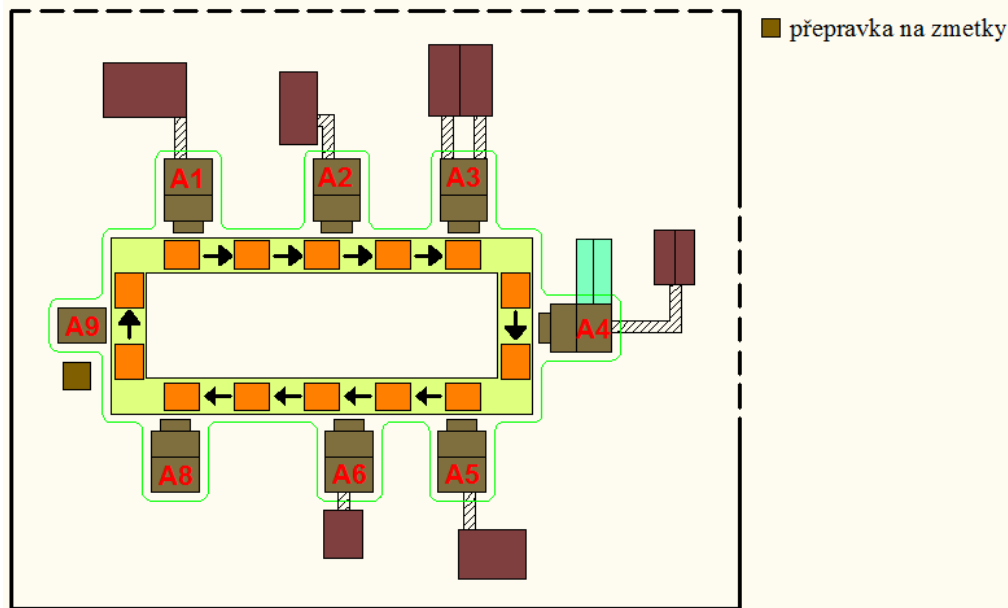
- nesprávné natočení (poloha) montované součásti
- vyjetí více dílů na jedné pracovní stanici
- nevyjetí dílu do pracovní stanice
- porucha stroje či dopravního zařízení
- zmetkovitost výrobku

Nesprávné poloze (natočení) jednotlivých dílů lze předejít vhodnou konstrukcí dopravního zařízení mezi zásobníkem a pracovní stanicí. Jedná se např. o lištové podavače, vibrační podavače, otočné zařízení (otoče), apod. Důsledkem nesprávné polohy jednotlivých dílů je zmetek, který vede k zvyšování nákladů a dochází ke zbytečnému plýtvání materiálu. Nevýhodou jsou větší nároky na konstrukci jednotlivých pracovních stanic.

Dohled na vyjetí či nevyjetí správného počtu dílů ze zásobníku zajišťují čidla, která jsou umístěna na válcích dopravního zařízení. Toto opatření vyhodnocuje, zda se podavač dostal na požadované místo. U robotizovaného zařízení, které slouží k přemístování výrobku, je čidlem zajištěna detekce uchopení. Jestliže nebudou tyto chyby eliminovány, bude docházet k plýtvání materiálu.

Pokud se výrobek v kontrolní stanici vyhodnotí jako zmetek, bude tento kus vyřazen.

Zmetky putují do přepravky, která se nachází vedle odebírací stanice (obr. 13). V opačném případě se výrobek expeduje na další pracoviště.



Obr. 13. obdélníková linka

Jestliže dojde k situaci, že je pracovní stanice nebo její dopravní systém poškozen, je třeba toto poškození co nejdříve uvést do pořádku. Výrobní kapacita by neměla být ohrožena, protože takt linky je zvolen s rezervou, která s podobnými stavy počítá.

### 3.8 Využití montážní linky

S ohledem na výrobní takt je možné určit, kolik kusů se na montážním pracovišti vyrobí za jeden pracovní den. Lze tedy stanovit minimální počet pracovních dní vedoucích ke splnění výrobního objemu zadaného zákazníkem. Čas potřebný na rozjezd linky se vzhledem k celkovému počtu vyrobených kusů zanedbává, stejně jako při přetypování linky mezi středovou a krajní opěrkou. Toto přetypování se provede pouze stiskem přepínače. Změna je pouze na vstupu linky, kdy vyjíždí buď středový, nebo vnější třmen. Předpokládá se, že linka pojede na dvě směny po osmi hodinách a pouze v pracovní dny. Počet pracovních dní, počet dní kdy je linka zatížena, popřípadě v nečinnosti ukazuje tab. 6. Tabulka je zobrazena do roku 2017, přestože výroba bude probíhat do roku 2021. Výroba mezi lety 2017-2021 je ustálená, a proto není uvedena.

Hodnoty, z kterých jsme vycházeli v kapacitních propočtech

- výrobní takt= 24 s
- hodina=3600 s

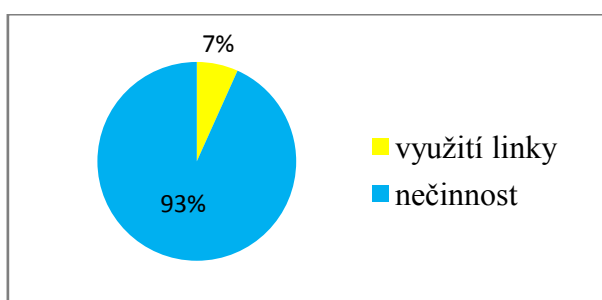
- počet kusů za hodinu  $3600/24 = 150$  ks
- jedna směna= 8 h
- počet kusů vyrobených za den  $150 \text{ ks} * 16 \text{ h} = 2400$  ks

Tab. 6. Zobrazení počtu pracovních dní, činnosti a nečinnosti linky [13]

Rok	Celkový počet kusů	Celkový počet pracovních dní	Počet dní výroby	Počet dní nečinnosti
2011	19 321	253	17	236
2012	336 006	252	141	111
2013	560 624	252	234	18
2014	571 690	252	239	13
2015	537 229	251	224	27
2016	483 334	253	202	51
2017	427 898	251	179	72

Přehled využití montážní linky při plnění požadovaného množství vyrobených kusů v jednotlivých letech jsou zobrazeny v následujících grafech.

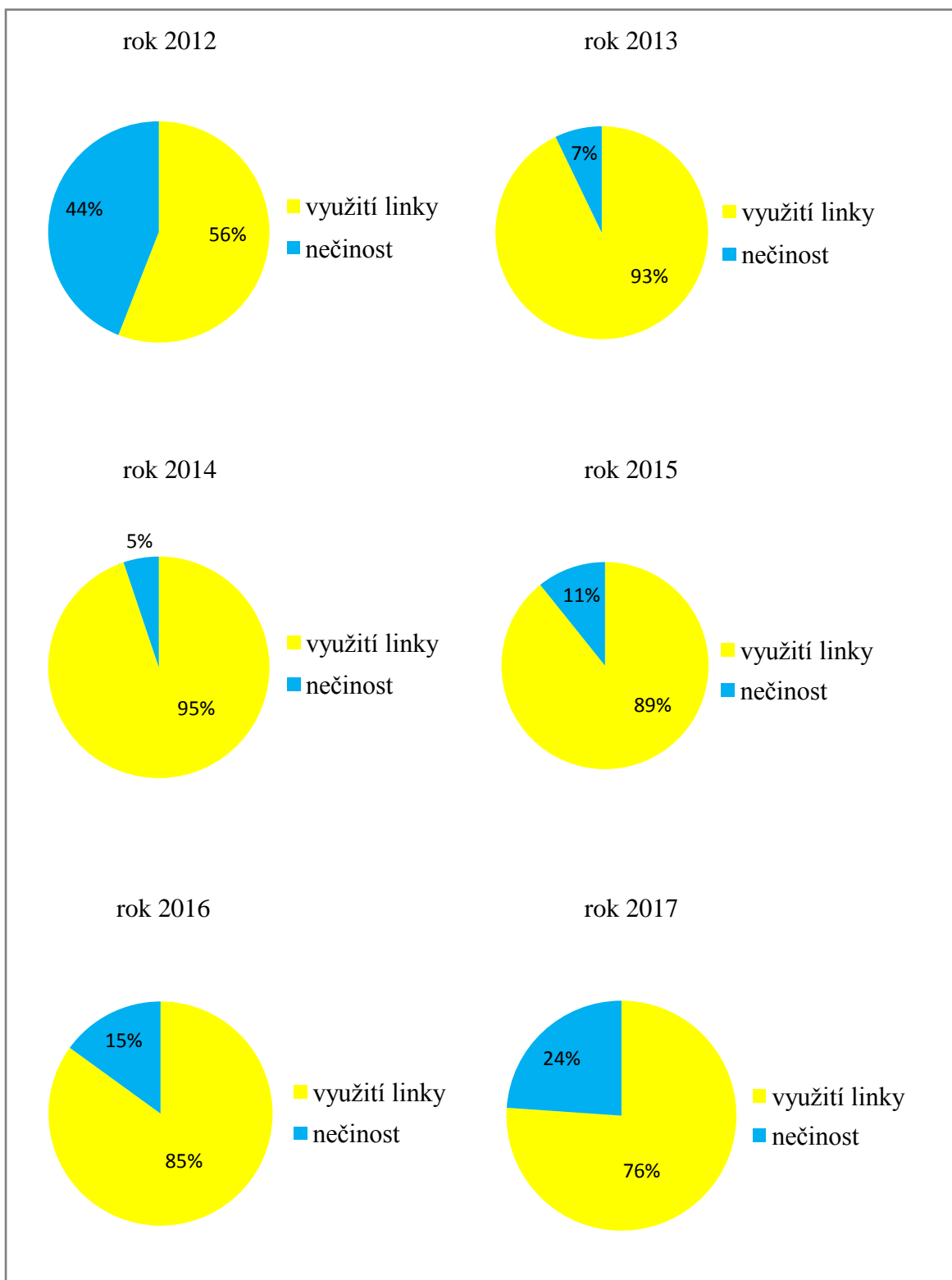
rok 2011



Obr. 14. využití linky

První rok výroby je, s přihlédnutím na celkový počet vyráběných kusů, realizován pouze na jednu směnu a i přes tento fakt linka není prakticky využita (obr. 14). Volný čas kdy se na montážní lince nebude vyrábět lze využít k analýze nedostatků návrhu, které se projeví až v provozu.

V dalších letech, s ohledem na počet požadovaných kusů, je třeba pracovat alespoň na dvě směny. Využití linek při dvousměnném provozu je zobrazen na obr. 15.



Obr. 15. využití linky v jednotlivých letech

**Zhodnocení grafů**

Využití linky je poměrně velké a s dostatečnou rezervou (více jak 10%), zajišťující případné opravy jednotlivých pracovních stanic. V letech 2013 a 2014 je linka využívána maximálně a nedá se vyloučit, že v případě poruchy montážní linky nebudou stačit k vyrobení požadovaného množství dvě směny. Nicméně vzhledem ke kapacitním propočtům, které uvádí výrobní takt s rezervou na opravy a údržbu, se dá předpokládat, že na výrobu požadovaného množství budou dvě směny stačit. Výsledkem výpočtu je minimální počet kusů, který by se za daný rok měl vyrobit. Po spuštění linky do provozu se takt linky může snížit a dojde k navýšení a urychlení výroby. Dvousměnný provoz vede k nižším nákladům.

## 4 ZÁVĚR

Výsledkem této práce je návrh vhodného typu montážní linky na výrobu hlavových opěrek. Z počátečních požadavků, které zákazník poskytl (výrobní takt, počet požadovaných výrobků, plocha vymezená pro budoucí montážní pracoviště, kusovník opěrky), bylo třeba zvolit vhodný typ montážní linky. Zohledňoval se i zákazníkův návrh, který ovšem nebyl příliš vhodný. S přihlédnutím na tyto požadavky se volba zaměřila na čtyři typy montážních linek: ruční linka, kombinovaná linka, U-linka a obdélníková linka. Tyto vybrané typy se podrobily určitým kritériím, z kterých se vybírala nejvhodnější varianta. Bylo nutné určit počet pracovišť, které by umožňovaly plynulý tok materiálu do výroby a zároveň zajistily splnění výrobního taktu. Ke správnému určení počtu pracovních stanic napomohl kusovník opěrky, ze kterého bylo zjištěno, z kolika komponentů je hlavová opěrka složena. Vzhledem k tomuto faktu se došlo k závěru, že optimální počet pracovních stanic bude osm. Určení vhodného rozmístění pracovních stanic montážní linky bylo třeba uzpůsobit postupu výroby hlavové opěrky a jednotlivé pracovní kroky musí zajistit její správné vyrobení. S ohledem na náklady byla vyloučena ruční linka a kombinovaná linka, jejichž náklady daleko převýší náklady strojních linek. Rozdíly mezi U-linkou a obdélníkovou linkou byly minimální, ovšem jako optimální volba se ukázala obdélníková linka z důvodu snadné dopravy jednotlivých paletek mezi pracovními stanicemi. Vhodnou konstrukcí pracovních stanic se předejde možným chybám, které mohou při montáži vzniknout. K určení vhodného zásobovacího místa bylo zapotřebí přihlídnout k prostorům, které jsou uzpůsobeny přístupu na budoucí montážní pracoviště a zohlednit pohyby pracovníka tak, aby nedocházelo k jeho zbytečným pohybům. Zajištění včasného zásobování materiálem je nutné k eliminaci plýtvání způsobeného nedostatkem materiálu. Bylo třeba zajistit, aby při pokynu (světelná a zvuková signalizace) obsluha stihla včas jednotlivé zásobníky doplnit, což se vyřešilo prostřednictvím pomocných skladovacích prostor, umístěných vedle jednotlivých zásobníků s materiálem. Z těchto pomocných skladovacích prostor obsluha doplní jednotlivé zásobníky a poté doplní tyto prostory. Ze stanoveného výrobního taktu se pomocí kapacitních propočtů vyhodnotila vytíženost montážní linky při výrobě požadovaného množství výrobků a následně byly výsledky přeneseny do grafů. Výrobní takt zohledňuje rezervu na údržbu a opravu montážního pracoviště. Pokyny k údržbě jsou zákazníkovi poskytnuty v příslušné dokumentaci. Výsledkem je, že v prvním roce výroby



stačí, aby montážní linka pracovala na jednu pracovní směnu. V ostatních letech bude linka pracovat minimálně dvě směny.

**Seznam použité literatury**

- [1] SIXTA, Josef; MAČÁT, Václav. *Logistika teorie a praxe*. CP Books, a.s., Brno, 2005. 315 s. ISBN 80-251-0573-3.
- [2] F.I.A. [online]. 2008 [cit. 2010-11-10]. Historie. Dostupné na WWW: <<http://www.fia-jbc.cz/cz/index.php?page=o-nas>>.
- [3] MAKOVEC, Jaromír a kol. *Organizace a plánování výroby*. Vysoká škola ekonomická v Praze, Praha, 1993. 274 s. ISBN 80-7079-171-3.
- [4] HUMÁR, Anton [online]. [cit. 2010-11-21]. Technologie montáže. Dostupné na WWW: <<http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TechnMontaze.pdf>>.
- [5] JIRÁSEK, Jaroslav. *Štíhlá výroba*. Grada Publishing, spol. s.r.o., Praha, 1998. 208 s. ISBN 80-7169-394-4.
- [6] LEAN Company [online]. 2006 [cit. 2010-11-20]. Historie LEAN. Dostupné na WWW: <<http://www.leancompany.cz/historie.html>>.
- [7] MAŠÍN, Ivan; VYTLAČIL, Milan. *Cesty k vyšší produktivitě*. Institut průmyslového inženýrství, Liberec, 1996. 254 s. ISBN 80-902235-0-8.
- [8] *Trilogiq* [online]. 2002 [cit. 2010-11-25]. 7 druhů plýtvání (muda). Dostupné na WWW: <<http://trilogiq.cz/filosofie-stihle-vyroby/7-druhu-plytvani-muda/>>.
- [9] HOFMANN, Petr. *Technologie montáže*. Vydavatelství Západočeské univerzity, Plzeň, 1997. 90 s. ISBN 80-7082-382-8.
- [10] HUMÁR, Anton [online]. [cit. 2010-11-22]. Technologie montáže. Dostupné na WWW: <<http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TechnMontaze.pdf>>.
- [11] API [online]. 2009 [cit. 2010-11-24]. Optimalizace linky. Dostupné na WWW: <http://e-api.cz/page/68402.o-ptimalizace-linky/>
- [12] firemní materiály
- [13] Elaine MC [online]. 2007-2008 [cit. 2010-12-12]. Kalkulačka pracovních dní. Dostupné na WWW: <<http://www.elaine.cz/kalkulacka-pracovnich-dni.html>>.

