



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: B2341 / Strojírenství
Studijní obor: 2301R030 / Výrobní systémy

Katedra obrábění a montáže

**Návrh výrobního procesu chladicí techniky pro Audi a Renault
ve firmě Behr Czech s.r.o. v Mnichově Hradišti.**

**The design process of cooling technology for Audi and Renault
in the company Behr Czech s.r.o. Mnichovo Hradiště.**

Bakalářská práce

Autor:
Vedoucí BP:
Konzultanti BP:

Tomáš Novotný
Ing. Jiří Lubina, Ph.D.
Ing. Lukáš Formánek, Bc. Milan Šimáček

V Liberci dne 2.12.2013

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/200 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 bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 30.10.2013

Podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Lubinovi, Ph.D. za vedení a rady k bakalářské práci, dále panu Bc. Milanu Šimáčkovi, Ing. Lukáši Formánkovi a Ing. Miroslavu Tumovi a ostatním zaměstnancům z firmy Behr Czech (Mahle) s.r.o. za ochotu, pomoc a odborné rady, které mi značně pomohly s vypracováním bakalářské práce.

Abstrakt:

Tématem této bakalářské práce byla tvorba VSD mapy pro návrh projektu výroby vzduchotechniky X07 Edison a MLBevo ve firmě Behr Czech (Mahle) s.r.o a návrh několika variant řešení s následným doporučením výchozí varianty pro systém výroby plastových dílů na vstřikolisech, zejména počet strojů a uspořádání výroby na strojích. Vzhledem k operativnímu plánu byly navrženy tři varianty řešení. Na závěr každé varianty byla jasně vystižena negativa a pozitiva daného řešení. Na základě stanovených kritérií (zejména tedy počet strojů a jejich efektivní využití) následně došlo k závěrečnému porovnání navrhovaných řešení, ze kterého vyplynulo i doporučené řešení.

Abstract:

Bachelor thesis is focused on VSD map creating for design project of ventilation X07 Edison and MLBevo in company Behr Czech (Mahle) s.r.o. Thesis also include some variations and suggestions for manufacturing systém of plastic parts. Variations are mainly deverse in number of used machines and diferent manufacturing procedure. There are three variants solutions due to operational plan. Conclusion of every version include their positives and negatives. Final comparison of variations is based on specified criteria (mainly on number of machines and utilization efficiency).

Obsah

Prohlášení.....	3
Poděkování.....	4
Abstrakt.....	5
Obsah.....	6
Seznam symbolů, zkratek a termínů.....	8
1. Úvod.....	9
2. Teoretická část.....	10
2.1 VSM (Value stream mapping).....	10
2.1.1 Management hodnotového toku.....	10
2.1.2 Hodnota a čas, kdy je přidáván.....	11
2.1.3 Hodnotový tok.....	12
2.1.4 Principy mapování hodnotového toku.....	13
2.1.5 VSD (Value stream design).....	13
2.2 Plýtvání.....	14
2.2.1 Nadvýroba.....	14
2.2.2 Zásoby.....	14
2.2.3 Poruchy ve výrobě.....	14
2.2.4 Nesprávné výrobní postupy.....	15
2.2.5 Zbytečná manipulace.....	15
2.2.6 Čekání.....	15
2.2.7 Zbytečné pohyby a činnosti.....	15
2.3 SMED.....	16
2.3.1 Definice přetypování.....	16
2.3.2 Interní činnosti.....	16
2.3.3 Externí činnosti.....	16
2.3.4 Princip metody SMED.....	17
2.4 Výpočet OEE (Overall equipment efficiency).....	17
3. Úvod do praktické části.....	18
3.1 Z historie firmy Behr.....	18
3.1.1 Behr dnes.....	18
3.1.2 Behr Czech s.r.o. - Mnichovo hradiště.....	18
3.2 Systémy vzduchotechniky (HVAC).....	19
3.3 Projekt X07 Edison.....	19
3.4 Projekt MLBevo.....	22
4. Analýza současného stavu.....	26
4.1 Zmapování výrobního procesu X07 Edison a MLBevo.....	26
4.2 Odvolávky pro X07 Edison a MLBevo.....	28
4.2.1 Stanovení "peaku".....	28
4.2.2 Rozklad odvolávek na výrobu jednotlivých dílů dle aktuálního hrubého návrhu.....	29
4.3 Charakteristika plánovaných vstřikolisů.....	30

4.4	Analýza předběžného návrhu počtu a využití vstřikolisů.....	30
4.4.1	Kapacitní propočty	30
4.4.2	Shrnutí analýzy předběžného návrhu	32
4.4.3	Výpočet OEE pro předběžný návrh	33
4.4.4	Rekapitulace předběžného návrhu	34
5.	Návrh řešení.....	35
5.1	Návrh "varianty A"	35
5.1.1	Výpočet OEE pro "variantu A"	36
5.1.2	Rekapitulace "varianty A"	37
5.2	Návrh "varianty B"	38
5.2.1	Výpočet minimálního počtu strojů pomocí kapacitních propočtů.....	38
5.2.2	Výpočet OEE pro "variantu B"	40
5.2.3	Rekapitulace "varianty B"	41
5.3	Návrh "varianty C"	42
5.3.1	Rozdělení výrobků dle výrobního objemu	42
5.3.2	Kapacitní propočty pro víkendovou výrobu	43
5.3.3	Výpočet minimálního počtu strojů pro výrobu ve všední dny pomocí kapacitních propočtů	44
5.3.4	Výpočet OEE pro "Variantu C"	45
5.3.5	Rekapitulace "varianty C"	47
6.	Zhodnocení navržených variant.....	48
6.1	Kritéria pro výběr výchozí varianty	48
6.2	Porovnání koeficientů efektivity.....	48
6.3	Porovnání pořizovacích nákladů.....	49
6.4	Porovnání počtu potřebných přetypování.....	49
7.	Závěr.....	50
	Použitá literatura.....	52

Seznam symbolů, zkratk a termínů

VSM	mapování zaběhlého výrobního procesu	
VSD	tvorba mapy budoucího výrobního procesu	
VA index	index přidané hodnoty	
SMED	metoda pro snižování plýtvání ve výrobním procesu	
OEE	koeficient efektivity	[%]
Tp	čas na výrobu jednoho kusu	[s]
HVAC	všeobecné označení pro "topení, ventilace a klimatizace"	
Pt.	zkratka pro part (díl) u MLBevo	
v.	zkratka pro označení verze u MLBevo	
PTC	přídavné elektrické topení s keramickým topným tělesem	
ICE	označení pro spalovací motory	
EV	označení pro elektrické motory	

1. Úvod

V dnešní době, především v průmyslu, který se stále zotavuje z následků ekonomické krize, jsou kladeny větší a větší nároky na případné možné úspory. Dochází k značnému zeštíhlování podniků, propouštění zaměstnanců a v krajním případě i krachu celého podniku. Je tedy prioritou číslo jedna udržet si zákazníka, neboť když není odběratel, není ani potřeba vyrábět.

Předložená bakalářská práce se zabývá návrhem výroby vzduchotechniky (klimatizací a ventilátorů) pro projekty MLBevo a X07 Edison.

Cílem práce bylo shromáždění všech dostupných dat celého projektu a vytvoření VSD (mapy hodnotového toku), která posloužila k prezentaci projektu pro vedení firmy. Druhým bodem byla analýza předběžného návrhu výroby plastových dílů na vstříkovacích lisech. V případě zjištění nedostatků, či jakékoli možnosti vylepšení a optimalizace, bylo následně požadováno vypracování návrhů zlepšujících řešení, jejich zhodnocení a doporučení výchozí varianty. Důraz byl kladen především na finanční úsporu a schopnost plnit požadované odvolávky zákazníka.

2. Teoretická část

2.1 VSM (Value stream mapping)

VSM je jedna z metod konceptu štihlé výroby využívaná při synchronizaci toků a omezování plýtvání. Jedná se o grafický nástroj k popisu a vysvětlování současného i budoucího stavu výrobních procesů, který využívá standardizované ikony. (1)(2)

2.1.1 Management hodnotového toku [3]

Názory lidí na to, co ovlivňuje hodnotu produktů, se často rozcházejí. Taktéž je běžným jevem, že nerozlišují různý vliv vykonávaných aktivit na náklady a hodnotu. Náklady na výrobu jsou zpracováním materiálu, vloženou prací či režií zvyšovány automaticky, ale už není tak automatické zvyšování hodnoty produktu pro zákazníka. V případě, že vložené náklady nezvyšují kvalitu produktu tzn. užitek pro zákazníka, hodnota se naopak zmenšuje.

Problematika hledání míst pro odstranění těchto "hluchých" nákladů z procesů poskytujících výrobky či služby při zachování kvality požadované zákazníkem, není nikterak novou problémovou oblastí, na kterou by ekonomové a průmysloví inženýři již v minulosti nereagovali. Na zvyšování hodnoty pro zákazníka je zaměřen již od druhé poloviny minulého století tzv. hodnotový management (value management), který je zároveň neustále rozvíjen. Na hodnotový management se díváme jako na speciální vědní obor využívající ucelenou metodiku a techniky, které mají za cíl inovaci a navýšení hodnot pro zákazníka na maximum. Zájem je zaměřen především na vztah mezi potřebou zákazníka a vlastnostmi produktu. Tím pádem je produkt hlavním předmětem zájmu všech aplikačních disciplín hodnotového managementu (hodnotová strategie výroby, projektování, analýza). Produkt má v hodnotovém managementu podobu jak technického (díly, sestava, výrobek), tak i procesního (procesy, operace, úkony) rázu.

Ačkoli se hodnotový management může zdát relativně univerzální, v procesním a průmyslovém inženýrství i v oblasti štihlé výroby využíváme specifický přístup, kterému dominuje především aspekt času.

Zajímá nás především:

- čas, kdy je hodnota přidávána
- průběžná doba, po kterou produkt vzniká
- poměr času přidávajícího hodnotu a průběžné doby
- počet procesních kroků, kdy vzniká hodnota
- celkový počet procesních kroků

2.1.2 Hodnota a čas, kdy je přidávána [3]

Hodnota se dá charakterizovat dvěma známými způsoby. První vychází "z toho, za co je zákazník ochoten zaplatit". Druhý, z pohledu hodnotového managementu, ji definuje jako poměr mezi užitnými vlastnostmi produktu a náklady.

$$\text{hodnota} = \frac{\text{užitné vlastnosti produktu}}{\text{náklady}} = [-]$$

Z toho vztahu (hodnota je bezrozměrné číslo), který slouží především jako porovnávací, dále vyplývají čtyři možnosti kam a za jakých podmínek hodnota může směřovat:

- hodnota je zvyšována pomocí snižování nákladů, ale zároveň zvyšováním užítku pro zákazníka - jedná se tak o ideální řešení
- hodnota je zvyšována pomocí snižování nákladů, avšak užitné vlastnosti produktu zůstávají stejné
- hodnota roste při konstantních nákladech a zvyšováním užitných vlastností pro zákazníka
- dále také při výrazném zvyšování užitných vlastností za podmínky malého zvýšení nákladů

Nyní už nejsme tak daleko od toho, v čem se pohybují průmysloví inženýři. Z rozboru výše uvedených možností tak vyplývá další možná definice. Tou je "hledání nejefektivnějšího způsobu k dosažení požadovaných vlastností zákazníkem". Každý zná známou frázi "čas jsou peníze", proto se při výpočtu efektivnosti používá především čas. Vše bude snáze pochopitelné dle následujícího zlomku:

$$VA\ index = \frac{\text{čas, kdy je produktu přidávána}}{\text{celkový čas, kdy produkt vzniká}} * 100\%$$

Přidáváním hodnoty se rozumí činnosti měnící charakter produktu po stránce fyzikální a chemické či jiné aktivity, které produkt mění-přibližují k požadavkům zákazníka. VA-index (value added index) nám pak procentuelně ukazuje kolik z celkového času je čas, kdy je hodnota produktu navyšována.

2.1.3 Hodnotový tok [3]

Hodnotový tok (value stream) je relativně nový pojem procesního inženýrství. Řadíme do něj všechny aktivity v procesu, které jsou vykonány, aby mohl být materiál přeměněn do konkrétní formy produktu požadovaného zákazníkem. Patří sem tedy aktivity přidávající hodnoty, ale i ty, které hodnotu nepřidávají. Těmi jsou např.:

- zpracování nabídek
- zpracování návrhů
- zpracování konstrukční a technologické dokumentace
- komunikace v dodavatelském řetězci
- transport materiálu
- výrobní plánování
- činnosti, v kterých se transformují informace
- výrobní operace, v kterých se transformuje materiál
- fakturace a provedení finančních operací apod.

2.1.4 Principy mapování hodnotového toku [3]

1. Vybereme reprezentativní hodnotový tok.
2. Nakreslíme si hrubou skicu procesu (např. postupový diagram).
3. Připravíme si formuláře pro zaznamenání dat.
4. Zjistíme základní údaje o zákazníkovi (požadavky, takt, denní potřeba apod.).
5. Zaznamenáme či vypočítáme údaje o procesu a operacích.
6. Zmapujeme stav rozpracované výroby v procesech a velikost zásob v místech skladování.
7. Přepočítáme velikost zásob podle denní potřeby zákazníka.
8. Do pravého horního rohu nakreslíme ikonu pro zákazníka a do tabulky dat zaznamenáme potřebné údaje.
9. Přikreslíme ikonu dodavatele.
10. Pomocí ikon pro výrobní proces a tabulek dat popíšeme zleva doprava sled procesních kroků v podniku včetně dodavatele a uvedeme jednotlivé zjištěné údaje.
11. Dokreslíme materiálové toky a ikony skladů s údajem o velikosti zásob ve dnech.
12. Dokreslíme transport.
13. Dokreslíme systém a formy plánování.
14. Do spodní části dokreslíme VA-linku.
15. Vypočítáme základní údaje o hodnotovém toku:
 - celkovou průběžnou dobu ve dnech
 - celkový procesní čas
 - čas přidávání hodnoty
 - VA-index

2.1.5 VSD (Value stream design)

Vychází ze stejných metod a principů jako VSM, ale zatímco Value stream mapping má za cíl mapování již zavedeného procesu, Value stream design se zabývá návrhem procesu, který se teprve zavádět bude.

2.2 Plýtvání [4]

Všechny činnosti prováděné při realizaci produktu, ať výrobku či služby, které nepřidávají hodnotu, můžeme označit za plýtvání. Rozlišujeme sedm základních druhů plýtvání, mezi které patří: zbytečné pohyby a činnosti, čekání, zbytečná manipulace, poruchy ve výrobě, nesprávné výrobní postupy, zásoby, nadvýroba. Nevyužitý lidský potenciál je pak jako osmý, doplňkový.

Plýtvání se vyskytuje v každém podniku a především tam, kde jsou zaváděny nové procesy. Je tedy potřeba, aby se měli všichni pracovníci na pozoru a neustále vyhledávali a odstraňovali možné příčiny plýtvání, což pomáhá ke zvyšování produktivity a snižování nákladů.

2.2.1 Nadvýroba [3]

Nadvýroba je považována za největší kámen úrazu. Jedná se o provádění aktivit, které se tržně nezhodnotí. Je umocněná především tím, že je spojena s celou řadou nákladových položek, které si nikdo neobjednal, mezi které patří například náklady na energii, zbytečné pracovníky, plochy, budovy, sklady, stroje atd.

2.2.2 Zásoby [3]

Problém plýtvání zásobami je spojen se správou a udržováním nepotřebného materiálu, dílů a rozpracovanosti. Tyto problémy vznikají zejména tam, kde není výroba dostatečně sladěná s rytmem trhu. Příčinou tohoto plýtvání jsou skutečné aktuální požadavky zákazníků, které se značně liší od plánovaných předpokladů. Pod tlakem, aby firma byla schopna vyhovět požadavkům odběratelů je nucena držet většinu času přebytečné zásoby, což se ve finále negativně projeví na hodnotě produktu.

2.2.3 Poruchy ve výrobě [3]

Zde se jedná o druh plýtvání spojený s existencí a nápravou špatných polotovarů, dílů či sestav v důsledku např. velké zmetkovitosti stroje, tupých nástrojů, nedostatečně kvalifikovaných pracovníků atd.. Plýtvá se zejména energií, materiálem a časem vynaloženým na opravy. Dále je problémem poruchovitost strojů, která prodlužuje celkovou dobu výroby a může mít za následek zvýšení času taktu.

2.2.4 Nesprávné výrobní postupy [3]

Příčina tohoto typu plýtvání se vyskytuje například tam, kde se manažeři, "zamilovaní" do nejmodernějších technologií či ambiciózní technici, snaží dosáhnout co nejlepších technických parametrů výrobku. Přitom zapomínají na to, co je "nutná" a naprosto postačující kvalita, kterou požaduje odběratel a za kterou je ochoten zaplatit. Z jiného pohledu je tímto plýtváním také např. chod strojů naprázdno nebo nadbytečné operace při výrobě.

2.2.5 Zbytečná manipulace [3]

Toto plýtvání se dá rozdělit na dvě části. Z důvodu špatného lay-outu podniku může výrobní dávka "putovat" podnikem i několikrát větší vzdálenosti, než by bylo ve skutečnosti nutné. Nazýváme to makro-plýtváním. Druhou částí je manipulace a přenášení dílů a výrobků v rámci pracoviště, tedy mikro-plýtvání. Manipulace je bohužel nutným zlem, vždy je potřeba materiál a výrobky přepravovat. Je tedy důležité myslet na to, jak tyto náklady nepřidávající hodnotu snížit na minimum.

2.2.6 Čekání [3]

Čekání prodlužuje průběžnou dobu, která je kritickým místem štíhlé výroby. K tomuto plýtvání dochází, když pracovník čeká na dodání materiálu nebo při pozorování chodu stroje. Správná synchronizace a správa časového vytížení pracovníků pak dokáže např. optimalizovat chod dvou strojů redukcí obsluhujících pracovníků ze dvou na jednoho.

2.2.7 Zbytečné pohyby a činnosti [3]

Zbytečné pohyby vykonávají lidé i stroje. Zde plýtvání úzce souvisí s ergonomií pracoviště. Špatně řešená ergonomie negativně ovlivňuje produktivitu, kvalitu ale i bezpečnost práce. Kromě ergonomie je i důležitý pořádek na pracovišti, aby pracovník neztrácel čas hledáním pomůcek a materiálu. Z hlediska strojů je to například svařenec v přípravku, který je zbytečně daleko od výchozí polohy ramene svařovacího robotu, prodlužuje se tak doba výroby, což snižuje produktivitu stroje.

2.3 SMED

SMED (Single minute exchange of dies) nebo-li "Jednoduchá výměna v jedné minutě" je jednou z metod štíhlé výroby pro snižování plýtvání ve výrobním procesu. Zabývá se problémem, jak rychle a účinně přestavit výrobní proces z aktuálního produktu na další produkt. Cílem je zkracování času přetypování. Využívá k tomu dělení činností na interní a externí.

2.3.1 Definice přetypování [6]

Čas od ukončení výroby posledního kusu potřebný na odstranění starého nářadí a přípravků, nastavení nových hodnot programu, testování nově nastaveného stroje až po výrobu prvního dobrého kusu.

Ukončení výroby posledního kusu	Příprava nástroje a přípravku	Výměna nástroje a přípravku	Nastavení nových hodnot programu	Najetí do nulového bodu	Založení a výroba 1. správného kusu	Kontrola 1. kusu
<----- PŘETYPOVÁNÍ ----->						

2.3.2 Interní činnosti [6]

Jsou to činnosti seřizování, které se musejí provádět na stroji během jeho odstavení. Během této doby je stroj neproduktivní a z hlediska výroby se tedy jedná o prostoj. Příklady interních činností:

- výměna sklíčidla na soustruhu
- demontáž přípravku z obráběcího stolu
- výměna řezného kotouče na pile

2.3.3 Externí činnosti [6]

Zde se jedná o činnosti seřizování, které se mohou dělat v průběhu práce stroje a není potřeba jeho odstavení. Čas je tedy ideálně využitý a nedochází k žádným prostojům výroby.

Příklady externích činností:

- příprava potřebného nářadí
- obstarání potřebného přípravku
- příprava nových nástrojů

2.3.4 Princip metody SMED

Princip je v zařazení a rozdělení všech operací přetypování na činnosti interní a externí, dále přesunu interních činností na externí a následně redukování potřebného času u obou z nich.

2.4 Výpočet OEE (Overall equipment efficiency)

OEE, neboli "celková efektivita zařízení", je ukazatel používaný ve výrobních procesech umožňující sledování využití strojů a zařízení. Pro naše účely bude důležitý při návrhu optimálního počtu vstříkolisů. Vychází ze vzorce skládajícího se ze tří parametrů.

$$OEE = Dostupnost * Výkon * Kvalita$$

$$Dostupnost = \frac{(Celkový pracovní fond stroje - Prostoje)}{Celkový pracovní fond stroje}$$

$$Výkon = \frac{(Počet vyrobených kusů) * T_p}{Celkový pracovní fond stroje}$$

$$Kvalita = \frac{(Počet vyrobených kusů - zmetky)}{Počet vyrobených kusů}$$

T_p - čas na výrobu jednoho kusu v případě, že je na stroji vyráběno více typů výrobků, dopočítáme vážený průměr, který pak následně použijeme do vzorce.

Je třeba zdůraznit, že ideální modelový stav, který teoreticky může nastat, je 100% efektivita. Z reálného hlediska to ale není téměř dosažitelné, protože vždy bude určité procento zmetků, byť mizivé. Přetypování nebo seřizování strojů také zabere určitý čas. Proto pokud se v praxi povede přiblížit k 90% OEE, je to velmi dobrý výsledek.

3. Úvod do praktické části

3.1 Z historie firmy Behr [7]

Julius Fr. Behr, 33 letý investor, začal roku 1905 spolupracovat s partnery Veigel a Zoller v malé dílně ve Stuttgartu, kde se vyráběly chladiče a tachometry pro osobní automobily a koláčové formy pro cukrárny. Do roku 1907 oba partneři z firmy odešli a jediným majitelem tak zůstal Fr. Behr. Upouští od výroby koláčových forem a zaměřuje se jen na výrobu chladičů. Přicházejí zakázky pro firmy Opel, Benz, dokonce i chladiče pro vzducholodě Zeppelin. V roce 1913 už firma čítá 85 zaměstnanců. Roku 1926 se vydává do USA studovat nejmodernější technologie používané americkými automobilkami, kde se také setkává s vynálezcem Thomasem Edisonem a podnikatelem Henry Fordem. O 4 roky později Fr. Behr umírá. Firmu za podpory rodinných příslušníků a zkušených firemních manažerů přebírá jeho manželka Helen až do roku, kdy syn Manfred ukončí studium strojího inženýra. Firma dále velice dobře prosperuje a jen mezi lety 1936-1938 počet zaměstnanců stoupl z 615 na 939. Za války se zaměřuje na chladiče pro armádní techniku, jako jsou např. letadla a tanky.

3.1.1 Behr dnes [8]

Behr GmbH & Co. KG sídlem ve Stuttgartu je systémovým partnerem mezinárodního automobilového průmyslu. Jako specialista na výrobu automobilových klimatizací a systémů chlazení motoru se zaměřuje na osobní a nákladní vozidla. V současné době Behr zaměstnává přibližně 17.400 zaměstnanců ve 36ti výrobních závodech a 17ti vývojových centrech napříč celým světem - Jižní Afrika, Brazílie, USA, Čína, Indie, Japonsko, Korea, Česká Republika, Francie, Německo, Slovensko, Španělsko a další. Tržby za rok 2011 dosáhly na 3,7 miliardy EUR.

3.1.2 Behr Czech s.r.o. - Mnichovo hradiště

Firma Behr Czech s.r.o. byla založena 31.1.2000 a je jedním z nejrychleji se rozvíjejícím Behr závodem. Vznikl zde moderní provoz pro výrobu chladičů, chladících modulů, klimatizací, topení, výparníků a topných těles. V rámci skupiny Behr patří k důležitým podnikům.

3.2 Systémy vzduchotechniky (HVAC)

HVAC je anglická zkratka pro "Heating, ventilation and air condition", v češtině "Topení, ventilace a klimatizace". Používá se pro označování domovních a automobilových systémů vzduchotechniky.

Rozdělení vzduchotechniky plánované výroby

Koncept výroby je navržený pro výrobu dvou odlišných typů vzduchotechnik, MLBevo a X07 Edison, kde srdcem produkce je společná vstříkovna plastů a specializované kruhové linky, které už jsou zaměřené na konkrétní typy výrobků.

3.3 Projekt X07 Edison

Rozděluje se na tři hlavní typy

- Heater (Chorec) (topení)
- Caman (klimatizace manuální)
- Careg (klimatizace automaticky regulovaná)

Rozdělení dle typu pohonu vozidla

- Se spalovacími motory (ICE)
- S elektrickými motory (EV)

Rozdělení dle pozice řidiče

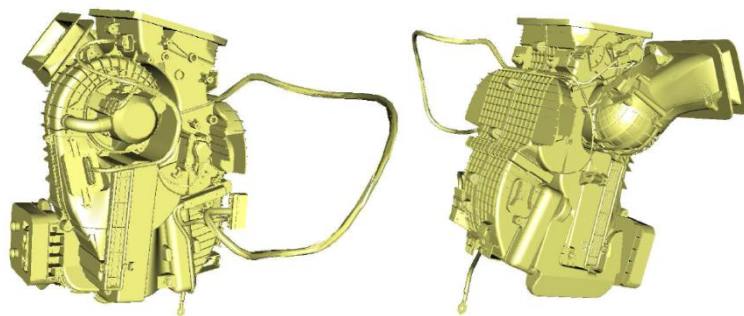
- Pravostranné řízení
- Levostranné řízení

Rozdělení dle výkonu topení

- Bez přídavného topení
- S přídavným topením 900W (PTC)

V případě zemí s chladnějším podnebím je možná varianta s přídavným topným tělesem o výkonu 900W, označovaným jako PTC.

Celkový počet typů vzduchotechniky je 12 viz. (tab. 2) na straně 22.



(obr. 1 - počítačový model složené jednotky X07 Edison)

Životnost výroby je výhledově plánována na 8 let, s případným prodloužením výroby se bude uvažovat až na základě budoucích prodejů vozidel.

Odběrateli jsou montážní fabriky Renault Hambach



(Německo) a Smart Novo Mesto (Slovinsko)

v poměru cca 60:40.

Twingo (obr. 2), Smart pro dvě osoby (obr. 3), Smart pro čtyři osoby (obr. 4).



(obr. 2 - Renault Twingo)



(obr. 3 - Smart pro dvě osoby)



(obr. 4 - Smart pro čtyři osoby)



Informace o plastových dílech pro X07 Edison

Jednotky jsou skládané ze čtyř základních dílů, které jsou pojmenovány a očíslovány jako "Edison". Hlavní distribuční kryt (Edison 1) se dále dělí na pravou a levou část. Držák motoru má označení (Edison 3). Kryt rozvodu vzduchu, který se dělí na horní a dolní část je značen jako (Edison 4). (Edison 5) je označení pro kryt tepelných trubek.

Kusovník dle typu vzduchotechniky

V (tab. 2) je znázorněno, z jakých a kolika stříkaných plastových dílů se jaká vzduchotechnika skládá, celkem je na výrobu 12 typů variant.

Díl	X07 Edison ICE					X07 Edison EV	
	RENAULT (T4S)		SMART (S4S - 2S2)		RENAULT/SMART	(T4S - S4S - S2S)	
	CHOREC s/bez PTC	CAMAN s/bez PTC	CHOREC s/bez PTC	CAMAN s/bez PTC	CAREG s/bez PTC	CHOREC	CAREG
Edison 1 (L)	1	1	1	1	1	0	0
Edison 1 (P)	1	1	1	1	1	0	0
Edison 3	1	1	1	1	0	0	0
Edison 4 (H)	1	1	1	1	1	1	1
Edison 4 (D)	1	1	1	1	1	1	1
Edison 5	1	1	1	1	1	0	0

(tab. 2 - kusovník dílů dle typu vzduchotechniky pro X07 Edison)

3.4 Projekt MLBevo

Zatímco X07 Edison je jednoduchá jedno zónová vzduchotechnika, MLBevo, kterým budou osazovány dražší vozy vyšší třídy, je náročnější na výrobu a počet plastových dílů, dle typů variant je tak mnohem rozsáhlejší. Jedno nebo více zónová klimatizace znamená možnost individuálního nastavení teplot pro konkrétní fukar. Řidič si například nastaví teplotu 20° C, ale pasažér na zadním sedadle může mít nastaveno 25° C.

U MLBeva nutno podotknout, že se všechny typy vzduchotechnik dělají včetně klimatizace a umožňují automatickou regulaci teploty, proto je základní rozdělení trochu jiné oproti X07 Edisonu. Další změnou je, že se nedělají v elektronické verzi, která je požadována u Edisonu, ale pouze pro spalovací motory.

Rozdělení dle počtu zón

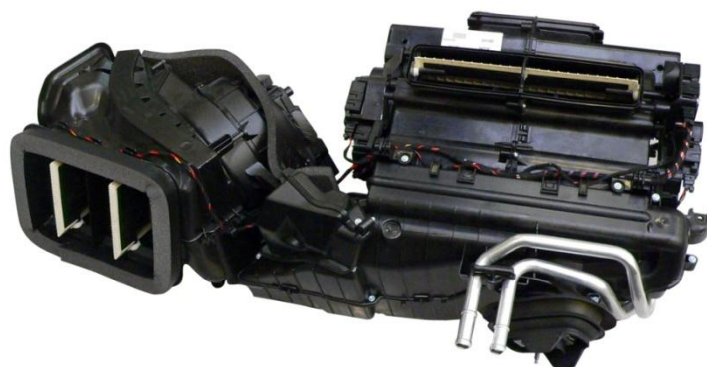
- 1 zónová
- 3 zónová
- 3 + 2 zónová
- 4 + 2 zónová

Rozdělení dle pozice řidiče

- Pravostranné řízení
- Levostranné řízení

Rozdělení dle výkonu topení

- Bez přídavného topení
- S přídavným topením 1000W
- S přídavným topením 1500W



(obr. 5 - složená klimatizace MLBevo)

V případě zemí s chladnějším podnebím je možná varianta s přídatným topným tělesem o výkonu 1000W nebo 1500W, označovaným jako PTC. Celkový počet typů vzduchotechniky MLBevo je 18 viz. (tab. 4 a 5) na straně 26.

Životnost výroby MLBeva je podle prvních předpokladů výhledově plánována do roku 2022/23, ale to jsou vše dost spekulativní předpoklady, protože stejně se vše bude odvíjet od prodejnosti automobilů.

Odběrateli jsou montážní fabriky Audi Neckarsulm a Ingolstadt (Německo), VW Dresden (Německo) a Bratislava (Slovensko) a Porsche Lipsko (Německo).



(obr. 6 Volkswagen Touareg 2014)










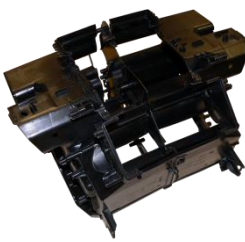

(obr. 7 Audi Q7 2014)



(obr. 8 Porsche Macan 2014)

Informace o plastových dílech pro MLBevo

Vzhledem ke komplexnosti klimatizace MLBevo je škála stříkaných dílů velice rozsáhlá a čítá 17 dílů, informace o dostupných vzorcích dílů a k čemu slouží, viz. (tab. 3) pod textem.

Part 1	Part 2	Part 8
Dělicí stěna pro 3 a 4 zónu	Distribuční blok pro 1 zónu (L/P)	Zadní distribuční blok pro 3 zónu
		
Part 10	Part 11	Part 12
Kryt topného tělesa PTC	Kryt filtru (L)	Uložení pro filtr (L) HORNÍ/DOLNÍ
		
Part 15	Part 17	Part 8
Uložení pro dmychadlo (L) HORNÍ/DOLNÍ	Uložení pro výparník (L) HORNÍ	Distribuční blok pro 3 zónu HORNÍ/DOLNÍ
		
Part 9	Part 7	Part 20
Výměnný rám	Vložka průtoku vzduchu (L/P)	Kryt topného tělesa PTC průchozí
		

Kusovník dle typu klimatizace

V tabulce č.4 je znázorněno, z jakých a kolika stříkaných plastových dílů se jaká klimatizační jednotka skládá, celkem je na výrobu 18 typů variant. Díly jsou označeny zkratkou "Pt", verze klimatizací jako "v", (tab. 5) pak popisuje typy vzduchotechnik MLBevo.

Díl	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18
Pt.1	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pt.2	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pt.4	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pt.5	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pt.7	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pt.8	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Pt.9	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-
Pt.10	1	-	1	-	1	-	1	1	-	1	1	-	1	-	1	1	1	1
Pt.11	1	1	-	-	1	1	1	-	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-
Pt.12	1	1	-	-	1	1	1	-	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-
Pt.15	1	1	-	-	1	1	1	-	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-
Pt.17	1	1	-	-	1	1	1	-	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-
Pt.20	-	-	1	1	-	-	-	1	1	1	-	-	1	1	-	-	1	1
Pt.21	-	-	1	1	-	-	-	1	1	1	-	-	1	1	-	-	1	1
Pt.22	1	-	-	1	1	-	-	-	1	1	1	-	-	1	1	-	-	1
Pt.23	1	-	-	1	1	-	-	-	1	1	1	-	-	1	1	-	-	1
Pt.24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(tab. 4 - kusovník dílů dle typu vzduchotechniky pro MLBevo)

01 MLBevo 1 Z LL	07 MLBevo 3 Z LL 1500W PTC	13 MLBevo 4+2 Z RL
02 MLBevo 1 Z LL 1000W PTC	08 MLBevo 3 Z RL	14 MLBevo 4+2 Z RL 1000W PTC
03 MLBevo 1 Z RL	09 MLBevo 3 Z RL 1000W PTC	15 MLBevo 3+2 Z LL
04 MLBevo 1 Z RL 1000W PTC	10 MLBevo 3 Z RL1500W PTC	16 MLBevo 3+2 Z LL 1500W PTC
05 MLBevo 3 Z LL	11 MLBevo 4+2 Z LL	17 MLBevo 3+2 Z RL
06 MLBevo 3 Z LL 1000W PTC	12 MLBevo 4+2 Z LL 1000W PTC	18 MLBevo 3+2 Z RL 1500W PTC

(tab. 5 - typy vzduchotechniky MLBevo)

4. Analýza současného stavu

4.1 Zmapování výrobního procesu X07 Edison a MLBevo

Prvním důležitým krokem byla tvorba mapy (VSD) výrobního procesu, pomocí které je možné projekt prezentovat a znázornit tok materiálů a výrobků. Na základě dostupných informací získaných z oddělení logistiky, plánování výroby a designérů výrobních linek jsem sestavil mapu plánovaného výrobního procesu.

Následně se pokusím postupně popsat vytvořenou mapu.

Tok materiálu a výrobků je orientován zleva doprava, kde celý proces začíná naskladněním základních dílů a materiálu pro výrobu. Na sklad dílů se nakupují/dováží veškeré díly, které nejsou v závodě vyráběny jako například elektromotory, kabeláž, šroubky atd. Naskladněným materiálem pro výrobu se myslí zejména surový plast ve formě granulátu (obr. 9) používaný ve vstřikolisech. Uchovávaný a pravidelně doplňovaný je do vysoko objemových zásobníků (obr. 10), ze kterých je pomocí rozvodové sítě vzduchotechniky hnán do vstřikolisů viz. příloha č. 1.



(obr. 9 - plast ve formě granulátu)



(obr. 10 - zásobníky na granulát)

Hned vedle skladů materiálu je znázorněna vstřikovna plastů využívající tři typy vstřikolisů. 500 tunový, 900 tunový a 1300 tunový. Ty na základě kanbanového systému doplňují sklad, když úroveň daného produktu klesne pod požadovanou hodnotu. Na vstřikolisech běží třisměnný provoz pět dní v týdnu, nicméně je možnost v případě potřeby využívat i víkendy.

Ze vstřikolisů jsou plastové díly vláčkem vyváženy pomocí systému multipack beden do hlavního skladu vyráběných dílů. Odtud jsou dále rozváženy do dispozičních skladů u výrobních linek.

Výrobní linky mají kruhový koncept umožňující princip výroby JIT (Just in time) a JIS (Just in sequence). Je tak docílena výroba typů klimatizací přesně v pořadí a očíslování, jak si určí zákazník. Náhledy layoutů linek jsou ke shlédnutí v příloze č. 2 a 3.

Výrobní linka X07 Edison je pouze jedna a skládá se z jedné předmontáže a jedné hlavní montáže. Čas cyklu linky C/T je při plném obsazení (8 pracovníků) 1,1 min. na jeden výrobek.

Výrobní linky MLBevo jsou celkem tři a jak je zřejmé z kusovníku v předchozí části práce, i montáž je náročnější než u X07 Edisona. Ke každé z linek patří dvě předmontáže a jedna hlavní montáž.

Finální část mapy je tvořena expedicí. X07 Edison, kde je požadována výroba striktně Just in sequence, jsou očíslované palety s hotovými výrobky nakládány v dokonalém pořadí ihned do nákladního auta připraveného na rampě (obr. 11). V případě MLBeva dochází nejprve k naskladnění do expedičního skladu, ze kterého jsou následně auta nakládána.



(obr. 11 - nakládací rampy)

Nutno podotknout, že projekt výroby ještě zdaleka není konečný, nicméně mapa je tvořena dle nejaktuálnějších informací. Mapu naleznete ke shlédnutí ve formátu A3 v příloze č. 4.

4.2 Odvolávky pro X07 Edison a MLBevo

Jsou jedním z nejdůležitějších faktorů při plánování výroby. Na základě odvolávek zákazníka, výhledově i na několik let, je výroba plánována. Ovlivněny tak jsou počty výrobních linek, které musejí být koncipovány, aby dostatečný objem zvládly a to samé platí i o lisech. Dále musí být dostatek prostoru pro skladovací plochy a také zajištěny volné rampy pro nakládání hotových výrobků. Na základě objemu odvolávek je nutné, aby bylo dobře propočítáno, jestli je množství dostatečné a výroba tak nebyla ztrátová vzhledem k velmi nákladným pořizovacím cenám strojů a linek. Hrají tedy klíčovou roli v celém projektu.

Odvolávky X07 Edison

Model / Rok	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
X07 ICE	136 864	158 567	142 065	133 061	117 508	102 293	97 657	34 545
X07 EV	8 691	40 248	46 587	49 642	48 283	48 702	39 791	25 047

(tab. 6 - odvolávky pro projekt X07 Edison)

Odvolávky MLBevo

Model / Rok	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Typ 1 (v1-v4)	11 464	171 438	218 858	218 858	218 858	218 858	218 858	201 140
Typ 2 (v5-v10)	31 929	178 924	223 924	271 345	282 714	282 714	282 714	245 670
Typ 3 (v11-v14)	0	0	8 669	68 910	82 806	82 806	82 806	82 806
Typ 4 (v15-v18)	15 032	25 770	33 350	56 088	56 088	56 088	56 088	41 056

(tab.7 - odvolávky pro projekt MLBevo)

4.2.1 Stanovení "peaku"

Dalším úkolem bylo stanovit takzvaný "peak", neboli vrchol, podle kterého se bude plánování výroby odvíjet. Ačkoli z tabulek je zřejmé, že se vrchol X07 Edisona pohybuje v roce 2015 a u MLBeva v 2018, bylo po poradě s členy teamu plánujícími výrobu a po dohodě s konzultantem odsouhlaseno, že za "peak" bude pro oba projekty považován 6. měsíc v roce 2015. Důvod byl především ten, že čím dále předběžné odvolávky zasahují, tím méně přesné jsou a rok 2015 se dá považovat za relativně stabilní.

4.2.2 Rozklad odvolávek na výrobu jednotlivých dílů dle aktuálního hrubého návrhu

Rozdělení vstřikolisů podle výrobků, pro které jsou určeny:

500t - Edison 3, Edison 5, Part 1, Part 4, Part 7, Part 8, Part 9, Part 10, Part 11,

Part 20, Part 24

900t - Edison 4, Part 2, Part 5, Part 12, Part 15, Part 17, Part 21, Part 22, Part 23

1300t - Edison 1

Tabulka č.8 pod textem popisuje předběžný hrubý návrh počtu vstřikolisů, k jakému účelu a v jakém rozvržení mají být využity, kolik kusů dle typu dílu forma produkuje (obvykle 1 nebo 2), čas na výrobu (vztažený na jeden cyklus stroje) a rozložené odvolávky na vyráběné plastové díly pro rok 2015, 6. měsíc, v kterých je zahrnuto navýšení výroby na pokrytí zmetků, které činí 1,5%.

$$\text{Koefficient navýšení výroby z důvodu zmetkovitosti 1,5\%} = \frac{1}{1 - 0,015} = 1,01523$$

Díl	Typ stroje	[Ks] z formy	Takt [s]	[Ks] dle odvolávek 6/2015	[Ks] dle odvolávek 6/2015 vč. zmetkovitosti 1,5%	Časová náročnost na výrobu [min / 3 směny]
Edison 1	1300t-01	1	37	36000	36548	1073,24
Edison 5	500t-03	1	36	36000	36548	1044,23
Part 17	900t-04	1	45	24191	24559	877,12
Part 12	900t-01	1	40	24191	24559	779,66
Edison 4	900t-03	2	42	36000	36548	609,14
Edison 3	500t-03	2	36	36000	36548	522,12
Part 5	900t-05	1	40	15646	15884	504,26
Part 2	900t-03	1	40	13104	13304	422,33
Part 15	900t-02	2	40	24191	24559	389,83
Part 10	500t-02	2	30	24191	24559	292,37
Part 7	500t-01	2	35	15646	15884	220,61
Part 1	500t-02	2	30	15646	15884	189,10
Part 9	500t-01	2	35	13184	13385	185,90
Part 4	500t-01	2	35	13104	13304	184,77
Part 11	500t-02	4	35	24191	24559	170,55
Part 23	900t-03	1	45	4559	4628	165,30
Part 21	900t-01	1	40	4559	4628	146,93
Part 22	900t-02	1	40	4559	4628	146,93
Part 20	500t-02	1	35	4559	4628	128,57
Part 24	500t-01	4	25	15646	15884	78,79
Part 8	500t-01	2	40	1970	2000	31,75

(tab. 8 - objemy výroby plastových dílů pro měsíc 6/2015)

4.3 Charakteristika plánovaných vstřikolisů

Investice do lisů na vstřikování plastů je v řádech desítek miliónů, proto je nutné dobře propočítat a navrhnout optimální počet strojů. Nově plánované stroje se od těch starších zavedených liší pro naše výpočty především dobou přetypování, ta se u již zavedených strojů pohybuje od 30 minut až do několika hodin v závislosti na velikosti formy a případných problémech při přetypování.

U nově plánovaných lisů s modernější technologií, je **požadavek na přetypování stanovený na 15 minut**, to je také základní důležitá hodnota pro další analýzu. V tabulce pod textem jsou zobrazeny typy plánovaných lisů, jejich počet a pořizovací cena.

Tonáž	Přesný název	Plánovaný počet	Cena
500t	Engel V.2050/500	3	17 196 920 Kč
900t	Engel Duo 7050/900 MP	5	12 145 783 Kč
1300t	Engel Duo 7050/1300	1	9 019 681 Kč

(tab. 9 - názvy a ceny vstřikolisů)

4.4 Analýza předběžného návrhu počtu a využití vstřikolisů

Analýza nám poslouží ke zjištění vytiženosti lisů, odhalí, kde jsou možné a využitelné rezervy a kde je naopak výroba předimenzována a stroj by tak nestíhal pokrýt požadované výrobní množství. Na základě těchto informací bude možné navrhnout případná jiná možná efektivnější řešení.

4.4.1 Kapacitní propočty

Dle kalendáře má rok 2015 počet pracovních dnů 251

$$\emptyset \text{ Počet prac. dnů měsíčně} = \frac{251}{12} \cong 21 \text{ dnů}$$

Vstřikovací stroje pracují ve všední pracovní dny ve 3-směnném provozu po 8mi hodinách.

$$\text{Pracovní fond stroje za směnu} = 8 * 60 = 480 \text{ minut}$$

$$\text{Pracovní fond stroje za den} = 3 * 480 = 1440 \text{ minut}$$

Průměrné časové vytížení strojů dle typu

Průměrné vytížení strojů je počítáno dle odvolávek, včetně navýšení na pokrytí 1,5% zmetkovitosti.

Stroj	Počet strojů	Typů výrobků	Průměrné vytížení jednoho stroje [min. / 3 směny]	Průměrné vytížení všech strojů daného typu [min. / 3 směny]
500t	3	11	1016,25	3048,75
900t	5	9	808,30	4041,5
1300t	1	1	1073,24	1073,24

(tab. 10 - denní vytížení strojů pro předběžný návrh)

Od každé tonáže strojů bude nakoupený jiný počet vstřikovacích strojů tak, aby zvládly pokrýt plánovanou výrobu, stroje různých tonáží není možné mezi sebou zaměňovat. Časy přestaveb vstřikovacích strojů na jiný typ výrobku jsou stanoveny na **15 minut** a zmetkovitost při výrobě je stanovena na **1,5%**.

Časový fond strojů

Stroj	Počet strojů	Typů výrobků	Časový fond jednoho stroje [min. / 3 směny]	Časový fond celkem [min. / 3 směny]
500t	3	11	1440	4320
900t	5	9	1440	7200
1300t	1	1	1440	1440

(tab. 11 - denní časový fond strojů pro předběžný návrh)

Už ze základních kapacitních propočtů, v kterých není započítaný čas na přetypování, je zřejmé, že stroje výrobu pokryjí bez problémů, pravděpodobně je jejich počet i zbytečně předimenzovaný.

4.4.2 Shrnutí analýzy předběžného návrhu

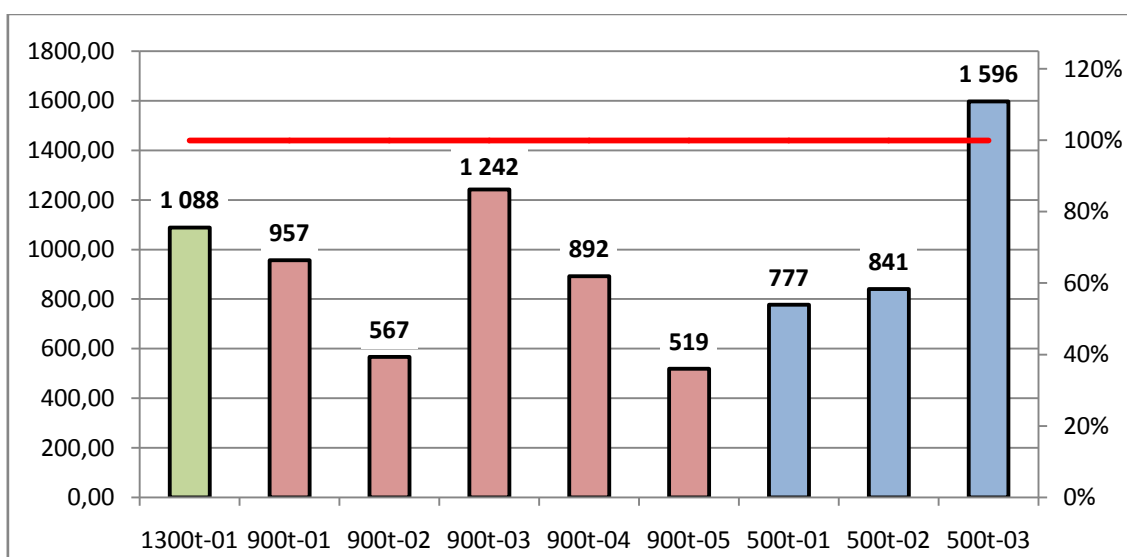
Pravý sloupec (tab. 12) obsahuje kompletní výrobní čas dle typu stroje za 3 směny, tedy jeden výrobní den. V hodnotách je započten jak výrobní čas potřebný na kompenzaci zmetků, tak potřebná doba přetypování.

Stroj	Typů výrobků	Výrobní čas [min. / 3 směny]	Čas na přetypování [min. / 3 směny]	Celkový výrobní čas [min. / 3 směny]
1300t-01	1	1073,24	15	1088,24
900t-01	2	926,59	30	956,59
900t-02	2	536,76	30	566,76
900t-03	3	1196,77	45	1241,77
900t-04	1	877,12	15	892,12
900t-05	1	504,26	15	519,26
500t-01	5	701,82	75	776,82
500t-02	4	780,59	60	840,59
500t-03	2	1566,35	30	1596,35

(tab. 12 - detailní denní vytížení strojů pro předběžný návrh)

V grafu jsou zaneseny výrobní časy strojů z (tab. 12), pravého sloupce. Levá osa označuje výrobní čas v hodinách, na pravé straně je označený procentuálně, kdy 100% je maximální pracovní fond stroje za 3 směny. Červená čára pak vizuálně dělí zmíněný maximální pracovní fond.

Jak je z grafu zřejmé a co potvrdily i počáteční kapacitní propočty, systém výroby je navržen velice nerovnoměrně. Stroje 500t - 1 a 2 mají téměř poloviční rezervu, zatímco na stroji 3 je výroba předimenzovaná. Stroje 900t sice výrobu zvládnou, ale jejich rozložení též není ideální a z důvodu rovnoměrného zatížení by byla na místě optimalizace.



(graf 1 - detailní denní vytížení strojů pro předběžný návrh)

4.3.4 Výpočet OEE pro předběžný návrh

Abychom získali celkovou efektivitu zařízení v procentech, je ještě potřeba provést výpočet OEE. Výpočet byl proveden za jeden pracovní den (3 směny).

Čas na výrobu jednoho kusu "Tp" je dopočítán přes vážený průměr viz. příklad výpočtu "Tp" pro díly ze strojů 500t.

$$Tp = \frac{\sum \text{Času na vyrobení všech dílů na 500t strojích}}{\text{celkový počet vyrobených kusů na 500t strojích}} = \frac{3781411}{203183} = 18,9062[s]$$

Stroje 500t

$$\text{Dostupnost} = \frac{(3 * 1440 - 165)}{3 * 1440} = 0,9618$$

$$\text{Výkon} = \frac{(203183/21) * 18,9062/60}{3 * 1440} = 0,7057$$

$$\text{Kvalita} = \frac{(203183 - 3046)}{203183} = 0,985$$

$$\text{OEE} = \text{Dostupnost} * \text{Výkon} * \text{Kvalita} = 0,9618 * 0,7057 * 0,985 \Rightarrow \mathbf{66,86\%}$$

Stroje 900t

$$\text{Dostupnost} = \frac{(5 * 1440 - 135)}{5 * 1440} = 0,9816$$

$$\text{Výkon} = \frac{(153297/21) * 33,218/60}{5 * 1440} = 0,5613$$

$$\text{Kvalita} = \frac{(153297 - 2297)}{153297} = 0,985$$

$$\text{OEE} = \text{Dostupnost} * \text{Výkon} * \text{Kvalita} = 0,9816 * 0,5613 * 0,985 \Rightarrow \mathbf{54,27\%}$$

Stroj 1300t

$$\text{Dostupnost} = \frac{(1440 - 15)}{1440} = 0,9896$$

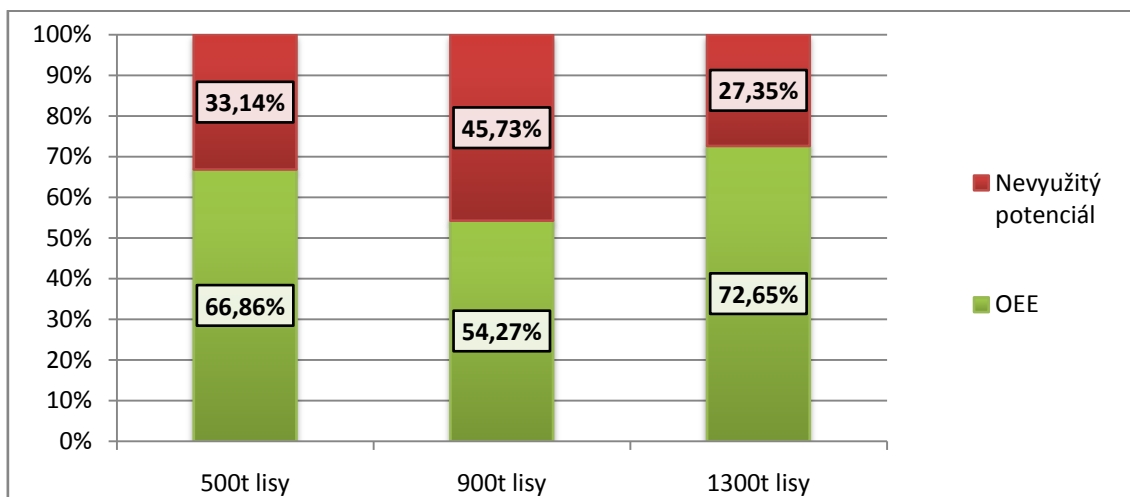
$$\text{Výkon} = \frac{(36548/21) * 37/60}{1440} = 0,7453$$

$$\text{Kvalita} = \frac{(203183 - 3046)}{203183} = 0,985$$

$$\text{OEE} = \text{Dostupnost} * \text{Výkon} * \text{Kvalita} = 0,9896 * 0,7453 * 0,985 \Rightarrow \mathbf{72,65\%}$$

4.4.4 Rekapitulace předběžného návrhu

Po dopočítání OEE koeficientů je možné vidět procentuelní efektivitu strojů, která je zejména v případě 900t lisů velice nízká, téměř jen poloviční. A přestože 500t lisy mají efektivitu 66,86%, stroj číslo 3 má předimenzovanou výrobu, které není možné dosáhnout.



(graf 2 - průměrná efektivita strojů dle typu pro předběžný návrh)

Výpočet pořizovacích nákladů na vstřikolisy

Typ stroje	Počet strojů	Cena
Engel V.2050/500	3	51 590 760 Kč
Engel Duo 7050/900 MP	5	60 728 915 Kč
Engel Duo 7050/1300	1	9 019 681 Kč
CELKEM	9	121 339 356 Kč

(tab. 13 - výpočet pořizovacích nákladů na stroje pro předběžný návrh)

Výhody systému:

- žádné

Nevýhody systému:

- nerovnoměrné výtížení
- nízký koeficient efektivity
- předimenzovaná výroba
- vysoké pořizovací náklady

5. Návrh řešení

5.1 Návrh "varianty A"

Princip varianty A spočívá v odstranění předimenzované výroby na lisu 500t-3 a celkovém rozvržení výroby tak, aby lisy byly vytěžovány pokud možno co nejrovnoměrěji.

Od tohoto návrhu se bude očekávat z důvodu vysokých rezerv na strojích, velká flexibilita výroby, kdy by neměl nastat problém, ani při případných nečekaných jednorázově vysokých odvolávkách. Dále také bude dodržen počet vstříkolisů podle předběžného návrhu firmy.

Popis nového uspořádání výroby na strojích pro variantu A (tab. 14).

Stroj	Vyráběné díly
500t-1	Edison 5
500t-2	Edison 3, Part4, Part 8, Part 9, Part 24
500t-3	Part 1, Part 7, Part 10, Part 11, Part 20
900t-1	Part 17
900t-2	Part 12
900t-3	Edison 4, Part 23
900t-4	Part 5, Part 21, Part 22
900t-5	Part 2, Part 15
1300t	Edison 1

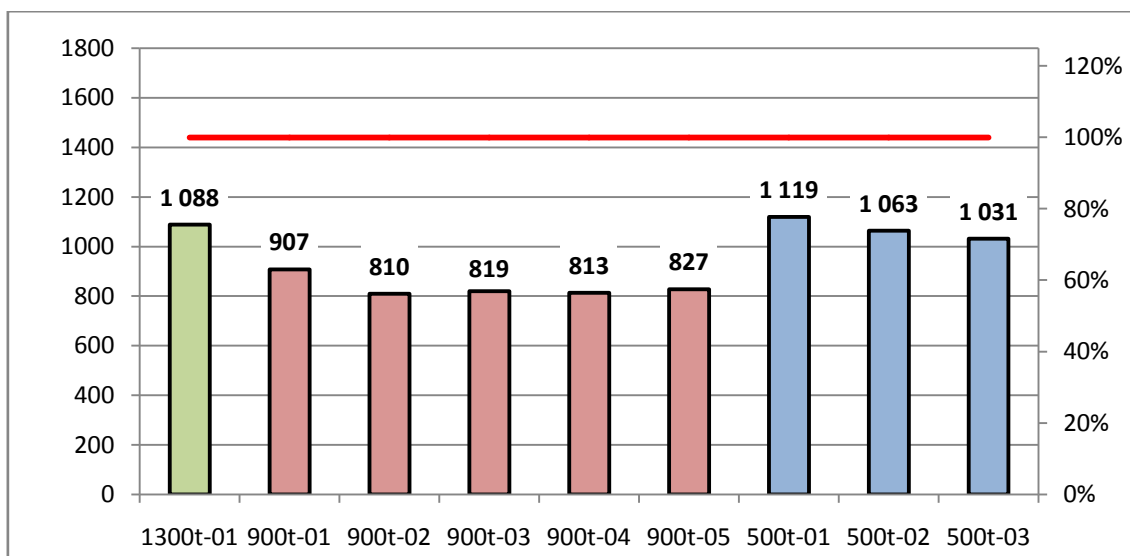
(tab. 14 - nové uspořádání výroby pro variantu A)

Z návrhu rozložení výroby bylo následně dopočítáno vytížení vstříkolisů pro návrh Varianty A (tab. 15).

Stroj	Typů výrobků	Výrobní čas [min. / 3 směny]	Čas na přetypování [min. / 3 směny]	Celkový výrobní čas [min. / 3 směny]
1300t-01	1	1073,24	15	1088,24
900t-01	2	877,12	30	907,12
900t-02	2	779,66	30	809,66
900t-03	3	774,44	45	819,44
900t-04	1	798,12	15	813,12
900t-05	1	812,16	15	827,16
500t-01	5	1044,23	75	1119,23
500t-02	4	1003,33	60	1063,33
500t-03	2	1001,20	30	1031,20

(tab. 15 - detailní denní vytížení strojů pro variantu A)

Z (tab. 15) byl pro lepší grafickou vizualizaci dosažených výsledků vytvořen (graf 3), k náhledu je na další straně.



(graf 3 - detailní denní vytížení strojů pro variantu A)

Jak je z grafu patrné, novým uspořádáním výroby na vstřikolisech se docílilo výrazně lepšího vyvážení výroby, ačkoli rezervy jsou stále příliš velké, je to nejlepší možné řešení při daném počtu strojů.

5.1.1 Výpočet OEE pro "variantu A"

Ačkoli došlo k optimalizaci na výrobních lisech, jejich počet zůstal stejný, proto i koeficient efektivity OEE zůstane nezměněný.

Stroje 500t

$$OEE = Dostupnost * Výkon * Kvalita = 0,9618 * 0,7057 * 0,985 \Rightarrow 66,86\%$$

Stroje 900t

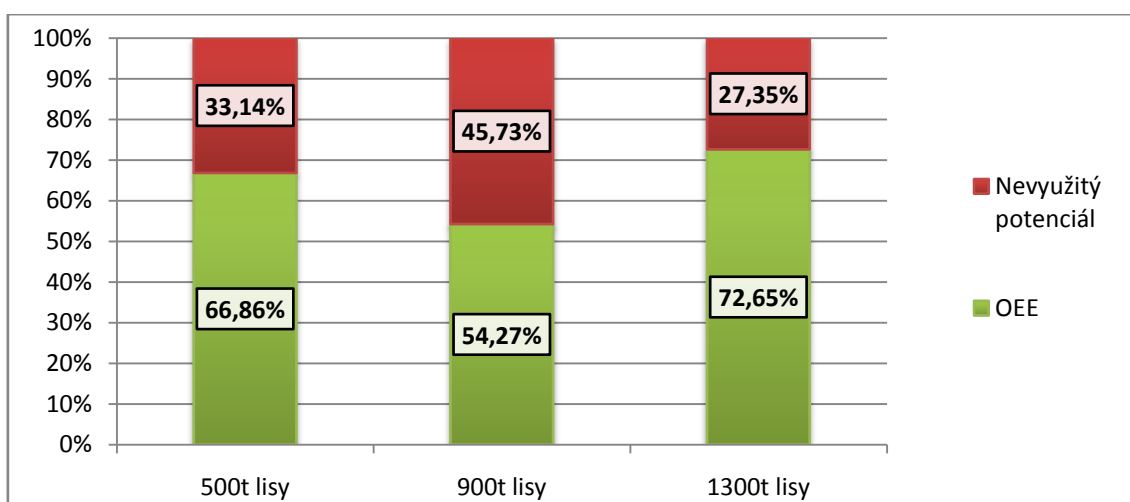
$$OEE = Dostupnost * Výkon * Kvalita = 0,9816 * 0,5613 * 0,985 \Rightarrow 54,27\%$$

Stroj 1300t

$$OEE = Dostupnost * Výkon * Kvalita = 0,9896 * 0,7453 * 0,985 \Rightarrow 72,65\%$$

5.1.2 Rekapitulace "varianty A"

Optimalizací výroby na vstřikolisech se mi povedlo zajistit provozuschopnou výrobu bez předimenzovaných požadavků. Výroba je daleko víc vyvážená a je schopná velice pružně reagovat na případné nečekané výkyvy v odvolávkách. Byl zachován stávající počet strojů z předběžného návrhu, což bylo jedním z cílů při navrhování této varianty. Bohužel z toho důvodu zůstala pořizovací cena strojů a koeficient efektivity zařízení OEE stejný jako u předběžného návrhu.



(graf 4 - průměrná efektivita strojů dle typu pro variantu A)

Výpočet pořizovacích nákladů na vstřikolisy

Typ stroje	Počet strojů	Cena
Engel V.2050/500	3	51 590 760 Kč
Engel Duo 7050/900 MP	5	60 728 915 Kč
Engel Duo 7050/1300	1	9 019 681 Kč
CELKEM	9	121 339 356 Kč

(tab. 16 - výpočet pořizovacích nákladů na stroje pro variantu A)

Výhody systému:

- schopnost reagovat na výrazné výkyvy v odvolávkách
- vyvážené vytížení vstřikolisů

Nevýhody systému:

- nízký koeficient efektivity
- vysoké pořizovací náklady

5.2 Návrh "varianty B"

Návrh řešení B už má značně větší zásahy do výroby než varianta A. Zaměřuje se především na optimalizaci počtu vstříkolisů, který následně úzce souvisí s výsledným koeficientem efektivity OEE.

Od návrhu se tedy očekávají hlavně nižší pořizovací náklady na výrobní stroje a zvýšení efektivity těch, které budou pořízeny. To vše při zachování provozuschopnosti výroby uspokojit plánované odvolávky a dodržení pracovní doby pouze ve všední dny.

5.2.1 Výpočet minimálního počtu strojů pomocí kapacitních propočtů

Provedení toho výpočtu je nutné pro následný návrh řešení, abychom věděli jaký minimální počet strojů je potřebný k zajištění schopnosti uspokojit požadavky zákazníka.

Tabulka pod textem (tab. 17) vychází z hodnot tabulky (tab. 15), došlo k sečtení všech výrobních časů pro dané typy strojů.

Stroje	Výrobní čas [min. / 3 směny]	Čas přetypování [min. / 3 směny]	Celkový čas výroby [min. / 3 směny]
500t	3048,76	165	3213,76
900t	4041,50	135	4176,50
1300t	1073,24	15	1088,24

(tab. 17 - denní vytížení strojů pro variantu B)

*Pracovní fond stroje za den (3 směny) = 3 * 480 = 1440 minut*

Výsledný počet strojů musí být vždy zaokrouhlen na celé číslo směrem nahoru.

$$\text{Minimální počet 500t lisů} = \frac{\text{Celkový denní čas výroby}}{\text{Denní pracovní fond stroje}} = \frac{3213,76}{1440} = 2,23 \doteq 3$$

$$\text{Minimální počet 900t lisů} = \frac{\text{Celkový denní čas výroby}}{\text{Denní pracovní fond stroje}} = \frac{4176,50}{1440} = 2,90 \doteq 3$$

$$\text{Minimální počet 500t lisů} = \frac{\text{Celkový denní čas výroby}}{\text{Denní pracovní fond stroje}} = \frac{1088,24}{1440} = 0,76 \doteq 1$$

Popis nového nové uspořádání výroby na strojích pro variantu B (tab. 18).

Stroj	Vyráběné díly
500t-1	Edison 5
500t-2	Edison 3, Part4, Part 8, Part 9, Part 24
500t-3	Part 1, Part 7, Part 10, Part 11, Part 20
900t-1	Part 5, Part 17
900t-2	Part 15, Part 12, Part 21
900t-3	Edison 4, Part 2, Part 22, Part 23
1300t	Edison 1

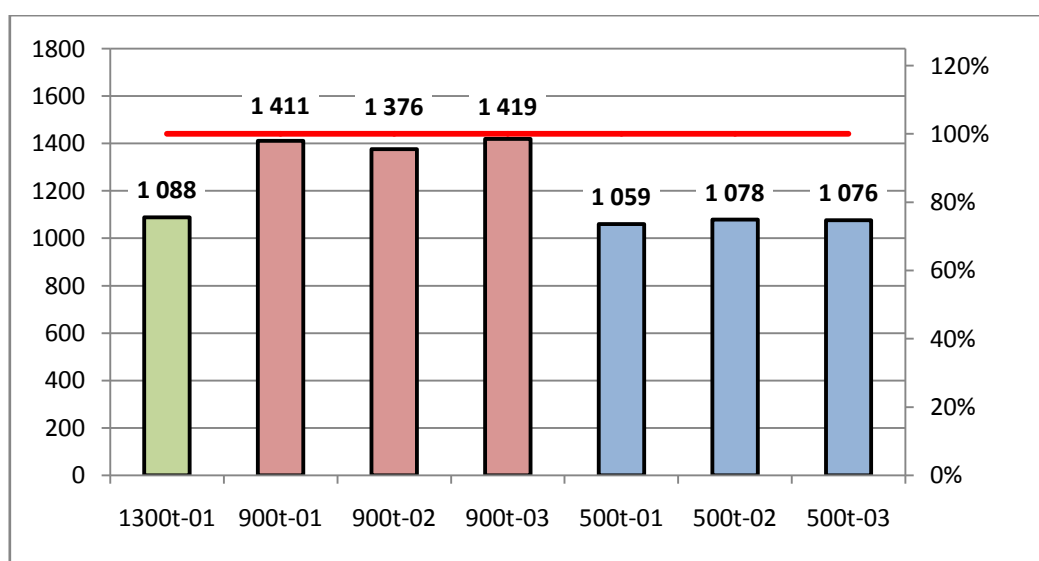
(tab. 18 - nové uspořádání výroby pro variantu B)

Z nového návrhu výroby pro variantu B bylo dopočítáno vytížení strojů (tab. 19)

Stroj	Typů výrobků	Výrobní čas [min. / 3 směny]	Čas na přetypování [min. / 3 směny]	Celkový výrobní čas [min. / 3 směny]
1300t-01	1	1073,24	15	1088,24
900t-01	2	1381,38	30	1411,38
900t-02	3	1331,42	45	1376,42
900t-03	4	1358,70	60	1418,70
500t-01	1	1044,23	15	1059,23
500t-02	5	1003,33	75	1078,33
500t-03	5	1001,20	75	1076,20

(tab. 19 - detailní denní vytížení strojů pro variantu B)

Z (tab. 19) byl pro lepší grafickou vizualizaci dosažených výsledků vytvořen (graf 5).



(graf 5 - detailní denní vytížení strojů pro variantu B)

5.2.2 Výpočet OEE pro "variantu B"

Na lisech 900t došlo ke značné úspoře, proto je očekáváno, že se to patřičně projeví i v koeficientu efektivity, bohužel stroje 500t a 1300t neumožňovaly optimalizaci v rámci snížení počtu strojů a zde zůstane efektivita stejná jako u předchozích variant.

Stroje 500t

$$Dostupnost = \frac{(3 * 1440 - 165)}{3 * 1440} = 0,9618$$

$$Výkon = \frac{(203183/21) * 18,9062/60}{3 * 1440} = 0,7057$$

$$Kvalita = \frac{(203183 - 3046)}{203183} = 0,985$$

$$OEE = Dostupnost * Výkon * Kvalita = 0,9618 * 0,7057 * 0,985 \Rightarrow \mathbf{66,86\%}$$

Stroje 900t

$$Dostupnost = \frac{(3 * 1440 - 135)}{3 * 1440} = 0,9689$$

$$Výkon = \frac{(153297/21) * 33,218/60}{3 * 1440} = 0,9355$$

$$Kvalita = \frac{(153297 - 2297)}{153297} = 0,985$$

$$OEE = Dostupnost * Výkon * Kvalita = 0,9689 * 0,9355 * 0,985 \Rightarrow \mathbf{89,27\%}$$

Stroj 1300t

$$Dostupnost = \frac{(1440 - 15)}{1440} = 0,9896$$

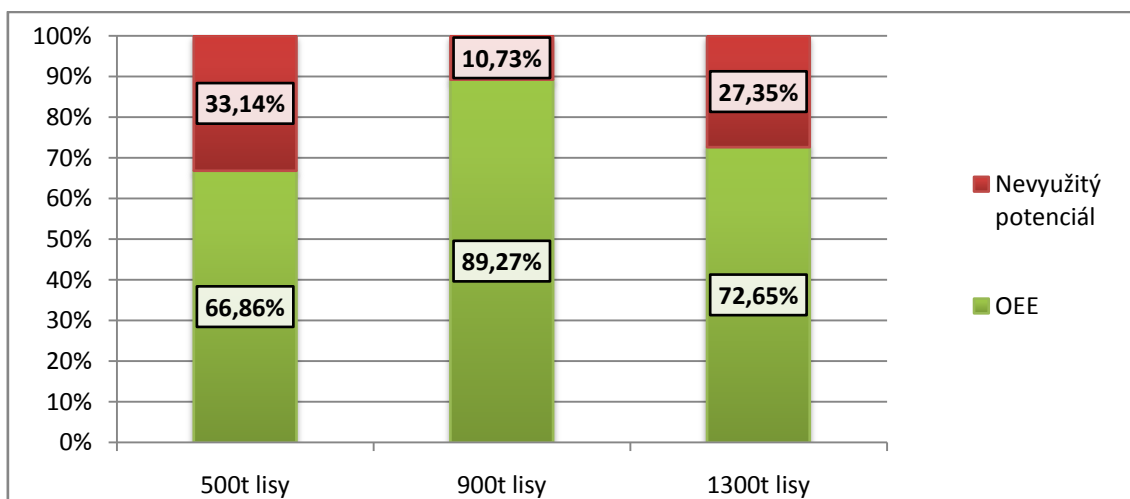
$$Výkon = \frac{(36548/21) * 37/60}{1440} = 0,7453$$

$$Kvalita = \frac{(203183 - 3046)}{203183} = 0,985$$

$$OEE = Dostupnost * Výkon * Kvalita = 0,9896 * 0,7453 * 0,985 \Rightarrow \mathbf{72,65\%}$$

5.2.3 Rekapitulace "varianty B"

Optimalizací 900 tunových vstřikolisů se mi povedlo docílit snížení z jejich původního plánovaného počtu 5ti strojů na výchozí 3. To má za následek i značné finanční úspory a zvýšení koeficientu efektivity OEE na 900t lisech. Bohužel 500 a ani 1300 tunový lis neumožňovaly stejnou optimalizaci. Pokud by totiž došlo ke snížení počtu strojů, byl by jen o jeden, výroba by nestíhala plnit požadovaný plán.



(graf 6 - průměrná efektivita strojů dle typu pro variantu B)

Výpočet pořizovacích nákladů na vstřikolisy

Typ stroje	Počet strojů	Cena
Engel V.2050/500	3	51 590 760 Kč
Engel Duo 7050/900 MP	3	36 437 349 Kč
Engel Duo 7050/1300	1	9 019 681 Kč
CELKEM	7	97 047 790 Kč

(tab. 20 - výpočet pořizovacích nákladů na stroje pro variantu B)

Výhody systému:

- snížené pořizovací náklady oproti předchozím systémům
- vyvážené vytížení vstřikolisů
- velice dobrý koeficient efektivity 900t lisů

Nevýhody systému:

- efektivita strojů 500t a 1300t je stále dost nízká
- 900t lisy pracují na hranici svých kapacit

5.3 Návrh "varianty C"

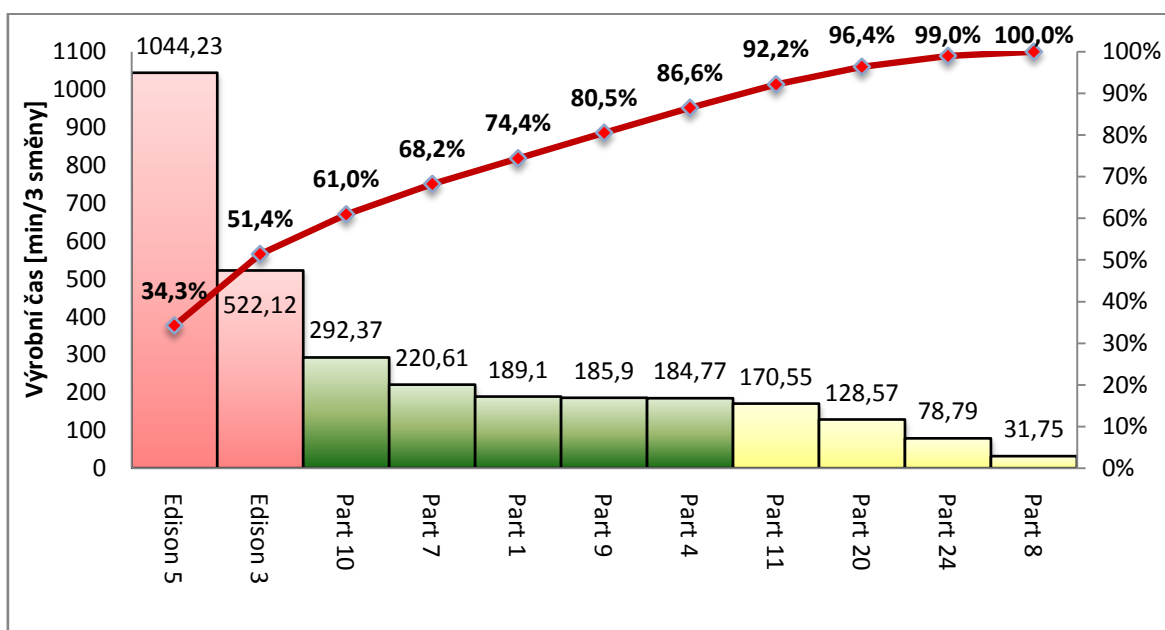
Třetím řešením je varianta C, která je mnohem sofistikovanější, než všechny předchozí varianty. Zaměřuje se nejen na optimalizované rozdělení výrobků na vstříkolisech, ale také rozděluje výrobu na "Hi, Mid a Low runnery" (nízko, středně a vysoko objemové výrobky) pomocí Paretovy analýzy a zavádí výrobu nízko objemových výrobků o víkendu se zásobami na celý týden, aby se přecházelo složitému přetypování strojů kvůli výrobě nízkého objemu výrobků.

Od návrhu se očekává ještě případně další možná redukce počtu strojů, snížení počtu potřebného přetypování, které je časově náročné a dochází při něm i k většímu opotřebení forem a strojů a zvýšení koeficientu efektivity i u ostatních strojů.

5.3.1 Rozdělení výrobků dle výrobního objemu

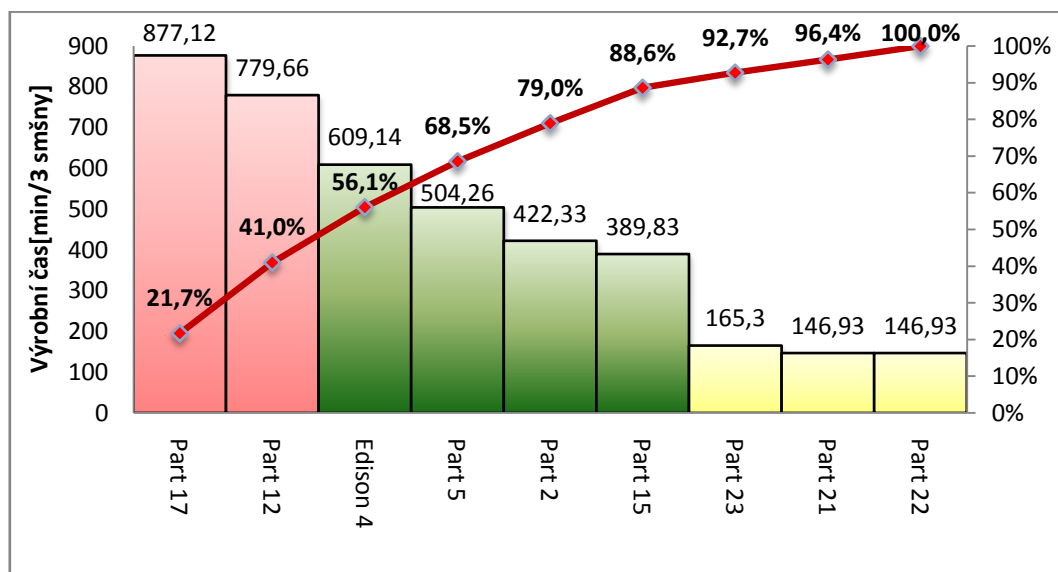
Pomocí Paretovy analýzy jsou výrobky rozděleny na Hi, Mid a Low runnery, což je rozdělení podle výrobních objemů. Analýza nám umožní definovat, které výrobky zbytečně zatěžují stroje častým přetypováním. Jejich výroba bude přesunuta na víkendové dny a vyráběny budou na sklad na týden dopředu dle týdenních odvolávek. Červeně jsou označeny vysoko objemové, zeleně středně objemové a žlutě nízko objemové výrobky, na které se právě zaměříme.

Analýza objemů výrobků na 500t lisech



(graf 7 - rozdělení výrobků dle výrobního objemu na 500t lisech)

Analýza objemů výrobků na 900t lisech



(graf 8 - rozdělení výrobků dle výrobního objemu na 900t lisech)

Z žlutých sloupečků v grafech je zřejmé, které výrobky byly zařazené mezi nízko objemové. Další krok bylo provést výpočet jejich celkového výrobního času na týdenní zásobu, abychom mohli zjistit, zda je možné výrobu pokrýt víkendovými dny.

Stroj (díly)	Celkový čas na výrobu týdenních zásob včetně přetypování [min]
500t - part 8	173,75
500t - part 11	867,75
500t - part 20	657,85
500t - part 24	408,95
CELKEM	2108,30
900t - part 21	749,65
900t - part 22	749,65
900t - part 23	841,50
CELKEM	2340,80

(tab. 21 - čas na výrobu nízko objemových výrobků)

5.3.2 Kapacitní propočty pro víkendovou výrobu

Jelikož je snaha šetřit čas a opotřebování strojů a forem při přetypování, bude v případě víkendové výroby použit pouze jeden vstříkolis od každého typu.

Výsledný počet směn musí být vždy zaokrouhlen na celé číslo směrem nahoru.

Maximální počet směn o víkendu na jeden stroj = $2 * 3 = 6$

$$\text{Potřebný počet směn pro 500t stroj} = \frac{2108,30}{480} = 4,39 \cong 5 \text{ směn}$$

$$\text{Potřebný počet směn pro 900t stroj} = \frac{2340,80}{480} = 4,78 \cong 5 \text{ směn}$$

Z kapacitních propočtů pro víkendovou výrobu vyplývá, že navržené řešení zvládne pokrýt požadovanou výrobu.

5.3.3 Výpočet minimálního počtu strojů pro výrobu ve všední dny pomocí kapacitních propočtů

Provedení tohoto výpočtu je nutné pro následný návrh řešení, abychom věděli, jaký minimální počet strojů je potřebný k zajištění výroby výrobků, které nebudou vyráběny o víkendu.

Tabulka pod textem (tab. 22) vychází z hodnot tabulky (tab. 15), došlo k sečtení všech výrobních časů pro dané typy strojů, vyjma časů u výrobků, které budou vyráběny během víkendu.

Stroje	Výrobní čas [min. / 3 směny]	Čas přetypování [min. / 3 směny]	Celkový čas výroby [min. / 3 směny]
500t	2639,10	105	2744,10
900t	3582,34	90	3672,34
1300t	1073,24	15	1088,24

(tab. 22 - denní vytížení strojů ve všední dny pro variantu C)

Pracovní fond stroje za den (3 směny) = 3 * 480 = 1440 minut

Výsledný počet strojů musí být vždy zaokrouhlen na celé číslo směrem nahoru.

$$\text{Minimální počet 500t lisů} = \frac{\text{Celkový denní čas výroby}}{\text{Denní pracovní fond stroje}} = \frac{2744,10}{1440} = 1,90 \doteq 2$$

$$\text{Minimální počet 900t lisů} = \frac{\text{Celkový denní čas výroby}}{\text{Denní pracovní fond stroje}} = \frac{3672,34}{1440} = 2,55 \doteq 3$$

$$\text{Minimální počet 1300t lisů} = \frac{\text{Celkový denní čas výroby}}{\text{Denní pracovní fond stroje}} = \frac{1088,24}{1440} = 0,76 \doteq 1$$

Tabulka popisující nové uspořádání výroby na vstřikolisech ve všední dny.

Stroj	Vyráběné díly
500t-1	Edison 5, Part 10
500t-2	Edison 3, Part 1, Part 4, Part 7, Part 9
900t-1	Part 15, Part 17
900t-2	Part 2, Part 12
900t-3	Edison 4, Part 5
1300t	Edison 1

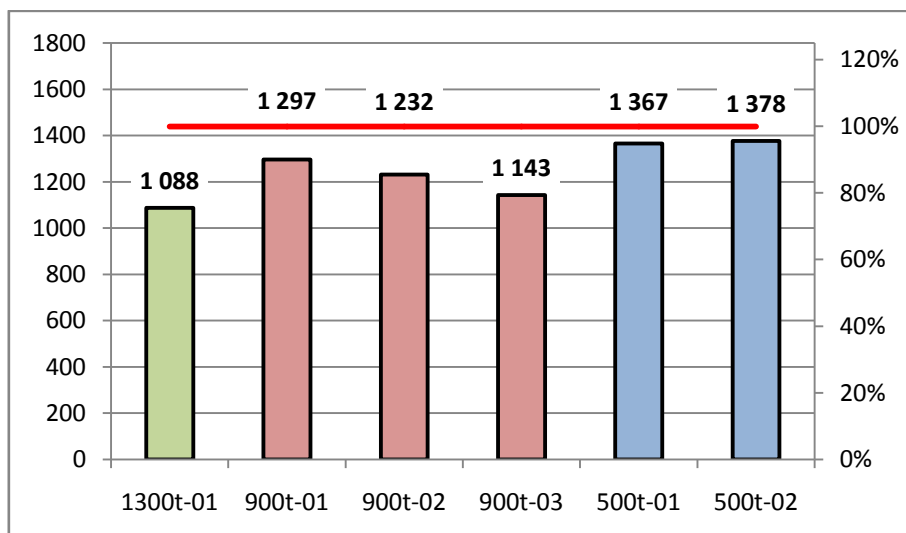
(tab. 23 - nové uspořádání výroby ve všední dny pro variantu C)

Z nového návrhu výroby pro variantu B bylo dopočítáno vytížení strojů (tab. 24)

Stroj	Typů výrobků	Výrobní čas [min. / 3 směny]	Čas na přetypování [min. / 3 směny]	Celkový výrobní čas [min. / 3 směny]
1300t-01	1	1073,24	15	1088,24
900t-01	2	1266,95	30	1296,95
900t-02	2	1201,99	30	1231,99
900t-03	2	1113,40	30	1143,40
500t-01	2	1336,60	30	1366,60
500t-02	5	1302,50	75	1377,50

(tab. 24 - detailní denní vytížení strojů ve všední dny pro variantu C)

Z (tab. 24) byl pro lepší grafickou vizualizaci dosažených výsledků vytvořen (graf 9).



(graf 9 - detailní denní vytížení strojů ve všední dny pro variantu C)

5.3.4 Výpočet OEE pro "Variantu C"

Výpočet koeficientu efektivity se ve variantě C bude trochu lišit od předchozích postupů. Zatímco předtím stačilo spočítat OEE pro jeden pracovní den, protože byly všechny stejné, nyní je potřeba zohlednit i víkendové dny, kdy probíhá práce na strojích. Proto, abychom došli k relevantním výsledkům, je potřeba vypočítat OEE pro celý týden, včetně pěti víkendových směn.

Stroje 500t

$$Dostupnost = \frac{((5 * 2 * 1440) + 5 * 480) - 585}{(5 * 2 * 1440) + 5 * 480} = 0,9652$$

$$Výkon = \frac{(203183/21) * 5 * 18,9062/60}{(2 * 1440 * 5) + 5 * 480} = 0,9074$$

$$Kvalita = \frac{(203183 - 3046)}{203183} = 0,985$$

$$OEE = Dostupnost * Výkon * Kvalita = 0,9652 * 0,9074 * 0,985 \Rightarrow \mathbf{86,27\%}$$

Stroje 900t

$$Dostupnost = \frac{((5 * 3 * 1440) + 5 * 480) - 495}{(5 * 3 * 1440) + 5 * 480} = 0,9794$$

$$Výkon = \frac{(153297/21) * 5 * 33,218/60}{(3 * 1440 * 5) + 5 * 480} = 0,8420$$

$$Kvalita = \frac{(153297 - 2297)}{153297} = 0,985$$

$$OEE = Dostupnost * Výkon * Kvalita = 0,9794 * 0,8420 * 0,985 \Rightarrow \mathbf{81,23\%}$$

Stroj 1300t

$$Dostupnost = \frac{(1440 - 15)}{1440} = 0,9896$$

$$Výkon = \frac{(36548/21) * 37/60}{1440} = 0,7453$$

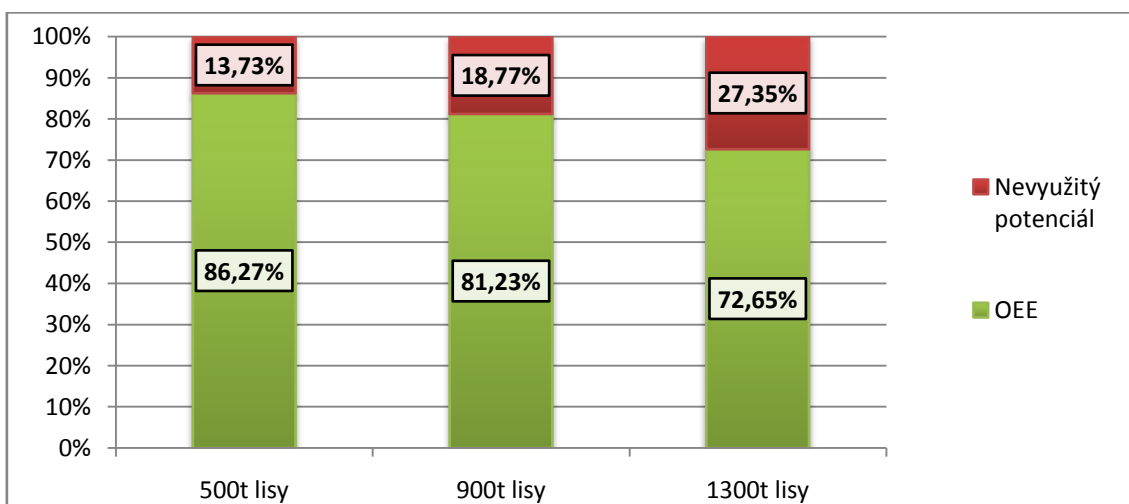
$$Kvalita = \frac{(203183 - 3046)}{203183} = 0,985$$

$$OEE = Dostupnost * Výkon * Kvalita = 0,9896 * 0,7453 * 0,985 \Rightarrow \mathbf{72,65\%}$$

Výpočty koeficientů efektivity pro variantu C ukázaly dosažení velmi dobrých výsledků u 500 a 900 tunových strojů, kde se povedlo dosáhnout v obou případech nad hranici 80%. Stroj 1300t bohužel stále zůstává na své hodnotě, ale to je zapříčiněno tím, že je na stroji vyráběn pouze jeden typ výrobku a tím pádem není žádný prostor pro případnou optimalizaci z hlediska uspořádání výroby.

5.3.5 Rekapitulace "varianty C"

Přesunem nízko objemové výroby na víkendové dny se mi podařilo zredukovat počet 500 tunových lisů ze tří na dva stroje. Dalším velkým pozitivem tohoto řešení bylo snížení potřebného počtu přetypování, které má za následek rychlejší opotřebení strojů a vstřikovacích forem. Snížením počtu lisů se dosáhlo i finanční úspory, která se projevila ve finální pořizovací částce. Koeficient efektivity u 500 tunových lisů značně stoupl a ačkoli částečně klesl u 900 tunových strojů, neberu to za neúspěch, protože došlo k částečnému odlehčení jejich vytížení a snížení počtu potřebných přetypování.



(graf 10 - průměrná efektivity strojů dle typu pro variantu C)

Výpočet pořizovacích nákladů na vstřikolisy

Typ stroje	Počet strojů	Cena
Engel V.2050/500	2	34 393 840 Kč
Engel Duo 7050/900 MP	3	36 437 349 Kč
Engel Duo 7050/1300	1	9 019 681 Kč
CELKEM	6	79 850 870 Kč

(tab. 25 - výpočet pořizovacích nákladů na stroje pro variantu C)

Výhody systému:

- dosaženo velice dobrých koeficientů efektivity
- značná redukce pořizovacích nákladů
- snížení počtu potřebných přetypování

Nevýhody systému:

- vyšší skladovací zásoby u nízko objemových výrobků

6. Zhodnocení navržených variant

V této poslední kapitole došlo k rekapitulaci a zhodnocení dosažených výsledků s ohledem na kritéria a požadavky firmy.

6.1 Kritéria pro výběr výchozí varianty

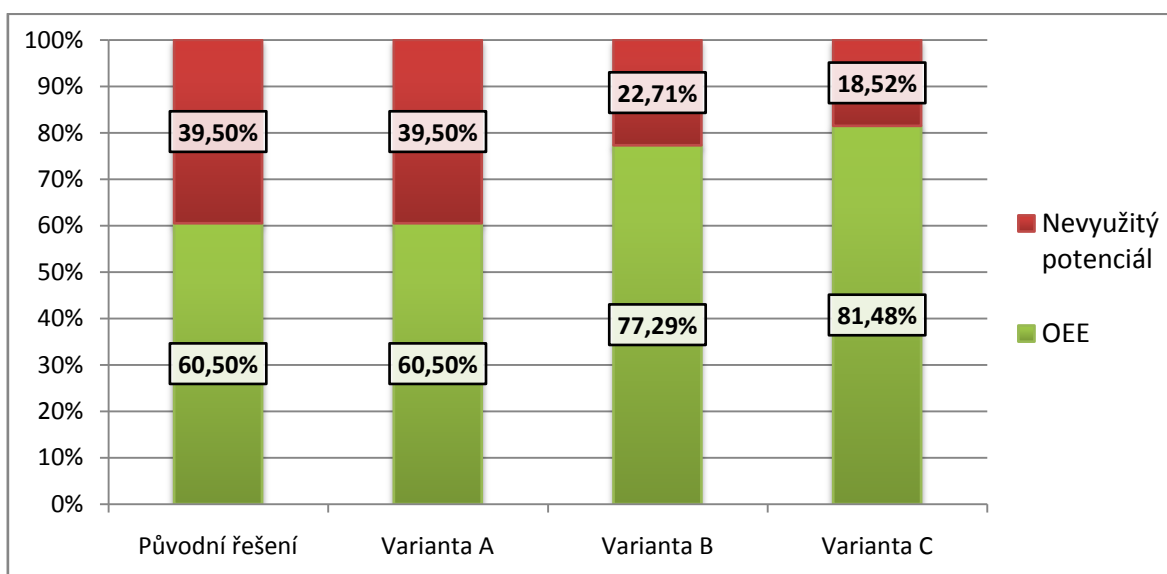
- 1) Schopnost pokrýt plánované odvolávky
- 2) Snížit počet potřebných přetypování strojů
- 3) Zredukovat počet strojů se zachováním schopnosti plnit výrobní plán a tím snížit pořizovací náklady
- 4) Navýšení koeficientu efektivity (OEE)

6.2 Porovnání koeficientů efektivity

Aby bylo možné provést porovnání, nejprve bylo nutné dopočítat přes vážený průměr celkovou efektivitu zařízení pro každý z navrhovaných plánů. Vycházelo se z následujícího vztahu:

Celkové OEE =

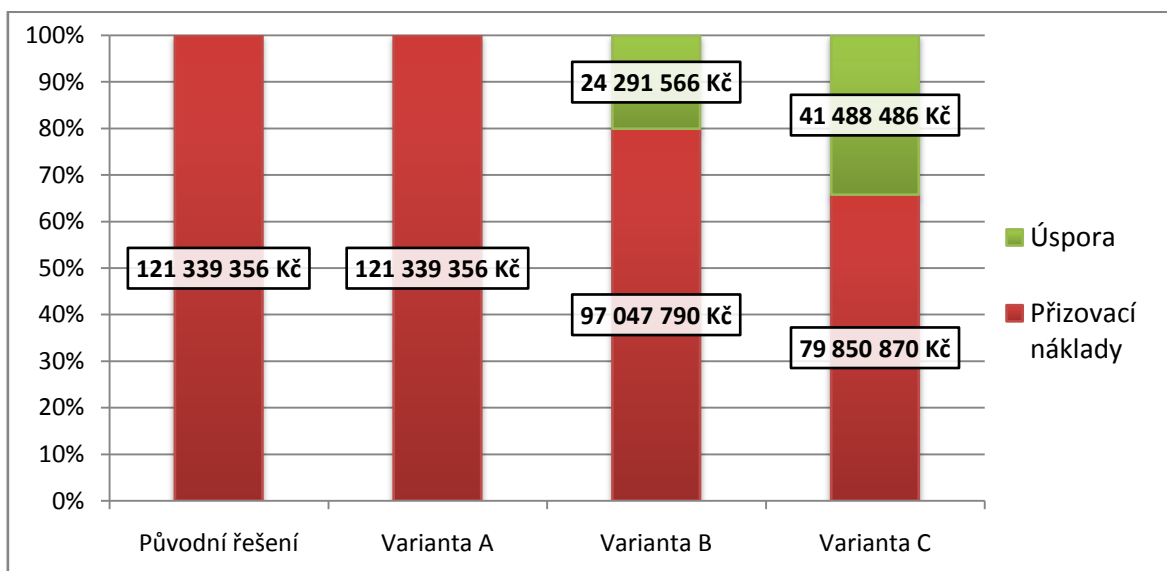
$$= \frac{OEE(500t) * (\text{počet } 500t \text{ lisů}) + OEE(900t) * (\text{počet } 500t \text{ lisů}) + OEE(1300t)}{\text{celkový počet lisů}}$$



(graf 11 - porovnání koeficientů efektivity navržených variant)

6.3 Porovnání pořizovacích nákladů

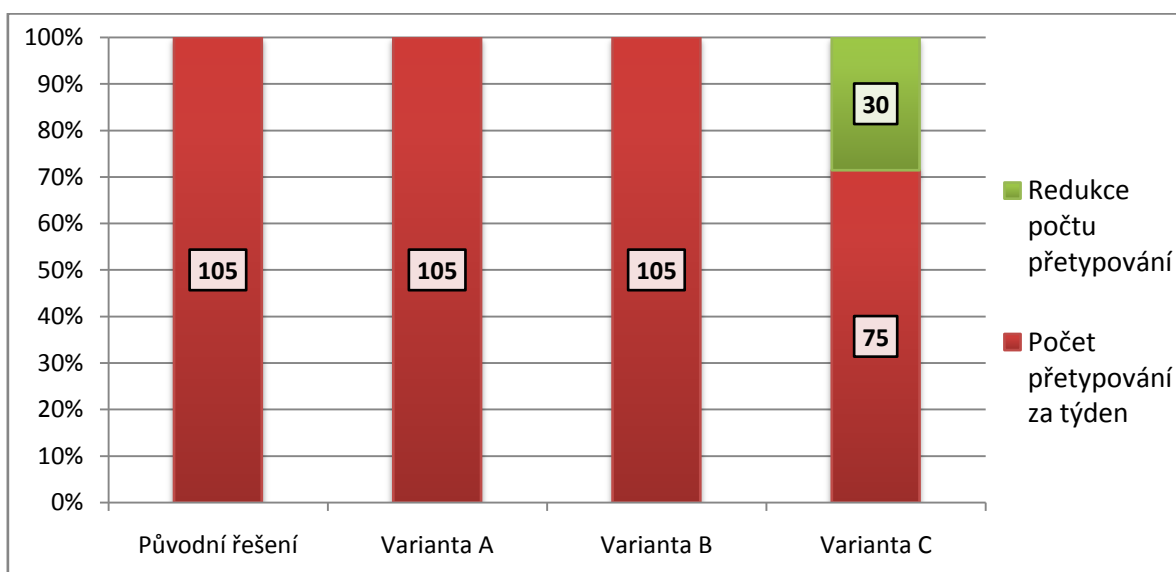
I když to není nejdůležitější kritérium, dnešní politikou firem je snaha stále tlačit náklady na výrobu níž a níž, ani v tomto případě to není jiné. Porovnání nákladů bylo prováděno z předchozích výpočtů celkové pořizovací ceny u každé z variant.



(graf 12 - porovnání pořizovacích nákladů navržených variant)

6.4 Porovnání počtu potřebných přetypování

Časté přetypování má za následek rychlejší opotřebení drahých forem a strojů, proto je ekonomické mít snahu jejich počet redukovat. Při porovnávání vycházíme z počtu potřebných přetypování na jeden týden včetně víkendových dnů.



(graf 13 - porovnání týdenního počtu přetypování na strojích pro navržené varianty)

7. Závěr

Cílem práce bylo shromáždění všech dostupných informací z oddělení plánování výroby, návrhu výrobních linek a logistiky pro projekt X07 Edison a MLBevo. Na tato shromážděná data navazovalo vytvoření VSD mapy, která sloužila k prezentaci projektu pro vedení firmy.

Z dat navazujících především na vstříkolisy plastových dílů bylo dále za úkol najít optimální řešení pro požadovaný výrobní plán. Vycházel jsem z předběžných hrubých návrhů firmy, které byly nejen značně předimenzované, ale také velmi nerovnoměrně rozvržené. Zatímco v některých případech docházelo k polovičnímu vytížení strojů, jiný byl naopak předimenzovaný nad své možné výrobní kapacity.

Na základě těchto skutečností jsem navrhnul tři možné varianty řešení, které zvládají plnit výrobní plán a případně byly v rámci možností i částečně optimalizované, ať už z hlediska finančního, či výrobního.

V prvním případě došlo k navržení varianty A, která zachovává původní předběžný návrh především tedy v počtu strojů. Došlo ale ke značné optimalizaci výroby na základě mnohem lepšího vyvážení vytížení strojů. Výroba je sice stále značně předimenzovaná, ale nedochází už k přetěžování strojů a díky vysokým rezervám navzdory vysoké pořizovací ceně vidím výhodu v tom, že je výroba velice dobře schopná reagovat na případné nárazově vysoké navýšení odvolávek.

Druhým řešením byla varianta B, která se zaměřuje především na optimalizaci počtu vstříkolisů při zachování třísměnné výroby pouze v pracovní dny. Na základě dat z kapacitních propočtů se podařilo snížit počet potřebných strojů z původních 9 na konečných 7. Tím došlo k finanční úspoře 24 291 566 Kč, což zcela jistě není zanedbatelná částka. Schopnost systému plnit požadované odvolávky byla samozřejmě zachována. Jediné úskalí tohoto návrhu vidím v práci 900 tunových lisů na hranici jejich kapacitních možností a v případě poruchy, či delších nečekaných prostojů nebo časů přetypování, může dojít ke skluzu výroby. V případě těchto problémů je možné situaci řešit dokoupením čtvrtého 900 tunového lisu, kdy následná úspora oproti původnímu návrhu bude 12 145 753Kč.

Jako třetí a zároveň poslední řešení, je varianta C. Jedná se o nejkompaktnější řešení dělicí výrobu dle výše výrobních objemů. Zaměřuje se na výrobu nízké objemových výrobků a následný přesun jejich výroby na víkendové dny. V případě těchto výrobků dochází k výrobě zásob na celý nastávající týden. Tím došlo ke značné redukci potřebných přetypování z původních 105 za týden na výsledných 70, to se pozitivně projeví na menších opotřebeních drahých forem a strojů v průběhu času. Druhým pozitivem tohoto řešení je odlehčení výroby ve všední dny, což následně umožnilo redukci počtu vstřikolisů z původních 9 na výchozích 6. To se samozřejmě promítlo do částky úspor za pořizovací náklady strojů na 41 488 486 Kč. Jediná nevýhoda této varianty může být v zavedení víkendové výroby a vyšších skladovacích zásobách.

Jak je možné vidět z grafů závěrečného hodnocení, varianta C vychází ve všech ohledech nejlépe, proto na závěr doporučují právě její volbu.

Použitá literatura

- [1] MAŠÍN, Ivan. *Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štihlé výroby*. 1.vyd., Liberec: Institut technologií a managementu, 2005. 106 s. ISBN 80-903533-1-2.
- [2] KUČERÁK, Dušan. *Value Stream Mapping* [online]. [cit. 2013-7-7]. Dostupný z WWW: <<http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/vsm>>.
- [3] MAŠÍN, Ivan. *Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech*. 1. vyd., Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2003. 80 s. ISBN 80-902235-9-1.
- [4] API, Akademie produktivity a inovací, s.r.o.. *Plytvání* [online]. [cit. 2013-7-8]. Dostupný z WWW: <<http://www.e-api.cz/page/67789.plytvani-eliminace-lean>>.
- [5] VAVRUŠKA, Jan. *Metoda SMED* [online]. [cit. 2013-7-10]. Dostupný z WWW: <http://www.kvs.tul.cz/getFile/id:14466/PI_SMED.pdf>.
- [6] KORMANEC, Peter. *SMED* [online]. [cit. 2013-7-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.ipaslovakia.sk/cz/ipa-slovník/smed>>.
- [7] FUNDING UNIVERSE. *Behr GmbH & Co. KG History* [online]. [cit. 2013-7-14]. Dostupný z WWW <<http://www.fundinguniverse.com/company-histories/behrgmbh-co-kg-history>>
- [8] BEHR. Informace o firmě [online]. [cit. 2013-7-14]. Dostupný z WWW <http://www.behrgroup.com/Internet/cms_czech.nsf>.
- [9] SHINGO, S.: *A revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge: Productivity Press, 1985, 361 s., ISBN 0-915299-03-8
- [10] TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. Praha: Grada Publishing, Praha: Grada, 1999, 439 s.,ISBN 80-7169-578-5.
- [11] TOMEK G., VÁVROVÁ V., HANOUSEK I.: *Operativní řízení výroby*, Praha : SNTL, 1990, 195 s., ISBN 80-03-00499-3

Příloha 1

Heat up. Cool down

Assembly line specifications for order

BEHR

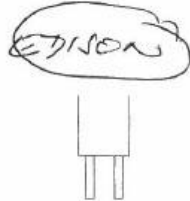
Project : X07

Author :

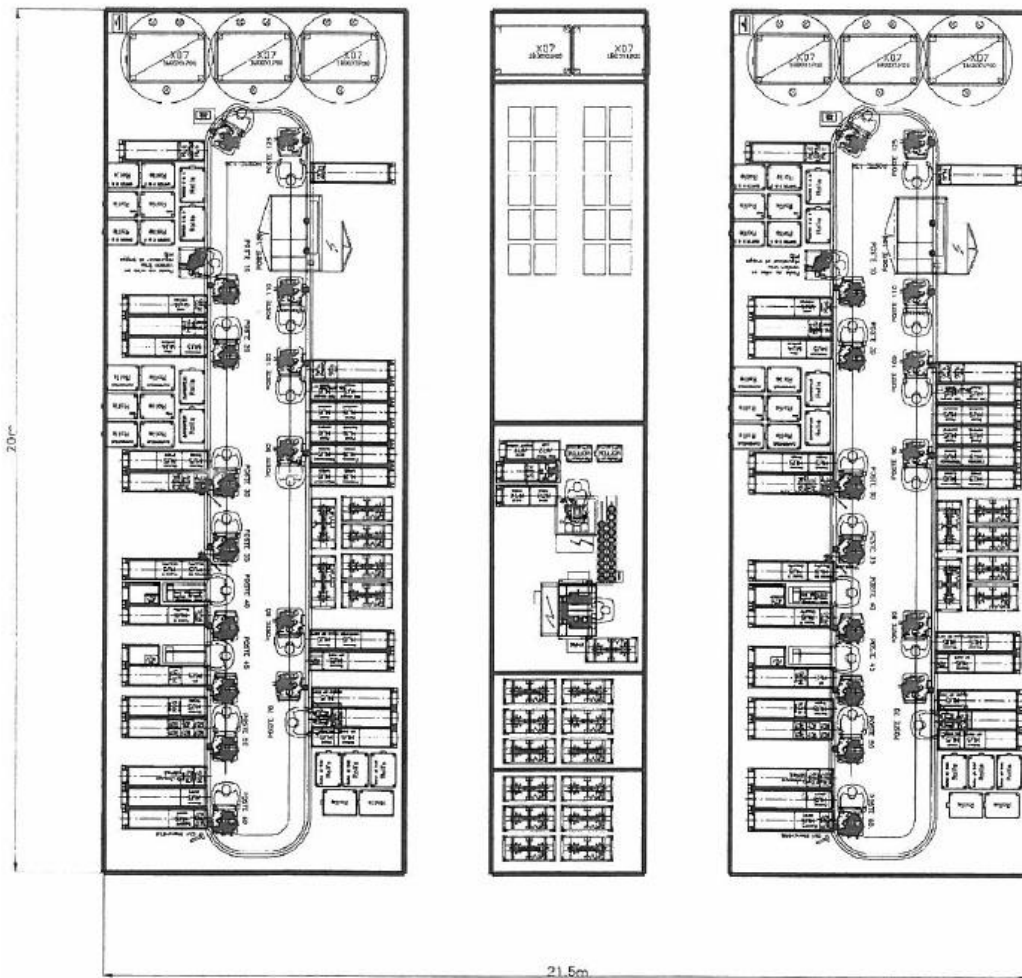
R. ZANIN

Latest:

09/07/2012



X07

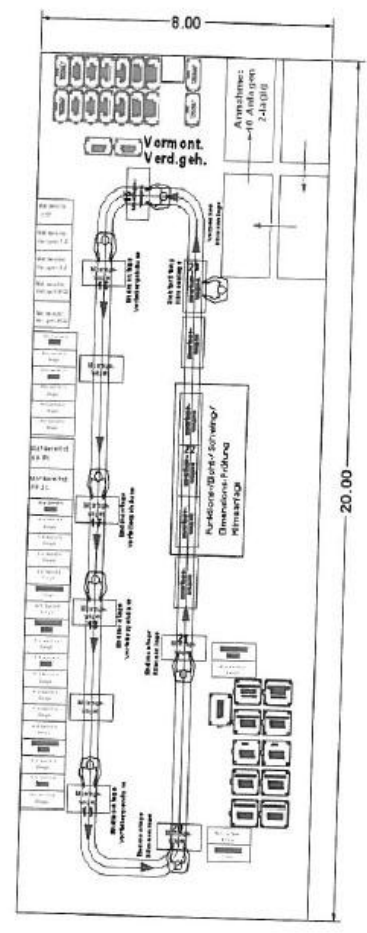
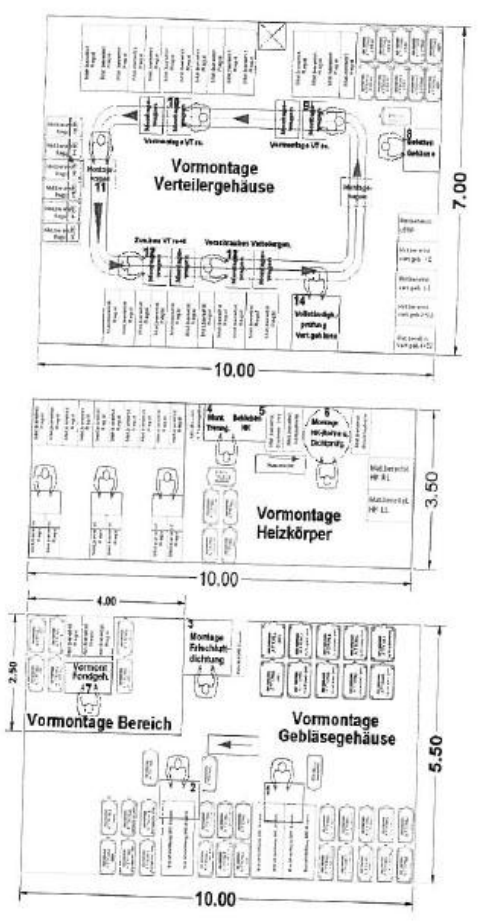


Příloha 2

ML BEVO

Heat up. Cool down.

BEHR



Příloha 3

