

Racionalizace licích cyklů ve slévárně POLAK s.r.o.

Petr Červený

Vedoucí práce: Ing. Aleš Herman Ph.D.

Abstrakt

Meritem práce je redukce času trvání pracovního cyklu na automatické licí lince. Toho je dosahováno analýzou jednotlivých změřených strojních časů a jejich následnou optimalizací.

Klíčová slova

Činnost, operace, cyklus, strojní čas

1. Úvod

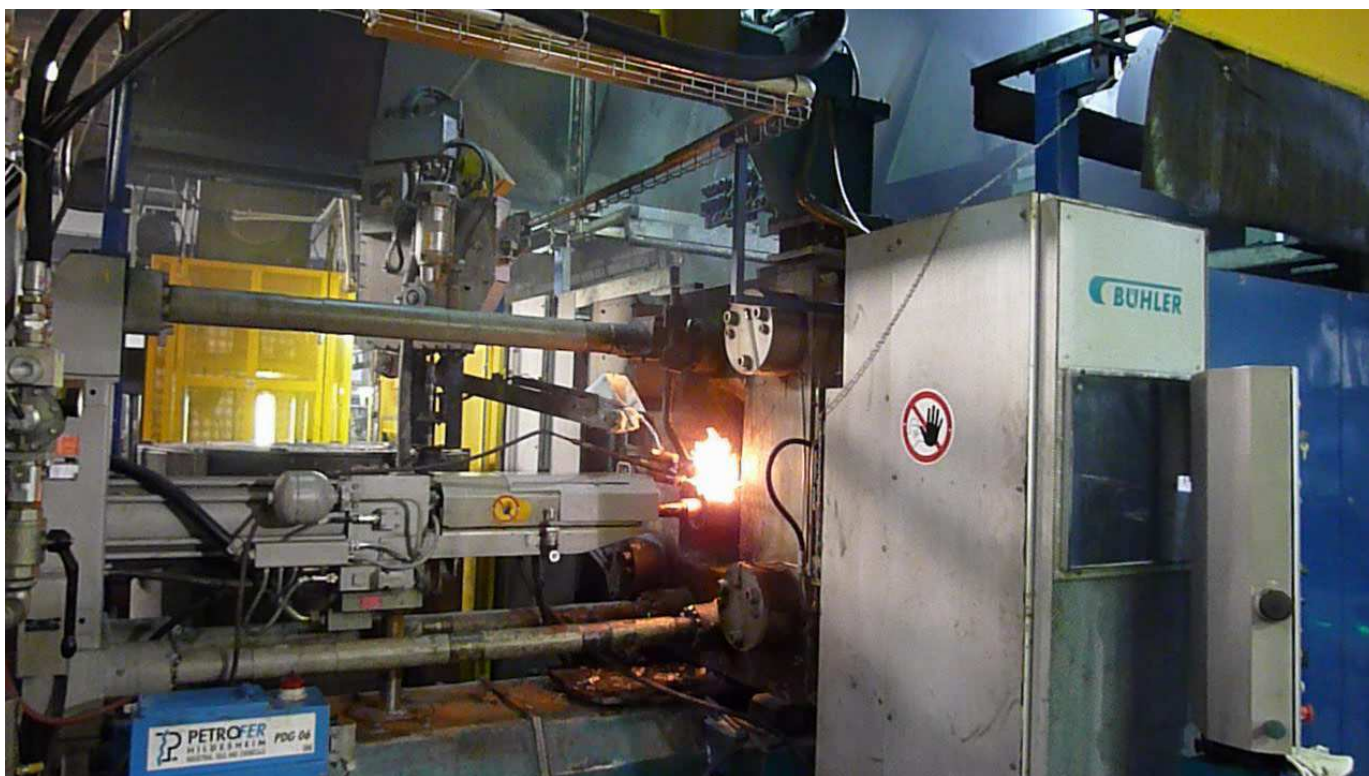
Tlakové lití je moderní metodou slévání, která dovoluje vyrábět tvarově velice přesné odlitky. Ty jsou svým tvarem natolik blízko finálnímu výrobku, že se v ideálních případech nemusí dále obrábět. Pro větší efektivitu práce se v dnešní době využívají automatické licí linky. Ty dokáží samy obstarat celý proces výroby. Od nabrání roztaveného kovu, přes měření teploty až po ostříh odlitku. Jediné co je potřeba, je dodávat roztavený kov a odvážet hotové odlitky. Dalším krokem zefektivnění práce je správné nastavení linky. Tedy takové nastavení, při kterém jsou minimalizovány nebo lépe zcela odstraněny všechny časy, při kterých není vykonávána žádná práce. Tím se redukuje čas potřebný pro výrobu jednoho odlitku a zvyšuje se ekonomičnost výroby, která bývá hlavním měřítkem výrobních podniků. Problematikou redukce výrobního času, se zabývá následující text.

2. Popis licí linky

Linka je tvořena plně robotizovaným horizontálním tlakovým licím strojem Bühler 660. Předmětem analýzy nebyli všechny prvky linky, ale pouze ty, jenž ovlivňují celkový čas vyrábění odlitku. Tedy, dle kontaktu s materiálem, lzíci pro nabírání roztaveného kovu, tlakový píst, formu, ostříkovací hlavu, dveře od formy a robotické rameno.

3. Zaznamenávání strojních časů

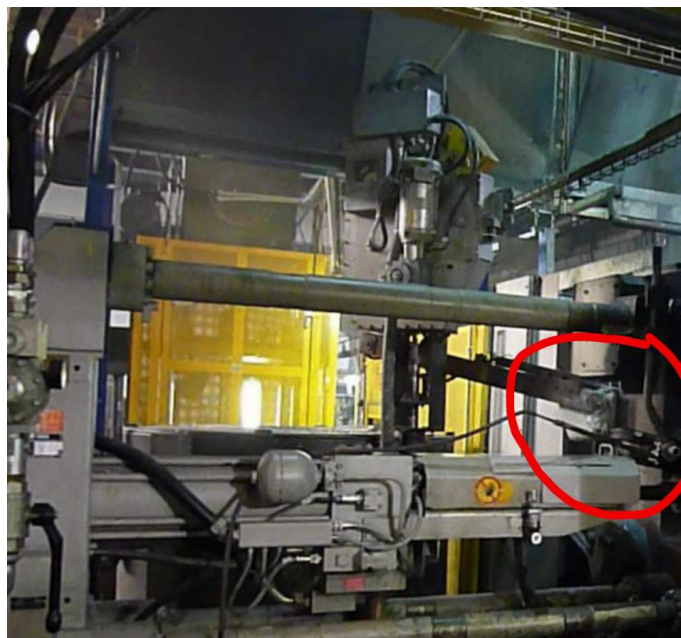
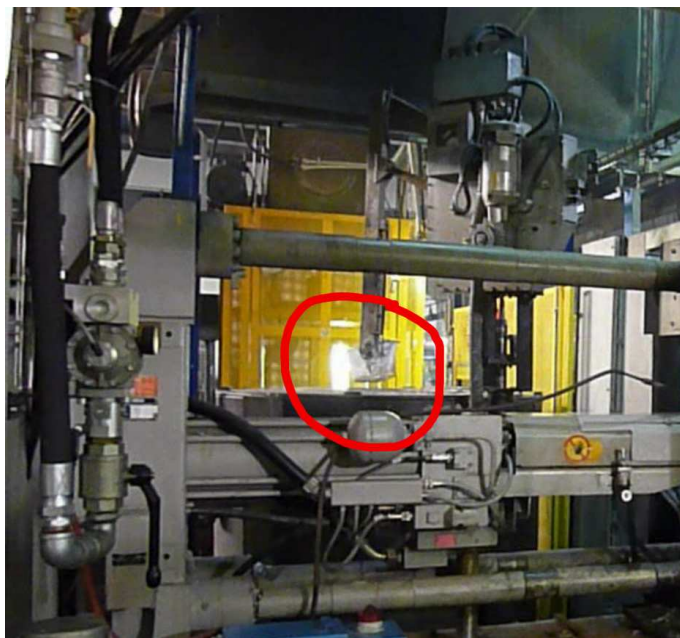
Prvním krokem, který bylo potřeba udělat pro možnou optimalizaci licího cyklu, bylo změřit jednotlivé strojní časy. Zde existovaly dvě varianty. První, přímo na místě pomocí stopek naměřit a následně zapisovat do připraveného formuláře časy trvání jednotlivých strojních časů. Tato metoda umožňuje případné přeměření, možnost přímého sledování, celkově dobrý přehled. Nevýhodou je nutnost „sžítí“ s měřeným objektem, které je časově náročné. Druhou variantou bylo vytvoření videozáznamů jednotlivých operací pomocí videokamery a jejich pozdější analýzu na počítači. Tato metoda nedovoluje dodatečné přeměření a změnu úhlu pohledu. Výhodou je, že není časově náročná na místě měření a dovoluje pozdější, postupné „sžítí“ s chodem stroje. Ve své práci jsem využil metodu druhou. Strojní časy byly tedy zaznamenány pomocí videokamery, poté nahrány do počítače a dle potřeby formátovány. Získal jsem celkem čtyři videozáznamy, které snímali linku z různých míst a dovoluvali provést celkovou analýzu.



Obr. 1. Lící linka v chodu.

4. Zpracování naměřených časů

V okamžiku, kdy jsem měl k dispozici videozáznamy jednotlivých operací, bylo za potřebí je zpracovat. Zpracovat ve smyslu určení začátků a konců jednotlivých operací na časové ose. Na to jsem potřeboval video editor, který by dovoľoval posunování ve videozáznamech po snímcích a zároveň zobrazoval časovou osu a na ni čas včetně setin sekundy. Na to mi posloužil program VirtualDub, který dovolil sledovat čas v jednotlivých snímcích až do řádu tisícín sekundy. Zároveň jsem se potřeboval rozhodnout pro program, ve kterém naměřené časy dále zpracovávat, k tomu mi posloužil tabulkový editor Excel. Tím jsem měl připravené zázemí. Jako první bylo potřeba změřit celkovou délku cyklu, podle které by byla možná pozdější kontrola správnosti naměřených časů. Začátkem celkového cyklu jsem zvolil okamžik, kdy lžíce na nabírání roztaveného kovu udělá první pohyb směrem dolů, k nádobě s roztaveným kovem. Jako konec okamžik, kdy se tato činnost opakuje. Toto měření jsem opakoval v takovém počtu, jaký mi dovoľovala délka nahrávky. Celkem jsem za daných podmínek provedl pět měření, z kterých jsem určil aritmetický průměr trvání celkového cyklu: 1:10,134. Při výpočtu jmenovité hodnoty jsem použil prostého aritmetického průměru z toho důvodu, že při takto nízkém počtu měření by jiná vyhodnocovací metoda neměla přínos ke zpřesnění jmenovité hodnoty. Při znalosti doby trvání celkového cyklu a určení metod pro zpracování jsem mohl začít se zpracováváním jednotlivých operací cyklu. Vždy jsem zvolil jednu operaci, kterou jsem rozdělil na jednotlivé činnosti tak, aby tyto data měla později co největší vypovídací hodnotu. Pro lepší představu uvedu příklad. Součástí lící linky je ostřikovací hlava, která chladí, promazává a suší formu po vyjmutí odlitku. Práci ostřikovací hlavy jsem rozdělil na činnosti: najetí ostřikovače z výchozí pozice nad formu, ostřík, ofuk, vyjetí vstřikovače nad formu, najetí vstřikovače do výchozí pozice, ostřikovač čeká na další cyklus. U každé činnosti jsem určil její začátek a konec, tím jsem získal i dobu trvání. Součtem všech dob trvání činností a jejich porovnáním s časem celkového cyklu jsem mohl ověřit správnost naměřených hodnot. Tímto způsobem jsem změřil doby trvání všech prvků lící linky. A mohl je začít vyhodnocovat.



Obr. 2. Začátek a konec pohybu lžice s kovem k nádobě.

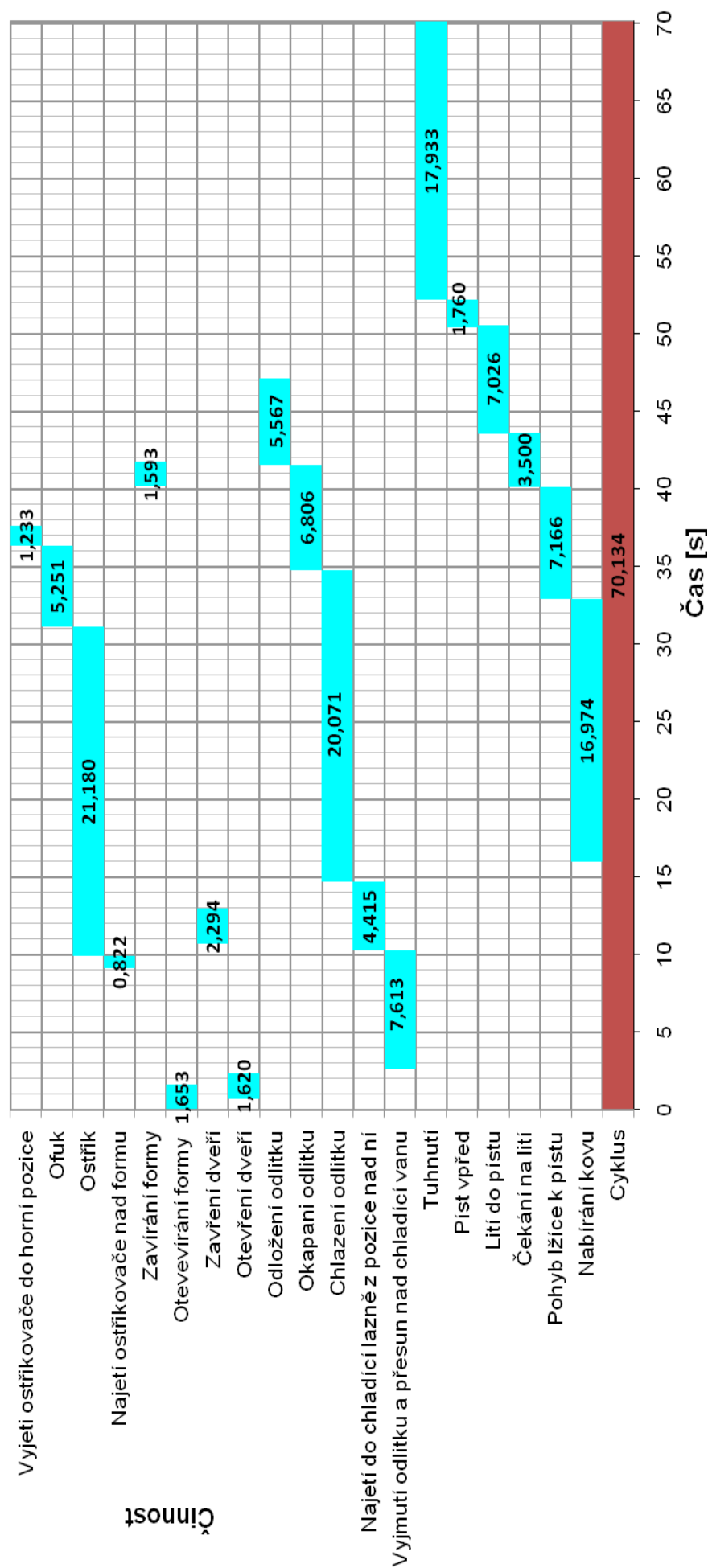
Tabulka 1. – Naměřené hodnoty pro pohyb lžice k pístu.

Tabulka 2: Parametry hodnoty pro polystyren A-100					
Odhadovaný začátek:	01:56,394	03:07,327	04:18,960	05:29,494	
Cyklus	1	2	3	4	5
Začátek	00:45,567	01:56,500	03:08,133	04:18,667	05:29,067
Konec	01:01,667	02:13,033	03:24,633	04:34,567	05:45,900
Doba cyklu	00:16,100	00:16,533	00:16,500	00:15,900	00:16,833
	[min:sec]				
Arit. průměr	00:16,373				

5. Vyhodnocení zpracovaných časů

Poté, co jsem změřil všechny potřebné časy, začal jsem s jejich vyhodnocováním. Tedy určením závislosti jednotlivých časů činností na času celkového cyklu. Zde jsem nejprve porovnával jednotlivé operace, rozdělné na činnosti na časové ose s časem cyklu. To však nemělo příliš velký význam, protože zde byla zohledněna vždy jenom jedna operace v závislosti na času celkového cyklu a na časové ose příslušného videozáznamu. Pro faktické vyhodnocení bylo potřeba učinit několik kroků. Za prvé sjednotit časové osy na jednu. To jsem provedl pomocí převodu různých časových os na osu z videozáznamu čtyři. Tuto osu jsem zvolil, protože ve videozáznamu čtyři se objevují činnosti, které jsou zaznamenané i v jiných záznamech. Například zastavení ostřikovače nad formou je patrné ze záznamu čtyři, tři a dva. Tím jsem mohl určit časový posun mezi jednotlivými videozáznamy a tento rozdíl přičítat nebo odečítat od sjednocovaných časových os. V okamžiku, kdy jsem měl jednu časovou osu, bylo třeba pro větší názornost převést časový formát m:s, 000 na s, 000, například z 1:10,134 na 70,134 s. To nebyl v použitém programu větší problém. Posledním krokem, který byl zapotřebí, bylo vybrané činnosti vhodně umístit do jednoho grafu. Zde uvádím vybrané, protože všechny naměřené činnosti by nemělo smysl do grafu zahrnovat. Délka grafu v ose x je dána celkovou délkou cyklu. Aby bylo toto dodrženo, bylo potřeba použít dva různé začátky činností, protože některé činnosti probíhají současně. Například zatímco se do lžice nabírá roztavený kov, vykonává ostřikovací hlava ostřik formy. Jako první jsem zvolil libovolný začátek pro lžici a pístu, jako druhý o jeden cyklus dřívější začátek pro rameno, ostřikovací hlavu, formu a dveře. Tímto postupem jsem sestrojil graf, který mi poskytoval možnosti pro následnou optimalizaci.

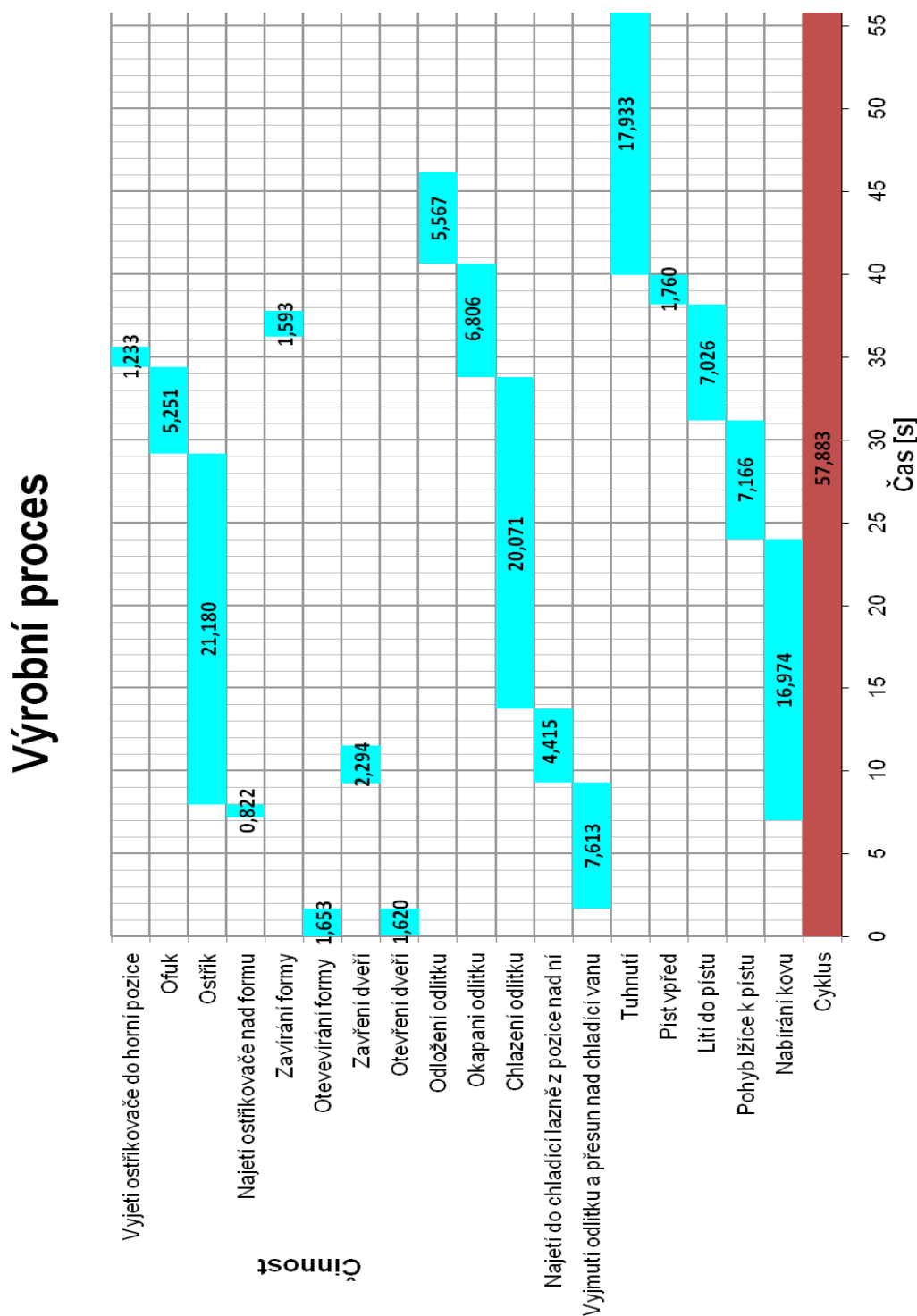
Výrobní proces



Obr. 3. Vyhodnocení naměřených časů.

6. Optimalizace

S grafem, ve kterém jsou zaneseny závislosti jednotlivých činností na čas cyklu, umístěné v jedné časové ose, jsem mohl začít s optimalizací. Ta spočívá v již zmiňovaném redukování času celkového cyklu, a to cestou minimalizace či odstraňování strojních časů, při kterých není vykonávána žádná práce. Nejprve jsem vyloučil činnosti, při kterých nebyla vykonávána žádná práce. V mém případě linka vykonávala jednu zcela zbytečnou činnost, a to sice zastavení lžice s roztaveným kovem před jeho vlitím do komory pístu. Dále jsem posunoval začátky jednotlivých činností tak, abych minimalizoval mezery mezi nimi. Avšak při zachování dostatečných rezerv, aby nedošlo posunutím ke kolizi jednotlivých prvků linky. Tímto způsobem jsem cyklus zkrátil o 12,251 s.



Obr. 4. Optimalizace naměřených časů.

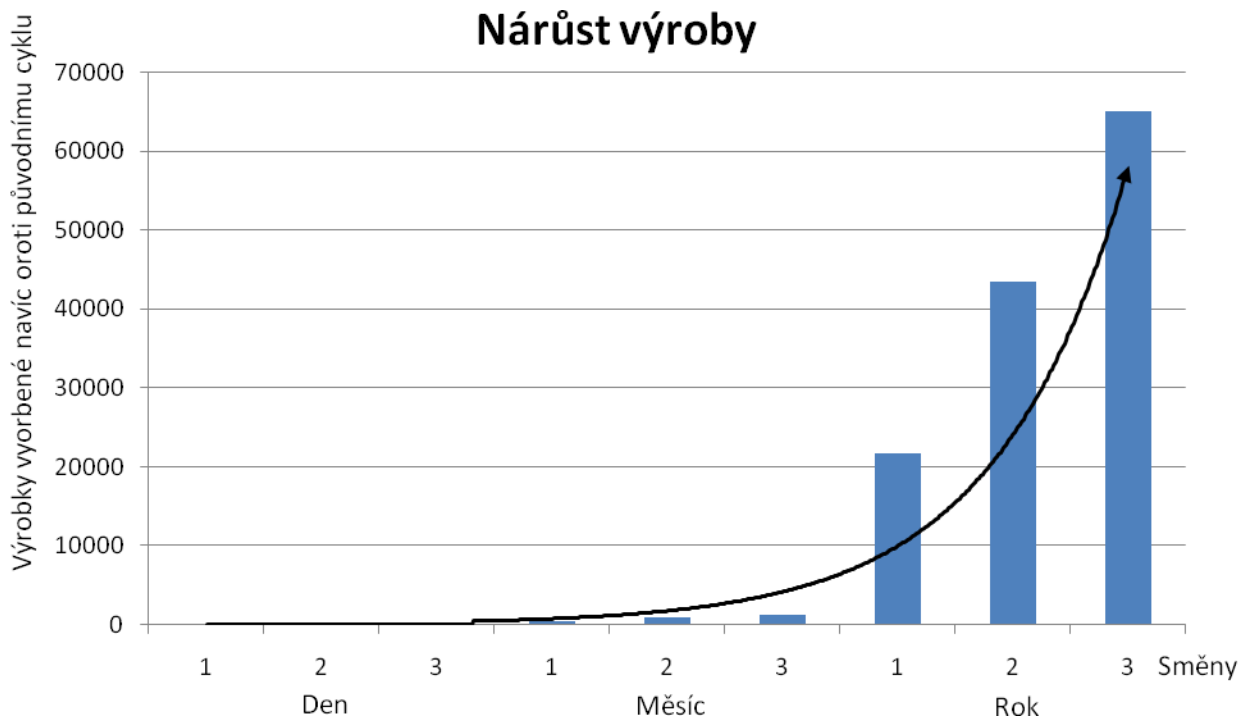
7. Závěr

Meritem mojí práce je úspora času na automatické lici lince. Prostor pro tuto úsporu jsem našel, otázkou jsou nyní možnosti faktického využití v praxi. Zde mohou vyvstat různé limitující faktory, jako příliš velká teplota formy či roztaveného kovu, které nedovolí další zkrácení času výroby. To vše bude předmětem mé konzultace ve společnosti POLAK s.r.o. Za předpokladu, že by tato navržená redukce času byla aplikována, přikládám tabulku předpokládaného navýšení objemu výroby za jednu směnu.

Tabulka 2. – Rozdíl mezi původním a upraveným cyklem.

Cyklus	Cyklus [s]	Rozdíl [s]	Směna [s]	Cyklus/směna	Rozdíl	Rozdíl [%]
Původní	70,134	12,251	28800	410	87	21
Optimalizovaný	57,883			497		

Rozdíl 87 cyklů (výrobků) za směnu znamená 21% nárůst produkce při zachování stejných vstupních zdrojů. Se zvyšujícím se objemem výroby této součásti bude přímo úměrně nerůstat úspora.



Obr. 5. Nárůst výroby.

Poděkování

Tento příspěvek byl vytvořen za podpory projektu FR-TI1/028 "Optimalizace nákladového controllingu a systémů jakosti ve slévárně POLAK s.r.o. " vypsáno Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR za podpory projektu vypsáno programu TIP.

Seznam symbolů

m minuta
s sekunda

[min]
[s]