



# Vytvoření výukové simulační hry z oblasti Lean

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301R000 – Strojní inženýrství  
*Autor práce:* **Zbyněk Jersák**  
*Vedoucí práce:* Ing. Jan Vavruška





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Mechanical Engineering ■

## Bachelor thesis

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

*Author:* **Zbyněk Jersák**  
*Supervisor:* Ing. Jan Vavruška



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zbyněk Jersák**  
Osobní číslo: **S13000268**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojní inženýrství**  
Název tématu: **Vytvoření výukové simulační hry z oblasti Lean**  
Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

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

Cílem práce je vytvoření výukové simulační hry tematicky zaměřené na využití vybrané Lean metody (např. 5S, SMED, TPM,...).

1. Úvod do problematiky.
2. Výběr vhodného příkladu.
3. Vytvoření simulační hry na vybranou Lean techniku.
4. Závěr a zhodnocení práce.

Rozsah grafických prací: **podle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **40-50 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

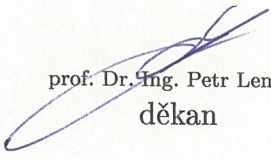
[1] **LIKER, J.** *Tak to dělá Toyota*. Praha: Management press, 2007.  
ISBN 978-80-7261-173-7

[2] **SIXTA, J. a V. MAČÁT.** *Logistika*. Brno: CP Books a.s., 2005.  
ISBN 80-251-0573-3.

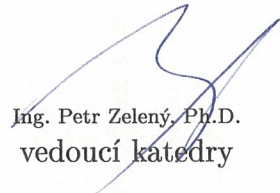
[3] *IPA slovník [online slovník]*. 2015. Dostupné z: [www.ipaslovakia.sk](http://www.ipaslovakia.sk).

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Vavruška**  
Katedra výrobních systémů a automatizace  
Konzultant bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. František Manlig**  
Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání bakalářské práce: **15. listopadu 2015**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. února 2017**

  
prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



  
Ing. Petr Zelený, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. listopadu 2015



## Prohlášení

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

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

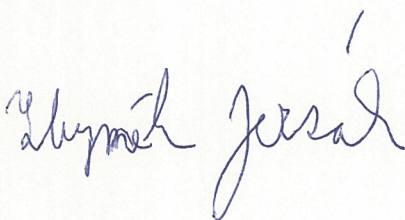
Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

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

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

Datum:

Podpis:



## Poděkování

Rád bych upřímně poděkoval svému vedoucímu Ing. Janu Vavruškovi a doc. Dr. Ing. Františku Manligovi za vedení této diplomové práce, cenné rady, doporučení a věcné připomínky. Chtěl bych také poděkovat Ing. Kamilu Hübnerovi za rady při řešení některých problémů a za dodání materiálu na výrobu strojů. V neposlední řadě děkuji Ing. Petru Kellerovi Ph.D. za přislíbenou pomoc při realizaci prototypů v budoucnu.



## Abstrakt

Tato bakalářské práce vznikla z důvodu vytvoření výukové simulační hry v oblasti LEAN (štíhlá výroba) zaměřené na vybrané LEAN metody (např. SMED, TPM, 5S...). V této hře si mohou budoucí průmysloví inženýři, konstruktéři, technologové a pracovníci v technických profesích vyzkoušet konkrétně zavedení metody SMED v průmyslové výrobě. Hra se skládá ze zmenšeného modelu lisovny. Pracovníci mají za úkol pomocí metody, konkrétně SMED, optimalizovat přetypování lisů. K tomuto účelu budou vyrobeny modely lisů a forem, tak aby je pracovníci mohli používat při simulaci výroby. K dispozici budou také prostředky pro simulaci chyb při přetypování a prostředky pro odstranění těchto chyb pomocí metody SMED. Hra bude obsahovat všechny potřebné formuláře a pomůcky k úspěšnému dokončení optimalizace. Simulace probíhá formou hry. Pracovníci zde budou vyrábět model ojnice. Při této optimalizaci uplatní svoje poznatky z teorie LEAN. V praktické části, kdy pracovníci simulují výrobu, si vyzkouší optimalizaci přetypování pomocí metody SMED.

## Klíčová slova

metoda SMED , simulační hra, LEAN, přetypování, lis.

## Abstract

This bachelor thesis has been created for the purpose of creation educational simulation game in the field of LEAN methods (for example SMED, TPM, 5S...). The future engineers, technologists and technicians can test the game to implement SMED methods in industrial production. The game is composed of diminished workshop model for pressing materials. The workers are charged to optimize exchanging of presses by the SMED method. For this purpose the models and forms of presses will be created so workers can use them for the simulation of production. There will also be the resources available for simulation of errors during exchanging and resources for removing these errors by the SMED method. The game will include all forms and tools needed for successful completion of optimization. Simulation will take the form of a game. Workers will produce a model of connecting rod. For this optimization they will apply their knowledge's from LEAN theory. In practical chapter, the workers



simulating the manufacturing process will try out to optimize the exchanging of a press by the SMED method.

## Keywords

SMED method, simulation game, LEAN, exchanging, press.





## Obsah

1	Úvod.....	11
2	Teoretická část .....	12
2.1	Úvod do problematiky přetypování.....	13
2.2	Lean metody v simulační hře .....	17
2.3	SMED.....	21
2.3.1	Aplikace SMED.....	23
2.3.2	Metody sběru dat při zavádění SMED.....	26
3	Praktická část .....	31
3.1	Výběr typu stroje a technologie, měřítka a materiálu modelů.....	32
3.2	Simulované chyby přetypování a praktiky pro jejich odstranění .....	33
3.3	Formuláře použité ve hře .....	33
3.3.1	Scénář hry. ....	35
3.3.2	Fáze 0 (intro) zadání úkolu .....	43
3.3.3	Fáze I (definování).....	44
3.3.4	Fáze II (měření) .....	47
3.3.5	Fáze III Analýza sebraných dat .....	50
3.3.6	Fáze IV realizace SMED .....	54
3.3.7	Fáze V realizace nápravných opatření a ověření postupu .....	61
3.3.8	Shrnutí.....	69
4	Závěr .....	70
	Přílohy.....	73
A	Formuláře tabulky grafy .....	73
B	Návod sestavení formy .....	73
C	3D modely strojů forem.....	73
D	Vybrané výkresy součástí strojů a forem.....	73
E	Layout dílny.....	74



## Seznam obrázků

<b>Obr. 2.1:</b> Definice přetypování. ....	14
<b>Obr. 2.2:</b> DMAIC cyklus. ....	18
<b>Obr. 2.3:</b> Struktura autonomní údržby [4]. ....	20
<b>Obr. 2.4:</b> Aplikace poka yoke na konektor vstřikovače u motoru automobilu. ....	21
<b>Obr. 2.5:</b> Tři kroky aplikace SMED. ....	23
<b>Obr. 2.6:</b> Procesní analýza. ....	28
<b>Obr. 2.7:</b> Časový snímek přetypování. ....	29
<b>Obr. 2.8:</b> Diagram priority činností. ....	30
<b>Obr. 3.1:</b> Uložená sim hra v kufru. ....	35
<b>Obr. 3.2:</b> Lis šroubový. ....	37
<b>Obr. 3.3:</b> Pákový excentrický lis. ....	38
<b>Obr. 3.4:</b> Forma. ....	38
<b>Obr. 3.5:</b> Varianty upínání. ....	39
<b>Obr. 3.6:</b> Upínání upínkami. ....	39
<b>Obr. 3.7:</b> Rychlo upínání do standardizovaného rámu. ....	40
<b>Obr. 3.8:</b> Přímé upínání na šrouby. ....	40
<b>Obr. 3.9:</b> Layout dílny. ....	41
<b>Obr. 3.10:</b> Cyklus realizace SMED. ....	42
<b>Obr. 3.11:</b> Projektový list. ....	44
<b>Obr. 3.12:</b> Špagety diagram pohybu seřizovače. ....	48
<b>Obr. 3.13:</b> Pozorovací list přetypování ojnice A, B. ....	50
<b>Obr. 3.15:</b> Stav náradí po 5S. ....	57
<b>Obr. 3.14:</b> Stav náradí před 5S. ....	57
<b>Obr. 3.16:</b> Box vložený k formě. ....	58
<b>Obr. 3.17:</b> Nové upínání. ....	59
<b>Obr. 3.18:</b> Staré upínání. ....	59
<b>Obr. 3.19:</b> Re- layout dílny. ....	60
<b>Obr. 3.20:</b> Jízdní řád přetypování. ....	64
<b>Obr. 3.21:</b> Standardizace přetypování. ....	67
<b>Obr. 3.22:</b> Vizualizační tabule rozvržení [7]. ....	68
<b>Obr. 3.23:</b> Vizualizační tabule. ....	68



**Obr. 4.1:** Forma výkres sestavy ..... 73



## Seznam tabulek

<b>Tab. 2.1:</b> Struktura časů tradičního přetypování.....	14
<b>Tab. 2.2:</b> Prioritní tabulka.....	30
<b>Tab. 3.1:</b> Role SMED týmu.....	36
<b>Tab. 3.2:</b> Data dodaná dílnou.....	43
<b>Tab. 3.3:</b> Výsledek pareto.....	46
<b>Tab. 3.4:</b> Procesní analýza přetypování.....	48
<b>Tab. 3.5:</b> Potencionální úspory.....	51
<b>Tab. 3.6:</b> Výsledky analýz.....	54
<b>Tab. 3.7:</b> Nápravná opatření.....	55
<b>Tab. 3.8</b> Rozdělení časů činností na Interní/Externí .....	56
<b>Tab. 3.9:</b> Nový postup přetypování lisu.....	56
<b>Tab. 3.10:</b> Přínosy 5S.TPM.....	58
<b>Tab. 3.11:</b> Úspora při transportu.....	60
<b>Tab. 3.12:</b> Katalog opatření.....	62
<b>Tab. 3.13:</b> Audit změn.....	63
<b>Tab. 3.14:</b> Ekonomické zhodnocení.....	66

## Seznam grafů

<b>Graf 2.1:</b> Struktura tradičního přetypování.....	15
<b>Graf 2.2:</b> Struktura časů podle typu činnosti před a po SMED.....	25
<b>Graf 2.3:</b> Časy přetypování porovnání před a po SMED.....	26
<b>Graf 3.1:</b> Pareto s Lorenzovou křivkou.....	46
<b>Graf 3.2:</b> Časy přetypování analýza.....	47
<b>Graf 3.3:</b> Čas přetypování před SMED.....	53
<b>Graf 3.4:</b> Typy činností přetypování před SMED.....	53
<b>Graf 3.5:</b> Potencionální úspory po SMED.....	53
<b>Graf 3.6:</b> CEZ před a po SMED.....	65
<b>Graf 3.7:</b> Čas přetypování před SMED.....	65
<b>Graf 3.8:</b> Čas přetypování po SMED.....	65



## Seznam použitých zkratk

**SMED** Single Minute Exchange of Dies. Přetypování v rádech jednotek minut.

**TPM** Total productive Maintenance. Totálně produktivní údržba.

**5S** Metodika pro eliminaci plýtvání na pracovišti.

**CEZ** Celková efektivita zařízení.

**Poka yoke** Japonský termín, který lze přeložit jako chybu-vzdorný

**Lean** Štíhlá výroba (strategie).

**PA** Procesní analýza.

**ŠD** Špagety diagram.

**ČS** Časový snímek.

**Kč** Korun českých.

**BP** Bakalářská práce.

**DMAIC** Define-Measure-Analyses-Improve-Control. Model řízení Six Sigma.

**TMU** Time Measurement Units. Speciální časové jednotky.



# 1 Úvod

V současné době je trh přesycen zbožím, zažívá tzv. hyperkonkurenci a je zaplavován levným zbožím z Asie. V této situaci je nutné neustále zefektivňovat výrobu a plně využívat výrobní prostředky bez zbytečných ztrát času. To lze pouze za použití různých nástrojů, které byly vyvinuty během let firmami zabývajících se průmyslovým inženýrstvím, průmyslovou výrobou, inovacemi v průmyslové výrobě a ekonomikou. Mezi tyto firmy patří Toyota, Motorola nebo i vesmírná agentura NASA a další. Tyto firmy vyvinuly v průběhu let pro optimalizování výrobních procesů mnoho nástrojů. Proto i na technických školách je třeba seznámit budoucí absolventy s Lean metodami a školy musí zavádět prvky moderní výuky.

Jedním takovým prvkem jsou právě simulační hry, které zajímavým způsobem umožní řešit problémy z praxe. Tato práce se zabývá vytvořením simulační hry pro výuku metody SMED (rychlé přetypování, výměna nástroje v řádech minut) včetně dalších podpůrných metod. Metoda umožňuje podniku flexibilně za krátký čas přecházet z produkce výrobku A na produkci výrobku B bez zbytečného plýtvání. Teoretická část je věnována problematice přetypování a zavedení SMED do praxe. V praktické části bude vytvořena hra včetně formulářů, strojů a pomůcek. Simulační hra má za úkol naučit pracovníky jednotlivé metody uplatnit. Tímto si pracovníci ověří, zda jsou schopni používat SMED v praxi. Smyslem této BP je vytvořit simulační hru, včetně metodického postupu pro usnadnění výuky.





## 2 Teoretická část

V této části budou stručně budoucí průmysloví inženýři, konstruktéři a všichni účastníci této hry uvedeni do problematiky přetypování a řešení této problematiky pomocí moderních metod. Účastníci jsou s těmito metodami seznámeni již z předchozího studia. Simulační hra jim umožní si tyto metody procvičit na zmenšeném modelu lisovny.

### Činnosti nepřidávající a přidávající hodnotu

Při zavádění LEAN je velmi důležité rozlišovat typ činností podle toho, zda přidávají nebo nepřidávají hodnotu.

**Nepřidávající hodnotu:** Všeobecně se za činnost nepřidávající hodnotu považuje čekání, zbytečné skladování a zbytečné přemísťování.

**Přidávající hodnotu:** Všeobecně se považuje zpracovací operace (vrtání, soustružení, lisování apod.) [9].

### Plýtvání

Plýtvání se vyskytuje všude okolo nás. Vše co výrobku nepřidává hodnotu, ale jen náklady, je plýtvání. Je velmi důležité plýtvání všeho druhu odhalit a eliminovat.

[6]

### Druhy plýtvání

1. Nadvýroba - neprodané výrobky, zbytečné skladování, finanční prostředky uložené v neprodejném zboží.
2. Nadměrné zásoby - chybné rozhodování, nepřehlednost, apod.
3. Čekání - na materiál, polotovary, dopravu, seřízení, apod.
4. Zbytečná přeprava, pohyb - špatný layout, zbytečné mezisklady.
5. Poruchy - špatná údržba, nekvalitní nástroje, přístup pracovníků.
6. Zbytečné činnosti - chod strojů naprázdno, chybné konstrukce a zbytečné operace.
7. Nesprávné výrobní postupy - zmetky, nekvalita a ztráta času.
8. Nevyužití lidské kreativity - špatné využití tvůrčího potenciálu lidí. [3]



## Úzké místo

„Úzké místo je takový zdroj (stroj, pracovník, zásoba, manipulace, zákazník, trh, dodavatelé a mnoho dalších), který limituje celkový průtok systémem (tzn. místo s nejmenším průtokem)“ [10]

*Může jím být stroj, pracovník, dodavatel apod. Poznáme ho podle toho, že se před ním dlouhodobě hromadí zásoby všeho druhu nebo i administrativa (přijímací kancelář nestačí zpracovávat objednávky). [10]*

### Eliminace úzkých míst:

1. identifikovat omezení
2. vytížit omezení na maximum
3. podřídít zbytek systému omezení
4. odstranit omezení
5. zpět na krok 1. [10]

## 2.1 Úvod do problematiky přetypování

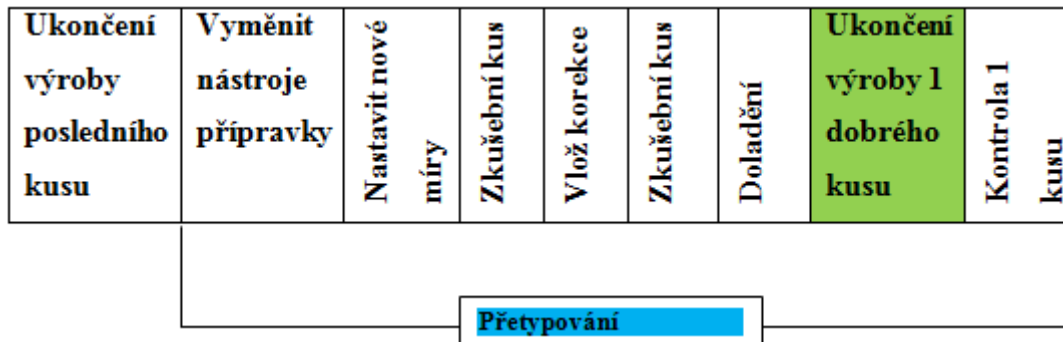
**Definice přetypování:** Čas přetypování je čas od ukončení výroby posledního kusu A, následného nastavení strojů až do výroby prvního dobrého kusu B (viz Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.). Čas přetypování obsahuje čas seřízení a nastavení až do vyrobení prvního dobrého kusu. Pokud je první kus vyrobený bez použití seřízení a nastavení, počítá se do operačního času [7].

**Tradiční přetypování:** Při tradičním přetypování máme pět tradičních složek.

1. příprava: zaručuje, že nástroje, přípravky a materiál jsou na správném místě
2. demontáž a montáž: uvolnění nástrojů, přípravků po skončené dávce a namontování nových
3. kontrolní nastavení: kalibrace a měření zařízení pro jeho správný chod
4. schopnost přetypovat na poprvé - včetně úprav (re-kalibrace, další měření) potřebných po výrobě zkušební kusu



5. kontrola, přezkoušení, vyčištění nástrojů po demontáži a před jejich uskladněním. [7]



Obr. 2.1: Definice přetypování.

Cílem v simulační hře je pomocí SMED redukovat čas přetypování.

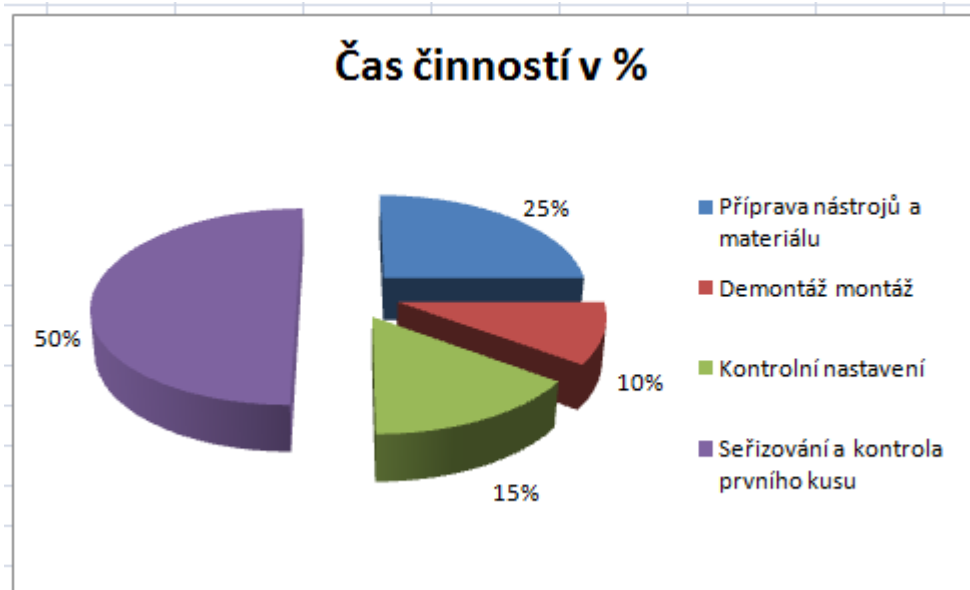
### Struktura časů při tradičním přetypování

V tabulce (viz Tab. 2.1) a grafu (viz Graf 2.1) je znázorněna struktura časů jednotlivých činností při tradičním přetypování. Nejvýznamnější složkou je zkoušení (seřízení) a následná re-kalibrace. Naopak čas pro demontáž a montáž je pouze zlomek celkového času. Proto je důležité se při přetypování zaměřit právě na nejvýznamnější složky. Kalibraci můžeme eliminovat například použitím dorazů nebo před-seřízených standardizovaných upínacích rámců.

Struktura časů činností při přetypování	Čas činností v %
Příprava nástrojů a materiálu	25%
Demontáž montáž	10%
Kontrolní nastavení	15%
Seřizování a kontrola prvního kusu	50%
Celkem	100%

Tab. 2.1: Struktura časů tradičního přetypování.





**Graf 2.1:** Struktura tradičního přetypování.

Časy dále rozdělujeme na externí a interní.

**Interní čas:** Činnosti, kdy je stroj vypnut, nepracuje.

**Externí čas:** Činnosti, kdy stroj pracuje, vyrábí. [7]

### Proč se věnovat přetypování?

- Zkrácení doby přetypování.
- Zvýšení celkové efektivity zařízení, použitelné kapacity stroje.
- Snížení ztrát při přetypování. To umožní zvýšení flexibility (pružnější změny výroby, menší skladové zásoby, zvýšení stability výroby, snížení nákladů při výrobě malých sérií), to opět zvyšuje přidanou hodnotu.
- Snížení odpadu a zmetků při seřizování stroje. To zaručí zvýšení přidané hodnoty.
- Zvýšení znalosti procesu a jeho závislostí. Učí se organizace tvoří z dlouhodobého hlediska vyšší přidanou hodnotu. [11]

### Nejčastější plýtvání při přetypování

- čekání na příkazy
- hledání náradí a přípravků
- opakující se zbytečná chůze
- pozorování druhého pracovníka





- špatná komunikace
- nestandardní postup – něco opomenuto
- příprava nástrojů po zastavení stroje
- opravy nástroje až při výměně
- nastavování polohy - vícenásobné doladování nepřesností. [7] [14]

### Nejčastější chyby při přetypování

- Technicko-organizační chyby: špatné rozmístění strojů, pracovišť, skladů, výdejen, nepořádek, chaos na pracovišti (implementace do hry pomocí chybné mapy layoutu, chybějících postupů přetypování a nepořádku v boxu s nářadím a měřidly).
- Konstrukční chyby: chybně řešené upínání, rozebírání, velké množství šroubů různých rozměrů, nestandardní rozměry, chybějící aretace, dorazy apod. (implementace do hry pomocí různé délky a průměru šroubů a chaosu v boxu s přípravky).
- Chyby po opravách: rozdílné rozměry upevňovacích otvorů, šroubů, nerovné plochy po svařování, použití nestandardních náhradních dílů a přípravků (do hry implementovány různé průměry šroubů, nestandardní podložky a matice, záměrně poškozené závity).
- Chyby v postupu práce: vynechání předepsaných operací, nářadí (momentový klíč, zbytečné činnosti nastavování nové výšky, opakované vkládání a vyjímání částí, obíhání stroje a zařízení), použití nevhodného materiálu (do hry implementován chybějící návod na sestavení formy, nesprávné díly formy a chybějící nářadí v boxu).
- Nedostatky ve vybavení pracovišť: nedostatek nástrojů, nářadí, přípravků, měřidel, nevhodná kvalita a typ, zcela chybějící nářadí, nevhodné a poškozené nářadí, přípravky a nástroje (do hry implementovány chybějící měřidla, nevhodné a záměrně poškozené nářadí a chybějící měřidla).
- Chyby ve standardizaci a vizualizaci: chybějící písemné postupy, seznamy, návody, značení, pořadače a vizualizační tabule (do hry implementovány chybějící postupy, seznamy a návody).



- Lidské chyby: opomenutí operací, obráceně namontovaný díl, nesprávné pořadí operací a chybně zapojené kabely (do hry implementována záměrně špatně složená forma). [7] [14]

Simulační hra praktickým způsobem naučí účastníky tyto chyby identifikovat a předcházet jejich vzniku.

## 2.2 Lean metody v simulační hře

### LEAN-štíhlá výroba

V kapitole budou zmíněny metody a přístupy v oblasti Lean. Lean je filozofie (strategie) k systematické eliminaci plýtvání (snižování nákladů). Lidově řečeno je to návod, jak vyrábět za nízkou cenu kvalitní produkt. Tento soubor metod vyvinutých firmou Toyota po druhé světové válce reaguje na potřeby zákazníka tím, že podnik vyrábí jen to, co zákazník právě požaduje. Snaží se vytvářet produkty v co nejkratším čase, při co nejmenších nákladech a v co nejvyšší kvalitě. Klade důraz na eliminaci plýtvání všech typů. Reaguje tak na **nové trendy ve výrobě jako například:**

- potřeba malých výrobních dávek (minimální skladové zásoby, rychle dostupný celý set komponent, výrobky se rychle kompletují a expedují),
- efektivní využití výrobních zdrojů,
- častá změna v módních trendech zákazníků a nutnost výrobek často inovovat,
- široký sortiment produktů podle požadavků zákazníků (uspokojení potřeb více menších odběratelů) při požadavku různorodosti sortimentu,
- projektově orientovaná výroba,
- projektově orientované neustálé zlepšování procesů.

K tomu má tato filozofie řadu metod, které jí pomáhají tento cíl uskutečňovat. Zde uvádím některé z nich. Tyto uvedené metody jsou použity v simulační hře: **DMIAC, 5S, TPM, POKAYOKE a SMED** [6].

Zde jsou uvedeny Lean metody, které jsou ve hře použity.

### DMAIC Definuj-Měř-Analyzuj-Inovuj-Kontroluj

Je metodika pro sběr údajů, jejich statistickou analýzu s cílem přesně stanovit příčiny chyb a nalezení, realizace cesty k jejich odstranění.[16] Metoda se skládá z 5





fází, které jsou znázorněny na obrázku (viz Obr. 2.2) Tyto fáze vedou ke zlepšení procesu. Metoda DMAIC je součástí strategie SIX SIGMA vytvořené firmou Motorola. DMAIC je vhodná pro zlepšení již existujícího procesu. **Popis jednotlivých fází:**



**Obr. 2.2:** DMAIC cyklus.

**Definuj:** V této fázi definujeme procesy, které mají být zlepšeny. Určí se cíle, čas, rozsah projektu, klíčové procesy a harmonogram řešení.

**Měření:** V této fázi určujeme, mapujeme, co budeme porovnávat, měřit, jakou techniku a metodu na to použijeme. Měříme současný stav procesu. Měřením zjišťujeme stav plnění definovaných cílů.

**Analyzovat:** V této fázi zjišťujeme, které faktory ovlivňují problém, jak tyto problémy hodnotit. Kde jsou zdroje úzkých míst, která úzká místa můžeme ovlivnit a řídit. Jaké proměnné ovlivňují výkon procesu. Definování hlavních typů plýtvání. Jaký je potenciál pro zlepšení.

**Inovuj (zlepšuj):** Cílem této fáze je nalezení řešení identifikovaných problémů. Základem je generování myšlenek pro zlepšení procesů. Kolik zlepšení je potřeba a jak je vyhodnotíme, která řešení vybereme. Do této fáze patří testování a vyhodnocení návrhů, plán a realizace nápadů.

**Kontrolovat (řídit):** Je poslední fáze procesu, při které sledujeme a řídíme zlepšený proces. Přijímáme opatření k udržení již implementovaných procesů. Testujeme navržená zlepšení. Zavádíme otestovaná zlepšení. Měříme přínos s vazbou na náš cíl. Vyhodnocujeme projekt, dokumentujeme výsledky a přínosy. Zavedeme opatření pro udržení zlepšení a také oceníme zlepšovatele [2].



## **5S**

Metoda 5S pochází z Japonska, je to pět základních kroků zlepšení pracoviště charakterizováno pěti Japonskými slovy začínajícími na písmeno S. Používá se po celém světě. Metoda je zaměřená na pořádek na pracovišti, na eliminaci plýtvání pomocí základních pěti kroků. Tuto metodu zařazujeme do standardizace procesů. Metodou 5S dosáhneme přehledného, organizovaného, trvale čistého pracoviště, systému pořádku a čistoty. Zohledněna je nejen produktivita, ale také ergonomie a bezpečnost. Na podporu tohoto cíle některé společnosti užívají označení 6S (6. S = Safety – bezpečnost)

### **Seiri (vytřídit, separovat, uklidit)**

Oddělit potřebné předměty pro práci od nepotřebných. Všechno, co je přebytečné, se odstraní.

### **Seiton (vizualizovat, systematizovat, setřídít)**

Jde o správné skladování nářadí, přípravků a materiálu ve správném množství, eliminace hledání.

### **Seiso (čistit)**

Zajistit, aby všechna pracoviště byla čistá a uklizená. Tedy čisté podlahy, nářadí, stroje atd. Provádět systematický úklid.

### **Seiketsu (standardizovat)**

Udržení zavedených standardů čistoty a organizace pracoviště. Standardizovat nové poměry na pracovišti.

### **Shitsuke (sebekázeň, disciplína)**

Formou školení a tréninku napomáhat dodržování standardů a vytváření správných návyků. Kontrolovat dodržování standardů. [3]

## **TPM**

TPM z anglického (Total productive Maintenance) znamená totálně produktivní údržbu (autonomní údržbu). Je to soubor činností zaměřených na maximalizaci efektivnosti strojů a zařízení. Orientuje se na zapojení všech pracovníků do činností



minimalizující prostoje strojů, poruchy a zmetky. Přenáší klasické diagnostické a údržbářské činnosti na obsluhu strojů. TPM nečeká, až vznikne porucha, ale předchází jí. Tím zabraňuje znehodnocení majetku, růstu nákladů na opravy a výpadkům výroby. Pokud pracovník vykonává jen to, co příkazují předpisy a nereaguje na problémy samostatně, podnik ztrácí finanční prostředky. V praxi operátoři čistí stroje, reagují na odchylky chodu stroje, kontrolují opotřebení exponovaných míst (uvolněné šrouby, kryty, řemeny a mazání třecích ploch) apod. Mottem je „*ochraňuj svůj stroj a starej se o něj vlastníma rukama*“. [5] Obsluha se snaží porozumět stroji jako řidič svému vozu. Drobné opravy dělá sám automaticky [5].

### TPM autonomní údržba

Spočívá v udržování svého vlastního zařízení. Operátor přebírá zodpovědnost za údržbu a stav stroje. Rozšíření vlastní kvalifikace operátora. Operátor převezme část úkolů údržby. Řada činností TPM je uplatněna v rámci procesu přetypování zařízení, kdy je prováděna nejen činnost kontrolní, ale také preventivní. Např. čištění ploch pod přípravkem, mazání vodících ploch atd. [5]. Obrázek (viz Obr. 2.3) ukazuje kroky při zavádění autonomní údržby. Vše co postupně operátor stroje začne vykonávat.



**Obr. 2.3:** Struktura autonomní údržby [4].

### POKA YOKE

Poka yoke je japonský termín, který lze přeložit jako „chybu-vzdorný, odolnost vůči chybám“. Poka yoke je nástroj pro úpravu součástí výrobku a výrobních prostředků tak, aby se zabránilo operátorovi v děláních chyb. Pomocí poka yoke se snažíme eliminovat



neúmýslné chyby pracovníků. „Principem je instalace pomocných prvků, případně úprava pracoviště tak, aby bylo možné provádět operaci „jen správně.“ [13].

Příkladem může být při výrobě dělník vkládající díl, který je symetrický a mohl by být namontován obráceně, což je v tomto případě nežádoucí. Na díl je vhodné aplikovat metodu poka yoke. Díl je kvůli přidanému kolíku asymetrický a díl lze namontovat jen jedním způsobem. Správně. Metoda spočívá v úpravě nástrojů, dílů, strojů a zařízení tak, aby je např. nebylo možno otočit nebo zapojit konektor do nesprávné zásuvky. K realizaci můžeme použít kolíky, asymetrii součástí, barevné označení apod. U strojů používáme koncové spínače tak, aby nedošlo k poškození strojů. Aplikaci v praxi je na obrázku (viz Obr. 2.4) představuje symetrický konektor s přidanou drážkou, aby jej bylo možno namontovat jen správně [2].



**Obr. 2.4:** Aplikace poka yoke na konektor vstřikovače u motoru automobilu.

## 2.3 SMED

Tato zkratka anglicky znamená Single Minute Exchange of Dies, což je v překladu výměna nástroje v řádech minut. Metoda vznikla v 50. - 60. letech 20. století. Jako tvůrce je označován Japonec Shigeo Shingo pracující pro firmu Toyota. Tato metoda dovedla firmu Toyota na vrchol ve výrobě automobilů. Díky této metodě Toyota při použití menšího počtu výrobních prostředků dokázala vyrábět více vozů než konkurence s nižšími náklady. Metoda SMED primárně zkracuje čas přetypování. Zvyšuje se tak dostupnost zařízení a snižuje se i podíl neproduktivních činností na výrobní jednotku. Touto metodou se vyplatí zabývat, jelikož snižuje ztráty více druhů.



- snižuje mzdové náklady
- snižuje skladové zásoby
- zvyšuje flexibilitu
- snižuje riziko nekvality
- zvyšuje stabilitu procesu

Pokud je metoda SMED aplikována na proces poprvé, je 30% úspora času zcela běžná. SMED snižuje ztráty všech osmi základních typů plýtvání. [7]

### Kdy použít SMED:

- při nedostatku kapacit a zdrojů,
- při malých výrobních dávkách,
- při vysokých skladových zásobách,
- při časté změně typu výrobku,
- při často měnících se požadavcích zákazníka,
- při dlouhých časech přetypování a tím způsobeným plýtváním.

[7]

### Ukazatel CEZ (OEE) celková efektivita zařízení

Jako ukazatele, zda použít SMED při přetypování, můžeme použít ukazatel CEZ. Při malé hodnotě CEZ se dopouštíme plýtvání. Stroj není vytížen, mnohdy se chová jako úzké místo. U nás dosahuje hodnota CEZ 40 - 60%, u světových podniků až 85%. SMED pomáhá CEZ zvýšit a tím řešit problém s nedostatkem kapacit strojů. Proto tento ukazatel můžeme použít pro určení, zda SMED ano či ne [5] [7].

**Vypočet:  $CEZ = D \cdot R \cdot Q \cdot 100$**

**D-dostupnost** =  $\frac{\text{planovaný čas provozu} - \text{čas přerušení}}{\text{plánovaný čas provozu}}$

**R-rychlost** =  $\frac{\text{normovaný čas na kus} \cdot \text{výroba v kusech}}{\text{planovaný čas provozu} - \text{čas přerušení}}$

**Q-kvalita** =  $\frac{\text{celkový výkon} - \text{množství zmetků}}{\text{celkový výkon}}$

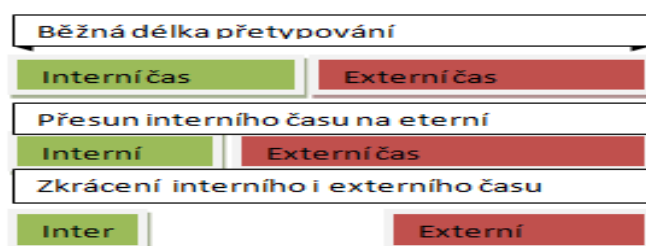


### 2.3.1 Aplikace SMED

Zavedení SMED se skládá ze tří kroků diagramu. Zavádění SMED je na obrázku (viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).

#### Tři kroky SMED

1. Rozdělení časů na interní a externí.
2. Převedení maxima interních činností na externí.
3. Zkracování interních i externích činností. [7]



**Obr. 2.5:** Tři kroky aplikace SMED.

#### Desatero SMED

1. *Výměna a seřizování je plýtvání.*
2. *Nikdy neříkej „je to nemožné“.*
3. *Zkrácení času seřízení je práce týmu.*
4. *Analýza přímo na pracovišti a videozáznam jsou nejlepší argumenty.*
5. *Standardizuj proces seřízení.*
6. *Připrav pomůcky a nástroje předem.*
7. *Při výměně se pohybují ruce a ne nohy.*
8. *Šrouby jsou nepřátelé - otočení každého závitu stojí čas - využij přítlačné pružinové spoje, páky a jiné rychle upínací pomůcky.*
9. *Nastavování polohy „podle oka“ je třeba nahradit stupnicemi, značkami a dorazy.*
10. *Bez měřeného tréninku se závod nevyhrává. [8]*





## Prostředky pro zkrácení časů - BEST praktiky

- Metoda jednoho pohybu - zajištění objektů jedním pohybem - kolíky, rychlé upínače, pružiny a magnety.
- Princip nejmenšího společného násobku - dorazy.
- Upnutí jednou otáčkou.
- Vykonávání paralelních operací současně - více pracovníků.
- 5S - čistota a pořádek na pracovišti.
- TPM - totálně produktivní údržba a zapojení operátorů.
- Poka yoke - odolný vůči chybám.

[7]

## Hlavní zásady při zavádění SMED

- standardizovat akce externího a interního přetypování
- standardizovat stroje
- využít rychloupínání dorazy
- využít doplňkové příslušenství, které bude seřizené u formy - přípravku a s ním vloženo do stroje
- vytvořit multiprofesní týmy na řešení rychlých změn
- automatizovat proces přetypování [7] [15]

## Vizualizace

Vizualizace procesů je prostředkem zjednodušování a zpřehlednění procesů na pracovišti. Slouží k tomu, aby lidé nedělali zbytečné chyby, ale i k tomu, aby se zlepšila komunikace na pracovišti a zviditelnily hlavní cíle a výsledky. Příkladem jsou obrázkové montážní nebo výrobní postupy, seznamy nářadí a přípravků, formuláře pro záznam stavů a abnormalit na pracovišti a pro připomínky pracovníků.

## Rizika SMED

*„Neinvestuj do koňské vlečky, když nemáš koně Toyota Company.“ [7]*

Nezaváděj metodu SMED, když ji nepotřebuješ. To znamená metodu SMED můžeš použít tam, kde se vyskytuje alespoň jeden z uvedených problémů:

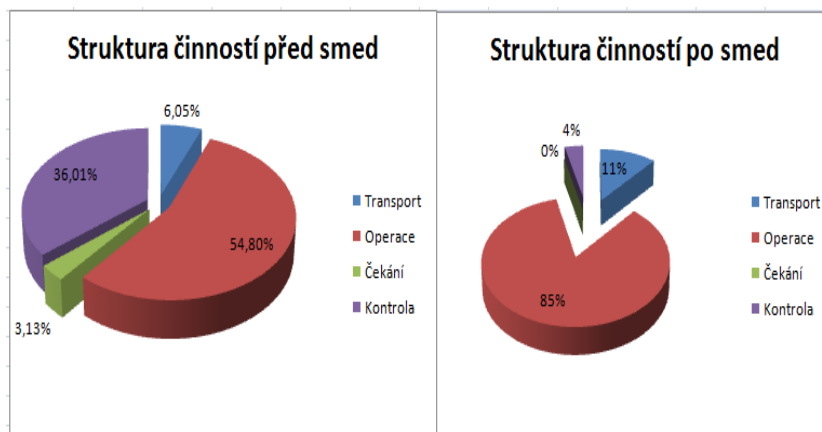


1. Nedostatek kapacit a zdrojů.
2. Malé výrobní dávky v procesu.
3. Vysoké skladové zásoby.
4. Častá změna typu výrobku.
5. Časté změny požadavků zákazníků.
6. Dlouhé časy přetypování a tím způsobené plýtvání. [7]

### Porovnání výsledků SMED

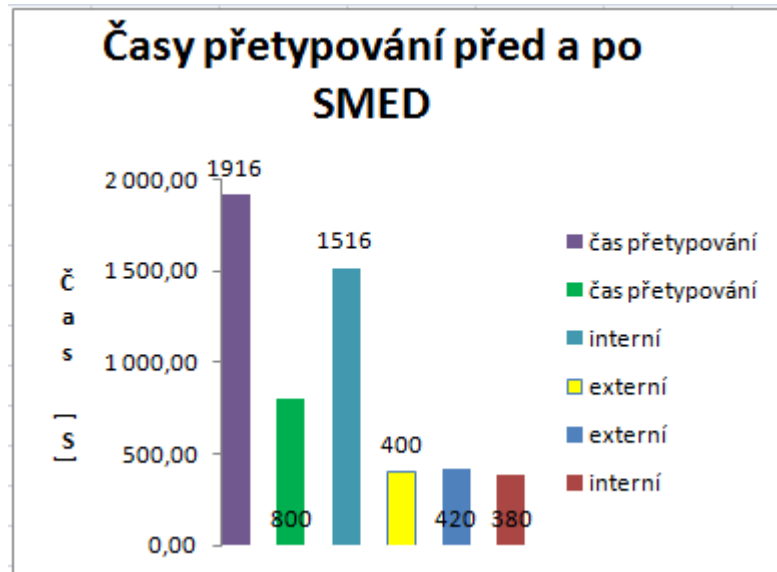
Pro vyhodnocení úspěšnosti zavedení SMED použijeme a porovnáme grafy:

- graf struktury časů před SMED ukazuje podíl jednotlivých typů činností na přetypování, z grafu je vidět vysoký podíl kontrolních činností, graf struktury časů po SMED ukazuje značné snížení podílu kontrolních činností (viz Graf 2.2)
- porovnání časů přetypování před a po SMED, v grafu jsou zleva celkový čas před a po, dále interní a externí čas před a po, z grafu je vidět značná úspora všech časů po aplikaci SMED změna struktury časů (viz Graf 2.3).



**Graf 2.2:** Struktura časů podle typu činnosti před a po SMED.





Graf 2.3: Časy přetypování porovnání před a po SMED.

### Tým pro trénink SMED

Operátoři, seřizovači, zástupci údržby, vedoucí mistr, moderátor, ekonom, technolog apod. Tým by měl mít maximálně 12 členů. SMED je nekončící cyklus. Stále je co zlepšovat. Každým opakováním dochází k zlepšení. [7]

## 2.3.2 Metody sběru dat při zavádění SMED

### Výběr vhodného procesu pro aplikaci SMED

Pro stanovení priorit v rámci procesu zlepšování je často využívána Paretova analýza. Pro analýzu současného stavu je prováděna analýza současného způsobu vykonávání práce a analýza časů přetypování. Obě jsou vytvořeny v Excelu a jsou popsány v praktické části.

### Analýza práce

Je to systematické zkoumání záznamů pracovní činnosti a postupů. Cílem je zajistit vyšší efektivnost využívání zdrojů, zlepšovat nebo odstraňovat neefektivní úkony a vylepšovat pracovní postupy. Analýzu provádíme s pomocí různých formulářů, grafů a tabulek, do kterých zapisujeme údaje z měření, ale i z pozorování pracovníků. Co, jak a kdy dělají [1].



## Metody pro analýzu práce

### Prostředky pro určení spotřeby času

- **Přímá metoda:** Můžeme jí určit časy a vzdálenost přímo měřením na pracovišti. Potřebné prostředky pro realizaci jsou stopky, tužka, papír, kamera a software. Mezi některé přímé metody patří časový snímek, videosnímek a chronometrůž.
- **Nepřímá metoda předem určených časů MTM:** Analyzuje detailně manuální činnost. Používají se časové jednotky TMU (1TMU= 0,036 [s]). Vzdálenost a časy můžeme určit virtuálně již při přípravě projektu. Není nutné měřit a pozorovat práci na reálném pracovišti nebo jeho fyzickém modelu. [1]

### Záznam pohybu materiálu

- **Procesní analýza:** Je to grafické znázornění pohybu materiálu, výrobku nebo operátora. Zobrazuje stav sledované činnosti a její časový průběh. Cíl je zachytit průběh činností a tím odhalit potenciál pro zlepšení. „*Je to metoda pro popis a analýzu jednotlivých kroků transformačních procesů*“ [12]. Sestavuje se do předem vytištěného formuláře (formulář se nachází v příloze A formuláře - Word) a zachycují se pouze činnosti (transport, operace, čekání a kontrola) tak, jak byly pozorovány při pohybu v sledovaném procesu. Zápis se provádí symboly, které se propojí čarami. Zhotovená procesní analýza je na obrázku (viz Obr. 2.6). Jako výstup získáme: časy činností, vzdálenost transportu a počet pracovníků, kteří se na nich podíleli. [12]



Č.	Činnost	Procesní analýza					Vzdálenost [m]	Doba trvání [min]	Počet pracovníků
		Operace	Transport	Kontrola	Skladování	Čekání			
1	Transport stan.voz.lis		→				10		
2	Demontáž formy	○					15	1	
3	Transport		→				20		
4	skladování				▽		1200		
5	Transport		→				20		
6	Čekání, hledání přípravků					□	30		
7	Montáž formy	○					15	1	
8	Kontrola formy			□			10		
9	Transport		→				10		
10	Skladování vozíku				▽		10		
Celkem četnost		3	5	1	2	2		2	
Celkem čas							1265		
Celkem vzdálenost							60		

Čekání	D
Transport	→
Skladování	▽
Operace	○
Kontrola	□

Obr. 2.6: Procesní analýza.

- **Špagety diagram:** Špagetový diagram dokumentuje pohyb např. pracovníka v daném časovém úseku. Špagetový diagram nám pomůže vizualizovat a analyzovat pohyb na pracovišti (plýtvání v podobě chůze). Poslouží pro re-layout dílny. S jeho pomocí zobrazíme prostor pohybu pracovníka, součástí, nářadí, dokumentů apod. [12]

### Záznam časového průběhu

- **Časový snímek dne,** pracovníka, stroje, přetypování apod. Na obrázku je část časového snímku přetypování modelu lisu z formy A na formu B (viz Obr. 2.7). Časový snímek zaznamenává spotřebu času při jednotlivých činnostech během směny, operace nebo časového úseku. Je to forma nepřetržitého pozorování. Výhodou jsou podrobné informace z průběhu práce. Mezi nevýhody patří časová náročnost analýzy a sběru dat. Dále pak změna chování pozorovaného proti běžné situaci, která může ovlivnit výstupy [12].



TUL		Časový snímek přetypování												
Firma: <u>VV Stroj s.r.o.</u>		Přetypování: Ojnice A			Datum/čas: 00.00.000/00:00			Typ činnosti						
Pracoviště: Lisovna		Přetypování na: Ojnici B			Snímkoval: časoměřič									
Zařízení: Šroubový lis		Norma času přetypování: 40 min.			Směna: rání									
Pracovníci: Operátor, Seřizovač														
P.č.	čas			Operace/činnost	Použité nářadí přípravky	Počet pracovníků 1/2/ 3...	Druh činnosti							
	OD	DO	Rozdíl [s]				I	N	X	T	Transport	Operace	Čekání	Kontrola
1			10	Chůze pro vozík		1		E	t					
2			20	Chůze pro formu B	vozík	1		E	t					

Obr. 2.7: Časový snímek přetypování.

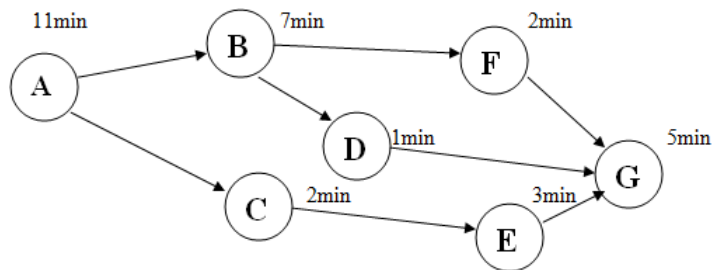
- **Videosnímek:** Užitečný nástroj, který nám umožní kdykoliv máme potřebu zpětně analyzovat pracovní činnost. Po skončení námi určené časové sekvence video analyzujeme a můžeme z něho určit nesprávné činnosti a postupy, které pak můžeme optimalizovat. Můžeme podle něj sestavit procesní analýzu, různé typy časových snímků nebo špagety diagram [12].

### Prioritní diagram činností

Prioritní diagram (viz Obr. 2.8) pomáhá určit návaznosti činností tak, aby byly vykonány v technologicky správném pořadí při hledání vhodné sekvence činností. Tím snížíme riziko čekání na určitou činnost a také hned vidíme, které činnosti můžeme vykonávat současně. Velká písmena v kroužcích určují činnost a čísla určují čas trvání činnosti. Vše je zapsáno v tabulce priorit (viz Tab. 2.2.).







**Obr. 2.8:** Diagram priority činností.

Činnost	A	B	C	D	E	F	G
Předchozí nutná čin.		A	A	B	C	B	FDE
Čas činnosti	11	7	2	1	3	2	5

**Tab. 2.2:** Prioritní tabulka.



### 3 Praktická část

Mým cílem je vytvoření simulační hry zaměřené na některou z Lean metod. Z těchto metod byla vybrána metoda rychlého přetypování v řádech minut - SMED. Protože přetypování souvisí úzce se strojírenstvím a k eliminaci chyb v přetypování, je potřeba technických řešení, která navrhnou konstruktéři. Ti se, ale potřebují s problematikou rychlého přetypování seznámit. Ve skutečném provozu je to však téměř nemožné. Pouze teoretickým výkladem se tato problematika řeší velmi obtížně. Proto je nezbytné problematiku opakovaně praktikovat.

Z těchto důvodů bude navržen zmenšený model dílny včetně strojů používaných ve výrobě. Doplnit tento model vybavením pro pozorování, měření a analýzu současného stavu. Prostředky pro nápravu problémů zjištěných při přetypování a nástroji pro udržení přijatých standardů. Cíle jsou následující:

- Navrhnout a vyrobit vhodné modely strojů pro simulaci výroby. Doplnit je o prostředky pro simulování inovačního procesu v duchu SMED a eliminace chyb přetypování.
- Navrhnout vhodné formuláře, pro pozorování, měření a analýzu, které zajistí systematický postup řešení problematiky přetypování.
- Navrhnout vhodný scénář, který bude sloužit jako příklad z praxe.

Splněním těchto cílů bude ve výsledku simulační hra.

#### Zadané omezující podmínky simulační hry

Hra musí splňovat následující požadavky:

1. časový rámec 1.5 - 3 hodiny
2. čtyři skupiny po 4 - 8 lidech, celkem maximálně 24 osob
3. hra musí být přenosná
4. cena hry by se měla pohybovat okolo 5.000 Kč.
5. hra by měla působit reálně
6. je zaměřena na přetypování (SMED).



### 3.1 Výběr typu stroje a technologie, měřítko a materiálu modelů

#### Výběr vhodného příkladu stroje

Žádoucí je stroj jednoduchý na výrobu a provoz. Zároveň stroj, na kterém probíhá velký počet přetypování během směn. S ohledem na tato kritéria byly zvoleny modely lisů.

Lis jde jednoduše realizovat, má jednoduchý tvar. Lisy se často přetypovávají. Operace na lisech prováděné jsou rychlé. Modely nepotřebují krom síly účastníků hry žádný pohon. Není potřeba žádného složitého vybavení jako při simulaci vrtání nebo soustružení apod. Při vývoji rychlého přetypování byly právě lisy. Prováděné operace se podobají operacím velkých předloh a jsou jednoduché. Proto jsem zvolil model lisu.

#### Výběr materiálu, z kterého budou modely vyrobeny

Jako materiál pro výrobu byla vybrána hliníková slitina, která vyhovuje dostupností, dobrou obrobiteľností, hmotností. Zároveň pro tento účel dostatečnou pevností a tím vyhovuje všem definovaným parametrům.

#### Výběr technologie, která bude simulována.

Výběr modelu lisu již určil, jaká technologie bude simulována. Jde tedy o lisování, které se děje jedním pohybem, proto je rychlé. Formu lze navrhnout velmi jednoduše. Je malých rozměrů. Tím je použito minimum materiálu. Jednoduchost konstrukce formy zaručuje rychlou výrobu modelu. Formy se na lisech často mění, proto je dobrým příkladem pro simulaci přetypování. Toto vyhovuje většině definovaných bodů. Forma se vyrobí opět z hliníkové slitiny, která vyhovuje parametrům stejně jako u lisu.

#### Měřítko modelů

Měřítko 1:10 bylo zvoleno podle parametrů hry.

- Pomocné modely jako dopravní prostředky, vybavení skladů, figurky apod. lze v tomto měřítku za dostupnou cenu zakoupit hotové.
- Toto měřítko zaručuje vhodné rozměry modelů a jejich přenositelnost i funkčnost.



## 3.2 Simulované chyby přetypování a praktiky pro jejich odstranění

### Chyby při přetypování, které budou simulovány

Chyby přetypování, které se budou ve hře vyskytovat, vycházejí z teoretické části (strana 22). Tato hra je určena především pro budoucí konstruktéry, technology a průmyslové inženýry. Proto je hra zaměřena především na chyby, které vyžadují konstrukční změny nebo úpravy technologického postupu jak na strojích, tak na formách. Tyto chyby jsou schopni odstranit konstruktéři a technologové. Hra ukazuje na možná řešení následujících chyb. Jsou to chyby typu:

- konstrukční chyby
- chyby po opravách
- chyby v postupu práce

Podle tabulky struktury časů při přetypování z teoretické části (viz Tab. 2.1) zabírá až 50% času měření a kontrola. Konstruktor tedy vhodným řešením může velkou část tohoto času ušetřit. Proto jsou konstruktéři důležití při zavádění rychlého přetypování. Chyby implementované do hry vycházejí z praxe.

### Prostředky pro odstranění chyb

Praktiky, které budou použity pro simulaci odstranění chyb při přetypování, jsou navrženy podle best praktik SMED z teoretické části (viz strana 30 *Prostředky pro zkrácení časů – BEST praktiky*). Tyto praktiky budou použity při návrzích prostředků simulujících odstranění chyb. Konkrétní výběr bude podřízen praktikám upravujících konstrukce forem nebo strojů a strukturu časů přetypování, které jsou v tabulce (Tab. 2.1) a grafu (viz Graf 2.1)

## 3.3 Formuláře použité ve hře

Pro zavedení metody SMED je nutný sběr dat o procesu. V procesu musíme nalézt úzké místo. Pro nalezení tohoto místa jsem zvolil Paretovu analýzu a analýzu časů přetypování. Pro sběr dat o samotném procesu přetypování byly použity metody:

- procesní analýza,



- časový snímek přetypování,
- špageti diagram,
- ukazatel celkové efektivity zařízení CEZ.

Výběr těchto nástrojů vychází z teoretické části a z praxe při zavádění SMED obrázky (viz Obr. 2.6 a Obr. 2.7). Bude tedy vytvořen formulář pro Paretovu analýzu, analýzu času přetypování, časový snímek, procesní analýzu, ukazatel CEZ (viz strana 22) a mapu layoutu pro špageti diagram. Tyto nástroje mají jako výstup tabulku nebo graf. Proto, aby byl splněn parametr pro časový rámec, formuláře se budou vyhodnocovat průběžně automaticky. Jejich výstupem budou rovnou tabulky a grafy, což hru urychlí. Veškeré formuláře se nalézají v příloze A. Zde je možno si je prohlédnout, vytisknout nebo je rovnou vyplnit.

#### **Ukazatele pro vyhodnocení výsledků:**

- interní/externí čas,
- celkový čas přetypování,
- počet interních a externích činností před a po SMED,
- kontrolní činnosti před a po SMED,
- ukazatel efektivnosti zařízení CEZ.

## **Uložení hry**

Proč tato hra? Průzkumem trhu bylo zjištěno, že podobná hra stojí cca 30.000 Kč. Konkurenční hry jsou tedy drahé a nemají zaměření pro technické obory. Jsou zaměřeny pouze na management nebo logistiku. Proto je přínos této hry nesporný.

Předběžný odhad ceny hry je 5.000 Kč. Hra bude uložena v plastovém kufříku (viz Obr. 3.1: Uložená sim hra v kufříku.).





**Obr. 3.1:** Uložená sim hra v kufru.

### 3.3.1 Scénář hry.

Samotná hra má šest fází 0-5. Fáze 0 tzv. (intro) je uvedení do situace, která se bude simulací řešit. Fáze 1-5 navazuje na DMAIC cyklus řešení problémů.

Účastníci dostanou layout dílny (lisovny) ve formátu A2, na kterém se nacházejí stroje, sklady, výdejny a manipulační prostředky apod. Také dostanou zadání úkolu a parametry pro seřízení formy na lisu. Na konci hry celou hru vyhodnotí tým podle ukazatelů externí/interní čas, celkový čas před a po SMED, podle ukazatele CEZ před a po SMED a podle struktury činností při přetypování.

#### **Role ve hře.**

Skupina má maximálně 8 členů. Ti mají rozdělené různé role. Role jsem vybíral na základě zkušeností z praxe podle toho, jaké profese se ve strojírenských podnicích vyskytují a také podle zaměření hry na přetypování. V případě menšího počtu členů skupiny nemusí být všechny role obsazeny nebo jeden člen může mít více rolí. Role je možno podle potřeby měnit:

- průmyslový inženýr, moderátor (trenér, lektor),
- inženýr technolog strojní výroby,
- seřizovač, který vykonává přetypování,
- mistr výroby na dílně,
- údržbář, má na starosti údržbu veškerého vybavení dílny,
- moderátor (trenér, lektor),
- operátor stroje,
- pracovník skladu náradí a materiálu.

#### **Definice úkolů pro role**



Typy rolí vychází ze skutečných tréninků SMED [7]. Každá role má definovány své úkoly při sehrávce a na workshopu. Základní role, bez kterých nelze úspěšně přehrát simulaci jsem definoval (viz Tab. 3.1). Úkoly jsou vybrány na základě zaměření hry (přetypování-SMED) a jsou zaměřeny dle použitých metod v této simulační hře. Ostatní role definuje moderátor dle potřeby při sehrávce.

Role	Úkol při sehrávce	Úkol na Workshopu
<b>Seřizovač</b>	Přetypovává stroj podle postupu.	Sestavuje nové postupy, dělá vizualizaci.
<b>Mistr výroby</b>	Sestavuje Špagety diagram a procesní analýzu. Řeší nastalé situace.	Sestavuje re-layout, vyhodnocuje procesní analýzu.
<b>Operátor</b>	Obsluhuje stroj.	Vytváří grafy a vyhodnocuje tabulky.
<b>Údržbář</b>	Poskytuje instruktáž při přetypování a pořizuje časový snímek.	Vyhodnocuje časový snímek. Podílí se na nových postupech.
<b>Moderátor (průmyslový inženýr)</b>	Moderuje přehrávku. Měří celkový čas.	Udílí rady při zamrznutí, navádí členy týmu zpět při odchýlení od tématu.

**Tab. 3.1:** Role SMED týmu.

### Rozdělení prostředků

**Hráči** disponují zadáním úkolu, modely lisů s příslušenstvím, modelem rozložené formy A i B, časomírou v podobě mobilního telefonu.

**Moderátor** lektor disponuje návodem k sestavení forem, usazení forem na lis, formuláři a všemi podpůrnými prostředky (měřidla, rychloupínání). Podle toho jaké chyby chce simulovat, moderátor rozdává hráčům podpůrné prostředky.



### **Teoretická vybavenost účastníků**

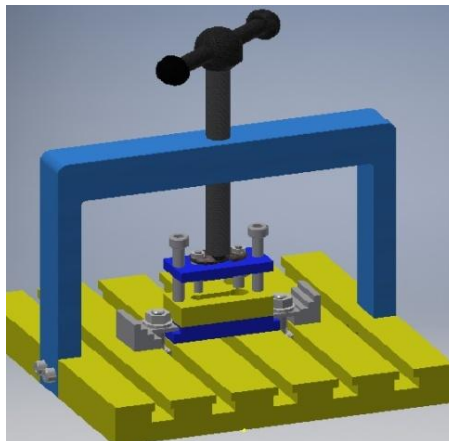
Účastníci by měli mít základní znalosti metod průmyslového inženýrství.

### **Postup pro dosažení cíle ve hře**

1. Definovat problémy v procesu.
2. Sbírat data o procesu.
3. Analyzovat sebraná data.
4. Navrhnout varianty řešení problému.
5. Porovnat a vybrat nejvhodnější varianty.
6. Porovnat stav před a po aplikaci SMED.
7. Zavést opatření k udržení nového stavu.

### **Hlavní prostředky, které jsou ve hře použité.**

- Šroubový lis (viz **Obr. 3.2:** Lis šroubový) jsem vybral pro jeho jednoduchou konstrukci, která zajistí levnou výrobu. Výkres sestavy se nachází v příloze D.

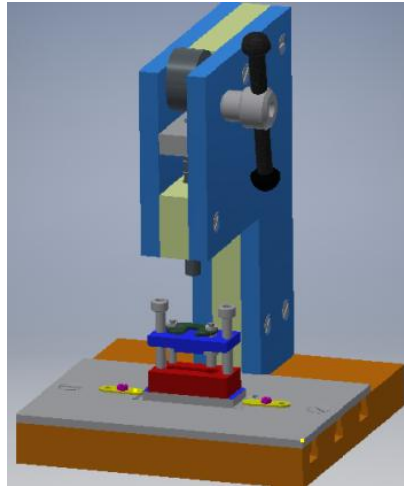


**Obr. 3.2:** Lis šroubový.

- Pákový excentrický lis (viz **Obr. 3.3**) je zvolen pro simulaci nestejných standardů u strojů. Výkres sestavy se nachází v příloze D.

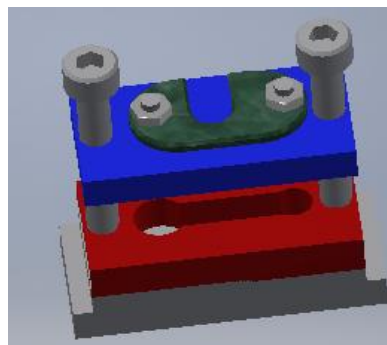






**Obr. 3.3:** Pákový excentrický lis.

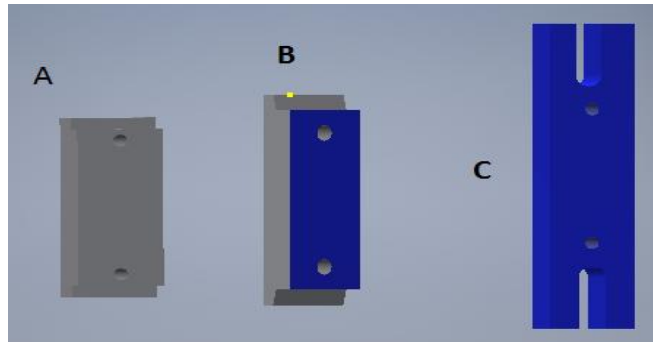
- 2 × Rozložitelná forma (viz **Obr. 3.4**) pro model ojnice A B má tři možnosti upínání (viz **Obr. 3.5**: A, B, C). Tím jsem zajistil možnost simulace změny upínání formy. Výkres sestavy se nachází v příloze D. Návod na sestavení formy se nachází v příloze B.



**Obr. 3.4:** Forma.

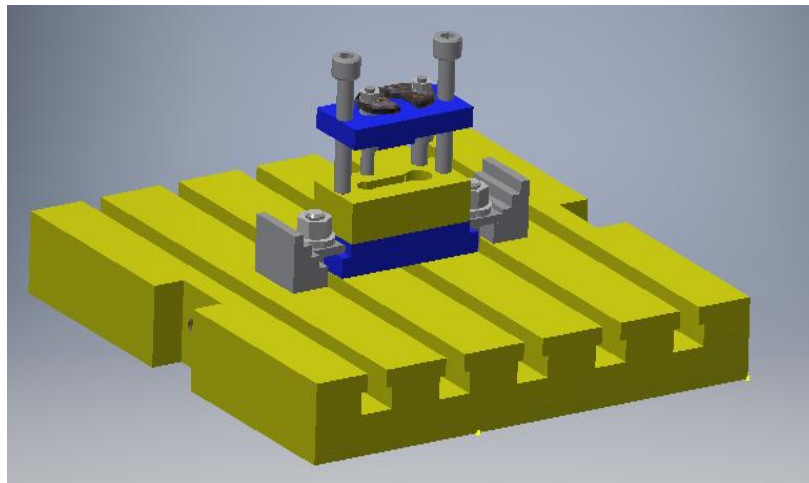
- Upínání forem k lisu. Systém upínání je jedním z faktorů ovlivňujících čas přetypování, proto konstrukce systému upínání ovlivňuje konečný čas při přetypování. Do hry je tento faktor implementován trojím systémem upínání (viz **Obr. 3.5**).





**Obr. 3.5:** Varianty upínání.

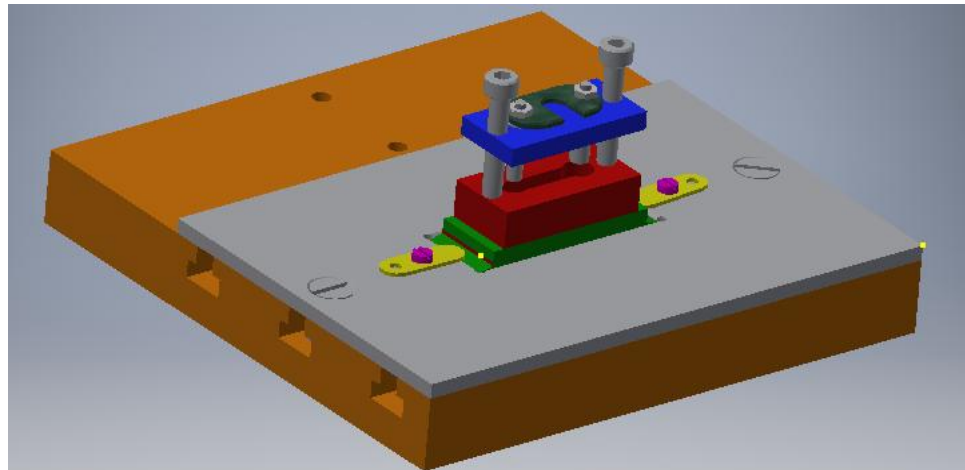
- A. Pod písmenem A je na (viz **Obr. 3.5**) spodní díl formy pro upínání tzv. upínkami (viz **Obr. 3.6**). Tento systém je do dnes velmi rozšířen. Nevýhodou je nutná kontrola pozice a následné korekce.



**Obr. 3.6:** Upínání upínkami.

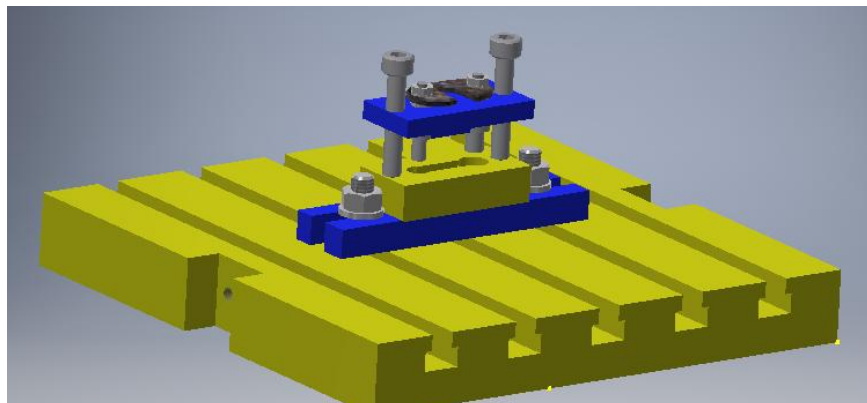
- B. Pod písmenem B je standardizovaný spodní díl formy určený pro upínání do standardizovaného rámu, který jsem pro něj navrhl. Konstrukce rámu byla navržena podle tzv. best praktik pro zavádění SMED (viz **Obr. 3.7**).





**Obr. 3.7:** Rychlo upínání do standardizovaného rámu.

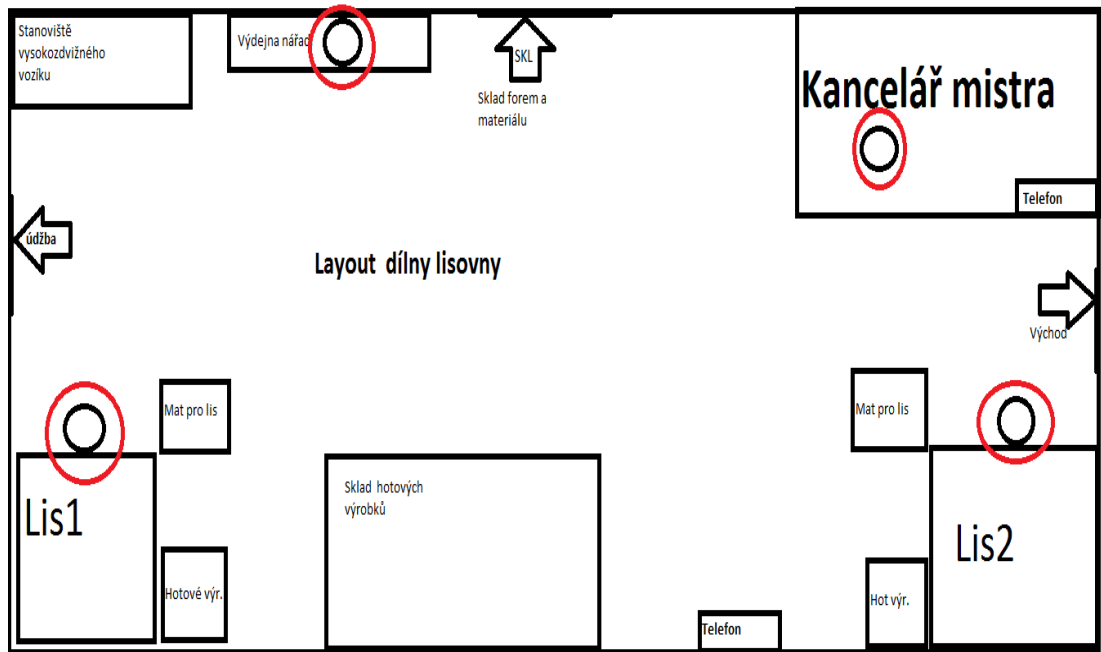
- C. Pod písmenem C je přímé upínání na šrouby (viz **Obr. 3.8**). Tímto upínáním se snížil počet dílů. Snižování počtu dílů je také jedna z best praktik v rámci zavádění SMED .



**Obr. 3.8:** Přímé upínání na šrouby.

- Layout dílny ve formátu A2 s rozmístěným vybavením dílny (viz **Obr. 3.9**)





Obr. 3.9: Layout dílny.

### Ostatní prostředky ve hře

Ve hře jsou prostředky pro montáž forem k lisům a jejich kontrolu. Pro simulování chyb při přetypování a jejich náprav jsem do hry umístil prostředky. Například pro simulaci chyb po opravách, jako jsou různé průměry a délky šroubu. Pro chyby organizační špatné nářadí a poškozený spojovací materiál. Naopak pro nápravy chyb jsou ve hře organizéry na nářadí a příslušenství forem. Pro změnu konstrukce upínání je k dispozici spodní díl formy pro přímé upínání, C podložky pro upínání jedním pohybem a rychloupínací rám se spodním dílem formy pro upínání bez nutnosti seřizování a zajištění jedním pohybem.

### Průběh simulace

Fáze 0 je úvod do hry a je velmi důležitá pro definování podmínek simulace. Fáze 1-5 vycházejí z DMAIC cyklu a obsahem odpovídají jeho jednotlivým fázím. Pro veškeré analýzy jsem vytvořil formuláře s automatickým vyhodnocením pomocí tabulek a grafů. Tyto formuláře jsou vytvořeny s vazbou na teoretickou část, parametry hry a jednotlivé fáze. Účastníci mají veškeré formuláře použité ve hře k dispozici v elektronické podobě. Obsaženy jsou v příloze A. Každý je nazván podle účelu použití.



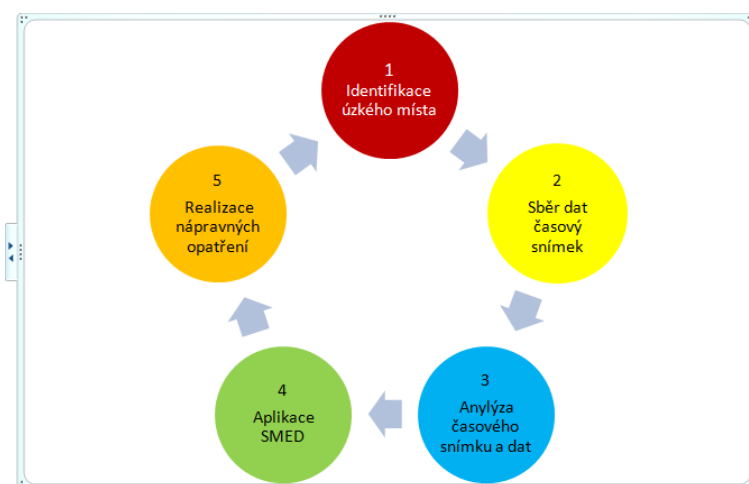
### Jak jsou zadávány úkoly

Hra je zaměřena na SMED, proto jsem do úvodu uvedl pojmy (malé série, nedostatečná kapacita strojů, časté přetypování). Tyto pojmy jsou zároveň argumenty z teoretické části pro zavedení SMED. Tyto úkoly jsou inspirovány praxí a je třeba je volit tak, aby odpovídaly zaměření hry. Např. pomocí průmyslového inženýrství řešte vzniklou situaci tak, aby dílna nemusela zvažovat koupi dalšího stroje a zároveň neodmítla některé zakázky (pro řešení je nutné použít metodu SMED a její nástroje). Tímto jsou účastníci navedeni na řešení pomocí SMED. Moderátor při váhání účastníkům pomůže.

### Postup realizace metody SMED týmem ve hře

Účastníci sestaví SMED tým. Na (viz **Obr. 3.10**: Cyklus realizace SMED.) je cyklus realizace SMED. Je založen na DMIAC.

1. **D**: Identifikace úzkého místa procesu.
2. **M**: Sběr dat (časový snímek, špagety diagram, procesní analýza).
3. **A**: Vyhodnocení sebraných dat.
4. **I**: Realizace SMED.
5. **C**: Realizace nápravných opatření a ověření postupu v praxi.



**Obr. 3.10:** Cyklus realizace SMED.



### 3.3.2 Fáze 0 (intro) zadání úkolu

Tuto fázi jsem zařadil do hry proto, aby si hráči dokázali představit prostředí dílny. Moderátorovi hry tato fáze umožňuje zadat problémy fiktivního zákazníka tak, aby hráči došli k požadovaným úkolům. Tímto jsou nasimulovány situace a problémy, které tým musí definovat a vyřešit. Tyto problémy jsou zaměřeny na SMED. Uvádím zde jedno z možných zadání. Zadání by měla vycházet ze situace v praxi z parametrů hry a prostředků, kterými hra disponuje. Tato zadání má připraven moderátor hry.

#### Intro

Pomocí simulační hry najdete řešení pro dílnu tváření materiálu. Dílna vyrábí 12 typů výrobků na dvou lisech. Odběratelé dílny používají při výrobě systém bez skladování dílů a vyžadují v průběhu měsíce opakované malé série výrobků. V tabulce (**Tab. 3.2:** Data dodaná dílnou.) jsou uvedena data z výroby dílny. Dílna má v současné době problém s kapacitou strojů, chybí jí cca 20% kapacity pro uspokojení všech zakázek, proto zvažuje nákup dalšího stroje nebo odmítnutí některých zakázek. Dílna má také vyšší zmetkovitost a poruchovost strojů. Formy se přepravují na vozíku (zadání jsou různá podle možných situací z praxe). Inženýr firmy uvedl, že optimalizace podle jeho odhadu by mohla spočívat ve zvýšení hodnoty CEZ, která se v současné době pohybuje okolo 40%.

Výrobek č.	Kusů/měs.	Denní dáv.	Přetyp./měsíc	č.přetyp	Čas vyr.d.	Název vyr
1	20	10	2	30	120	Kryt A
2	10	10	1	20	60	Držák A
3	10	10	1	30	60	Spona
4	22	11	2	20	60	Kryt B
5	24	10	3	20	60	Disk
6	12	12	1	30	60	Unašeč
7	200	10	20	30	30	Ojnice A
8	50	10	5	10	20	Vložka
9	60	10	6	10	10	Vičko
10	220	11	20	40	33	Ojnice B
11	45	15	3	10	20	Páka
12	75	25	3	10	20	Difuzor

**Tab. 3.2:** Data dodaná dílnou.



### 3.3.3 Fáze I (definování)

Simulační hra se zahájí vyplněním projektového listu. Takto tým definuje cíle, které chce ve hře dosáhnout, co bude ve hře měřit a jakými nástroji. Kdy projekt začíná a kdy končí. Také se určí osoby zodpovědné za úspěšné dokončení projektu. Je to součást DMAIC (viz Obr. 3.11). Formulář projektového listu, který jsem pro tuto simulační hru vytvořil je v příloze A.

Projektový List					
Název projektu	Optimalizace výroby Lisovny	oddělení	Lisovna		
Vedoucí projektu	Josef Novák	Tel/email	XXXXXXXXXX		
Výkonný vedoucí	Petr Generál	Tel/email	XXXXXXXXXX		
Sponzor projektu	Pavel Skrbílek	Tel/email	XXXXXXXXXX		
Datum zahájení	xx.xx.xxxx	Datum ukončení	xx.xx.xxxx		
<b>Popis projektu</b>	Simulační hra optimalizace výroby lisovny- hledání volné kapacity lisů, pomoci Lean metod				
<b>Obchodní případ</b>	Nákup stroje kvůli nedostatečné kapacitě				
<b>Formulace problému</b>	Zdánlivě má kapacita výrobní dílny				
<b>Rozsah</b>	Start:	Definice problému			
	Stop:	Do zvýšení CEZ o 20%			
	Včetně				
	Mimo:				
<b>Cíle projektu</b>	Metrika:	Základní úroveň	Současná	Cílová	Nárok
<b>Optimalizace výroby na lisu</b>	DMAIC				
<b>Očekávané finanční výsledky</b>	Očekávaný nárůst kapacity o 30%				
<b>Přínos pro zákazníka</b>	Finanční úspora na nezakoupený stroj a následné výrobní náklady				
<b>Členové týmu</b>	Jirka, Petr, Hynek, Jarmila				
<b>Požadovaná podpora</b>	Volný přístup na dílnu				
<b>Rizika a bariery</b>	Uvolnění kapacity nebude stále dostačující- rizikové prostředí dílny				
<b>odpovědný vedoucí</b>	Pašek	<b>Datum</b>	00.00.000	<b>Podpis Pašek</b>	

Obr. 3.11: Projektový list.



## Výběr procesu, pro který bude vytvořen standard SMED

Velmi důležité je najít v procesu (v projektu) tzv. úzké místo. Bez této dovednosti nelze procesy činností efektivně optimalizovat a naopak můžeme proces ohrozit. Do hry byl tento proces implementován zadáním vyššího počtu typů výrobků. Tým mezi nimi vybírá ty, na kterých bude uskutečněna optimalizace přetypování. Pro tuto identifikaci jsem ve hře použil Paretovu analýzu a analýzu časů přetypování. Metody, které se pro tento účel v praxi běžně používají, v příloze A jsem pro tyto analýzy vytvořil formuláře s názvy pareto (viz **Graf 3.1**) a analýza časů přetypování (viz **Graf 3.2: Časy přetypování analýza**). Tyto formuláře odesílají vyhodnocená data do porovnávacích tabulek a grafů, které jsem také vytvořil. Jsou opět v příloze A pod názvem porovnávací grafy a porovnávací tabulky.

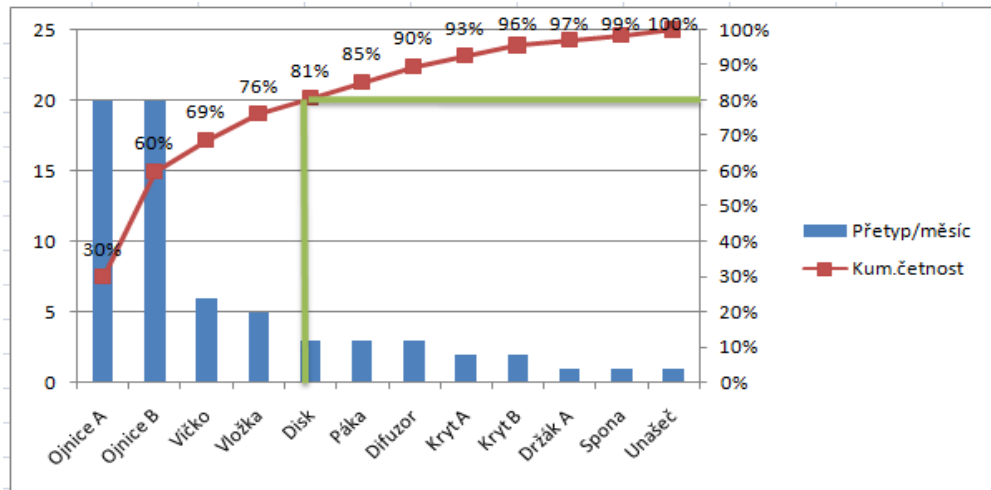
**Úkol spočívá v identifikování výrobků, kde bude uskutečněna optimalizace přetypování pomocí pareta a analýzy časů přetypování.**

- **Paretova analýza**

Tým data ze zadání zapíše do formuláře Paretovy analýzy. Tento formulář automaticky vytvoří graf (viz **Graf 3.1**). Tento graf zobrazuje, které vstupy (výrobky) tvoří většinu výstupů. Pro SMED je důležitý počet přetypování u jednotlivých výrobků za měsíc (toto vychází z teoretické části, kdy zavádět SMED). Pomocí vodorovné přímkou vedené z hodnoty kumulativního výskytu 80% na Lorenzovu křivku se získá bod, ze kterého se spustí kolmice (viz **Graf 3.1: Pareto s Lorenzovou křivkou**). Tím se od sebe oddělí činnosti významné, kterými se musí tým zabývat od činností nevýznamných, které jsou vpravo od kolmice. V tabulce (viz **Tab. 3.3: Výsledek pareto**) jsou výrobky, které vstupují do analýzy časů přetypování. Tyto výrobky mají nejvíce přetypování za měsíc, jsou vhodné pro SMED. Moderátor může tuto analýzu vynechat v případě nutnosti zkrácení času pro hru a výsledky zadá hráčům přímo.







Graf 3.1: Pareto s Lorenzovou křivkou.

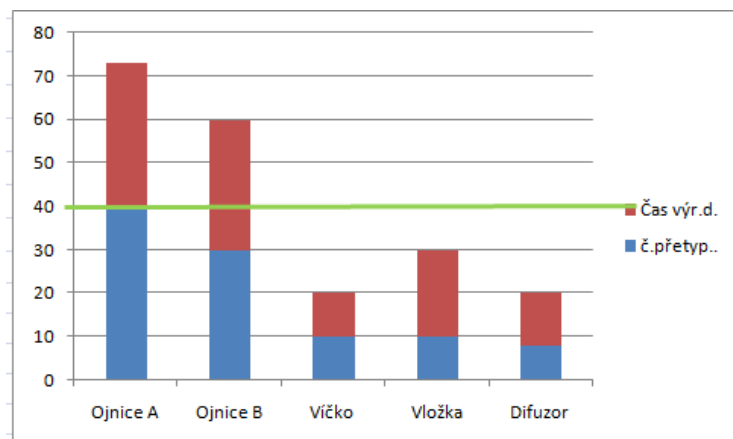
Název výrobku	Čas přetypování	Čas výroby
Ojnice A	40	33
Ojnice B	30	30
Víčko	10	10
Vložka	10	20

Tab. 3.3: Výsledek pareto.

- **Analýza časů přetypování**

Protože v sadě jsou jen formy A B, tak pro zúžení výběru právě na tyto formy je provedena analýza časů přetypování. V příloze A je pro ni automatický formulář s názvem analýza časů přetypování. Úzké místo určíme vodorovnou přímkou vedenou z nejvyššího sloupce grafu. Takto jsem zajistil, že v simulaci nebudou chybět formy. Moderátor při pochybnostech navrhuje správným směrem. Na ojnicích A, B bude aplikováno SMED. Také tuto analýzu může moderátor vynechat v případě potřeby celkového zkrácení času hry. Moderátor může určit výrobek, na kterém tým provede optimalizaci přetypování.





**Graf 3.2:** Časy přetypování analýza.

### 3.3.4 Fáze II (měření)

Pro úspěšné zavedení SMED potřebujeme měřit a analyzovat pracovní činnosti. Pomocí tohoto měření a následné analýzy odhalíme plýtvání a navrheme optimalizaci činností. Do hry jsem implementoval některé z těchto metod. A to ty metody, které jsou nutné pro úspěšné dokončení simulace a také kvůli omezující podmínce trvání hry 1.5 - 3 hodiny. Metody jsou popsány v teoretické části. Bez této analýzy není možno SMED realizovat. Pro tyto metody jsem vytvořil formuláře, které jsou v příloze A. Pod názvy časový snímek před SMED a procesní analýza. Špagety diagram se vytváří přímo fixem do layoutu dílny. Tyto analýzy sestavují členové týmu s příslušnou rolí při sehrávce hry. **Úkolem je použít všechny tři metody a vytvořit PA, ŠD, A ČS. pro pozdější analýzu.**

- **Procesní analýza**

Role mistr výroby má za úkol vytvořit procesní analýzu pohybu seřizovače při přetypování. I ve skutečné praxi jsou zaměstnanci dílen školeni, jak sestavovat tyto analýzy. Při váhání pomůže moderátor. Hotová analýza je v tabulce (viz **Tab. 3.4:** Procesní analýza přetypování). Pro ni jsem vytvořil samostatný formulář nacházející se v příloze A pod názvem Procesní analýza.

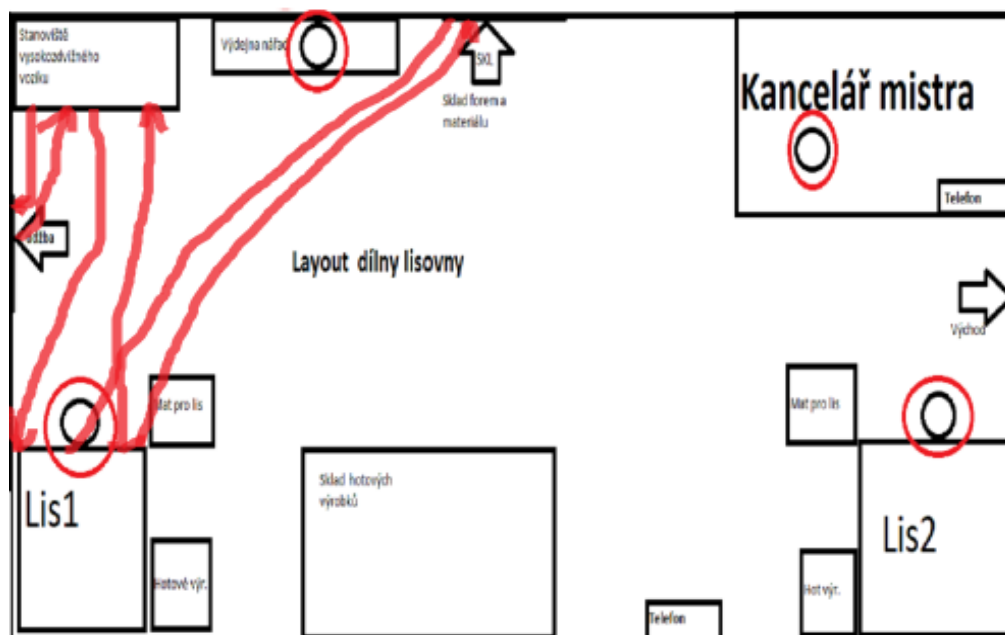


Č.	Činnost								
		Operace	Transport	Kontrola	Skladování	Čekání	Vzdálenost	Doba tvárny	Počet pracovníků
1	Transport mat stan voz. lis		→				10		
2	Demontáž formy	○						15	1
3	Transport		→				20		
4	skladování				→		5		
5	Transport		→				20	1	
6	Čekání hledání přípravků					○	30		
7	Montáž formy	○					15	1	
8	Transport		→				20		
9	Skladování				→		10		
10	Kontrola formy			□			10		
Celkem četnost		3	5	1	2	2			3
Celkem čas							85		
Celkem vzdálenost							70		

**Tab. 3.4:** Procesní analýza přetypování.

- **Špagety diagram**

Zachycuje pohyb seřizovače během přetypování při seřávkce výroby ojnice A, B. Sestavuje ho také mistr výroby. K jeho sestavení slouží vytištěný layout dílny a fixy. (viz **Obr. 3.12:** Špagety diagram pohybu seřizovače.). Špagety diagram pohybu seřizovače pomáhá při re-layoutu.



**Obr. 3.12:** Špagety diagram pohybu seřizovače.

- Časový snímek

Při simulaci výroby ojníc A, B účastník s rolí údržbář měří čas operací při přetypování a pořizuje časový snímek přetypování (viz **Obr. 3.13: Pozorovací list přetypování ojnice A, B.**). Údržbář zapisuje všechny činnosti včetně jejich časů trvání. Formulář, který jsem pro tuto analýzu vytvořil je v příloze A pod názvem časový snímek před SMED. Tento formulář automaticky vyhodnocuje sebraná data, která vytváří výstup z této analýzy. Tyto data posílá formulář do formulářů porovnávací tabulky a porovnávací graf. Do tohoto formuláře je již implementován **1. krok SMED, a to roztrídění činností na externí/interní** grafy se automaticky vytvářejí ve formuláři porovnávací grafy a tabulky. Tento mnou vytvořený formulář lze s úspěchem použít i ve skutečné praxi.



TUL		Pozorovací List Analýza SMED					
Firma: VV Štěp. a.s.		Přetypování z: Ojnice A		Datum/čas: 00.00.000/00:00		Poznámka možnost slepění	
Pracoviště: Lisovna		Přetypování na: Ojnice B		Snímkoval: EsomARE			
Zařízení: Šroubový lis		Norma času přetypování: 40 min.		Směna: není			
Pracovníci: Operátor, Seřizovač							
R.Č.	Čas			Operace/činnost	Použitá máčeři připravky	Počet pracovníků	Druh činnosti
	00	00	Kozdíl [s]				
1			10	Chůze pro vozík		1	e
2			20	Chůze s vozíkem k lisu	vozík	1	e
3			120	Demontáž upínek formy	Klíč 10	1	e
4			30	Naložení formy na vozík	Vozík	1	e
5			25	Chůze s vozíkem do skladu	Vozík	1	e
6			30	Vykládka formy A	Vozík	1	e
7			30	Nakládka formy B	Vozík	1	e
8			20	Chůze s vozíkem k lisu	Vozík	1	e
9			180	Čištění stolu lisu	Hedřík	1	e
10			30	Vykládka formy	Vozík	1	e
11			120	Montáž upínek	Klíč 10	2	e

Obr. 3.13: Pozorovací list přetypování ojnice A, B.

### Videosnímek

Je videozáznam dění na pracovišti. Videosnímek nebyl z časových důvodů pořizován. Z videosnímku můžeme vytvořit špagety diagram, procesní analýzu, prioritní diagram, časový snímek apod. Hra o něj může být v budoucnu rozšířena.

### 3.3.5 Fáze III Analýza sebraných dat

Po skončení simulace fáze II. tým SMED uspořádá workshop a provede analýzu sebraných dat. Pouze porovná automatické výstupy z tabulek a grafů, jelikož mnou vyrobené formuláře vše již zpracovaly za účastníky. Zbylé dvě analýzy vyhodnocují



členové týmu v příslušných rolích. Pro tuto část jsem opět vytvořil řadu formulářů a prostředků. Formuláře se nacházejí v příloze A.

### Úkol analyzovat sebraná data zjištěné nedostatky zapsat

- **procesní analýza vyhodnocení**

Příklad vyhodnocení procení analýzy: Tuto analýzu vyhodnocuje mistr výroby. Do simulace byla implementována jedna z častých chyb při přetypování (viz Teoretická část), a to hledání přípravků, dlouhý transport forem a dlouhá kontrolní činnost. Tyto chyby nasimuloval moderátor pomocí layoutu. Úmyslně nedal účastníkům přípravek a měřidlo. Tím byla nasimulována běžná situace v praxi. Díky přehledné analýze mistr výroby identifikoval velkou vzdálenost při transportu forem, hledání náradí a dlouhou kontrolu přetypování, což koresponduje s nasimulovanými chybami. Potencionální úspory (viz **Tab. 3.5:** Potencionální úspory.) při odstranění chyb, jako je zbytečný transport a čekání.

#### Zjištěné problémy:

- Čekání způsobené hledáním měřidel.
- Dlouhá trasa od stroje ke skladu forem.

Transport:  $3900\text{TMU}=2.3\text{min}$  výpočet pomocí Basic Most. Tento výpočet je realizován pomocí data karty Basic most umístěné na <http://www.kvs.tul.cz/PI>

$$3900$$

$$\text{TMU} = A_{24} + A_1 + G_1 + P_1 + M_3 + A_{42} + A_1 + G_3 + P_1 + M_3 + A_{42} + A_1 + G_3 + P_1 + M_3 + A_{42}$$

Přivez, VOZ..	Demontuj	Odvez formu	Sklad	Přivez formu	Čekání hledání	Montáž formy	Odvez vozík	Kontrola formy	Celkem čas
									85+2,3
									65+2,3
Předpokládaná úspora 23%									

**Tab. 3.5:** Potencionální úspory.

- **Špagety diagram vyhodnocení**

Tento typ diagramu vyhodnocuje mistr výroby.



### Zjištěné problémy:

- špatné rozmístění skladu s formami a přípravky
- zbytečně mnoho transportu forem

**Navržené řešení:** re-layout dílny.

- **Časový snímek vyhodnocení**

Časový snímek vyhodnocuje účastník v roli údržbáře. Určení možností ke zlepšení stávajícího stavu a potenciální úspora času spočívá pouze v porovnání hodnot automaticky vytvořených tabulek a grafů. Všechny grafy a tabulky jsou v příloze A pod názvy porovnávací tabulky, porovnávací grafy.

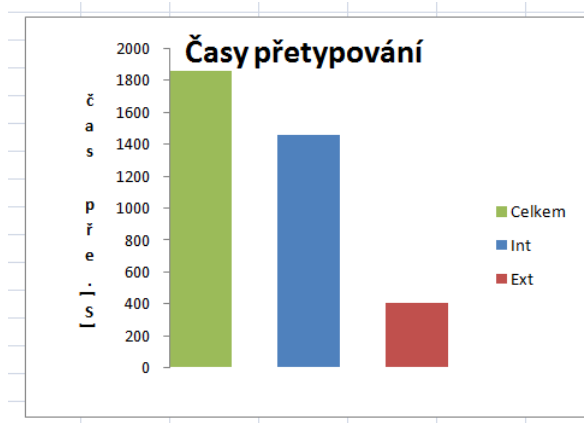
**Co tým porovnává.**

- **1 Krok SMED** vyčíslení porovnání interní /externí činnosti.
- Poměr typů činností (operace, transport, kontrola, čekání).
- Hodnocení stavu zda je normální nebo abnormální.
- Vyčíslení potenciálních úspor času. [7]

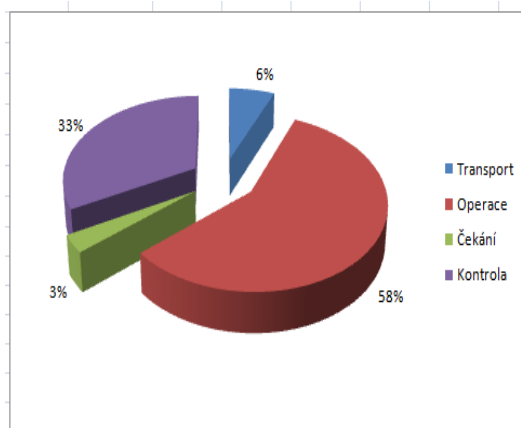
Tým na workshopu. Porovnal grafy, typů činností při přetypování a graf interní/externí činnosti. Moderátor dal na začátku simulace týmu postup přetypování, který dílna používá. Tento postup je zapsán v mnou vytvořeném formuláři, který je v příloze A pod názvem Starý postup přetypování. Takto lze ve hře simulovat chyby postupů, nejčastější chyby při přetypování (viz Teoretická část). Tyto chyby se projeví během sehrávky a jsou zapsány v časovém snímku. Vyhodnoceny jsou jako zjištěné problémy:

- **Dlouhý čas interních činností. Celkově dlouhý čas přetypování (viz Graf 3.3).**
- **Vysoké procento kontrolních činností a čekání (viz Graf 3.4).**
- **Nepořádek a chaos na pracovišti nasimulováno chybějícím měřidlem a nepořádkem v nářadí (abnormální stav).**
- **Potenciální úspora po zavedení SMED (viz Graf 3.5).**

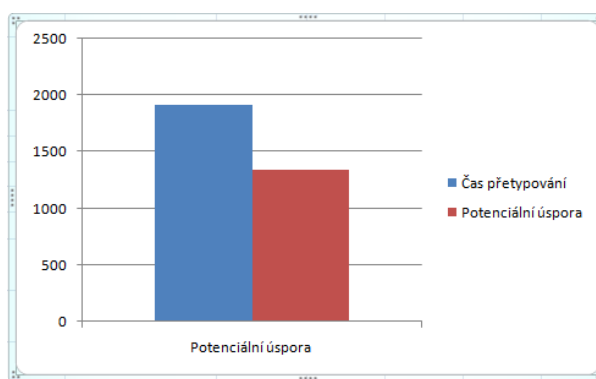




**Graf 3.3:** Čas přetypování před SMED.



**Graf 3.4:** Typy činností přetypování před SMED.



**Graf 3.5:** Potencionální úspory po SMED.





### 3.3.6 Fáze IV realizace SMED

V této části se navrhuje řešení zjištěných problémů. Je zde potřeba konstruktéry a technology, kteří budou navrhovat konstrukční úpravy upínání a nové technologické postupy při přetypování. Všechny problémy jsou přehledně zapsány do tabulky (viz **Tab. 3.6:** Výsledky analýz.). Formulář, který jsem vytvořil je v příloze A pod označením tabulka zjištěných problémů. Neustálým zápisem a tříděním dat je zajištěn systematický postup řešení podle SMED.

#### Úkol realizovat SMED pomocí analyzovaných dat.

Problémy zjištěné při analýze dat	
PA.	Čekání způsobené hledáním měřidel.
	Dlouhá trasa od stroje ke skladu forem
ŠP.	Špatné rozmístění skladů s formami a přípravky
ČS.	Vysoký počet interních činností a činností celkově
	Vysoké procento kontrolních činností při přetypování
	Nepořádek chaos na pracovišti (abnormální stav)

**Tab. 3.6:** Výsledky analýz.

#### Otázky, které si účastníci musí položit při zavádění SMED

Zde je soubor otázek, které si musí tým položit při realizaci SMED.

- Je činnost externí nebo interní?
- Interní činnost, jak ji zkrátíme nebo jak ji převedeme na externí?
- Externí činnost, jak ji zkrátíme nebo jak ji můžeme zcela vynechat?
- Je činnost správně odborně pojmenovaná? [7]

#### Návrhy nápravných opatření

Tým při hře stejně jako v praxi musí navrhnout nápravná opatření. Jako podklad pro systematické řešení jsem vytvořil tabulku (viz **Tab. 3.7**). Navržený formulář je v příloze A, do které tým zapíše dohodnuté návrhy řešení podle zásad pro zavádění SMED (viz teoretická část) a oblast zlepšení.

- Nápravná opatření navrhne během workshopu. Bez nich není možno dosáhnout uspokojivého výsledku.
- Sestaví tabulku nápravných opatření.



- Podle tabulky tým předkládá řešení jednotlivých bodů z tabulky.

Tým postupuje podle navržených bodů v tabulce.

Č.	Oblast zlepšení	Náprava	Poz.
1	přetypování	Nový postup	SMED
2	přípravky nářadí	Pořadače seznamy stanoviště	5S
3	Lis	Mazaní čištění lisu	TPM
4	Lis forma	Rychlo upínání	SMED
5	Forma	Montážní pozice součástí	POKAYOKE
6	Dílna layout	Re-layout dle návrhu	5S, SMED

**Tab. 3.7:** Nápravná opatření.

**Rozdělení činností na interní a externí.** Již v časovém snímku byly činnosti rozděleny na interní a externí. To je první krok zavedení SMED. Pro vizualizaci toho kroku je tabulka (viz **Tab. 3.8** Rozdělení časů činností na Interní/Externí), formulář je v příloze A. Graf pro porovnání se nachází v příloze A Excel Porovnávací grafy. Již formulář časový snímek před SMED rozděluje časy Int/Ext a tvoří graf.



1 krok SMED rozdělení na interní /externí čas					
Př.	Činnost	Čas čin.[S]	INT	EXT	Poz.
1	Chůze pro vozík	10			
2	Chůze s vozíkem k lisu	20			
20	Chůze s vozíkem do skladu f.	20			
21	Čištění formy	300			
22	Uložení formy	30			
23	Návrat na stanoviště vozíku	20			6
3	Demontáž upínek formy	120			
4	Naložení formy A na vozík	30			
5	Chůze s vozíkem do skladu f.	26			
6	Vykládka formy A	30			
7	Nakládka formy B	30			
8	Chůze s vozíkem k lisu	20			
9	Čištění stolu lisu	180			
10	Vykládka formy	30			
11	Montáž upínek	120			
12	Hledání měřidla	60			
13	Seřízení formy	120			
14	Výroba zkušebního kusu	180			
15	Korekce formy	120			
16	Výroba zkušebního kusu	180			
17	Doladění formy	60			
18	Výroba 1 dobrý kus	180			
19	Kontrola kusu	30			17
	<b>Celkem</b>	<b>1916</b>	<b>1516</b>	<b>400</b>	

Tab. 3.8 Rozdělení časů činností na Interní/Externí

### Bod 1. nový postup přetypování

Tým sestaví nový postup přetypování (drží se zásad z TČ. SMED). Pro tento bod jsem navrhl formulář s názvem nový postup přetypování. Příklad (Tab. 3.9). Formulář je v příloze A. Při návrzích se postupuje v souladu s krokem 2-3 SMED.

Nový postup přetypování SMED					
Př.	činnost	Nářadí přípravky	P.Prac	Int	Ext
1	Chůze pro vozík	vozík	1		E
2	Chůze pro formu B	vozík	1		E
3	Chůze k lisu s formou B	vozík	1		E
4	Odjištění formy A	palička	1	I	
5	Nakládka formy A, Čištění rámu a mazání lisu	Voz. Had.	2	I	
6	Uložení formy B do rámu lisu	Vozík	1	I	
7	Zajištění formy B	Palička	1	I	
8	Výroba 1 dobrého kusu	Lis	1	I	
9	Kontrola kusu	Měřidla	1	I	
10	Odvoz formy B	Vozík	1		E
11	Čištění formy A a kontrola hran	Hadr voz	1		E
12	Uložení formy A do boxu	vozík	1		E
13	Vrácení vozíku na stanoviště	vozík	1		E

Tab. 3.9: Nový postup přetypování lisu.



## Bod 2. přípravky náradí (5S)

V sehrávce byl nasimulován nepořádek v náradí. Pro řešení těchto situací je ve hře zvolena metoda 5S. Pro ni jsou určeny plastové pořadače a tabule, které jsem použil pro simulaci 5S. Účastníci tak mohou vytvářet boxy a tabule pouze s potřebným náradím pro přetypování. Hráči pořizují seznamy náradí v těchto boxech a tyto seznamy použijí v závěrečné fázi pro vizualizaci a standardizaci. Simulace nepořádku na dílně (viz **Obr. 3.14**) stav po 5S (viz **Obr. 3.14**: Stav náradí před 5S). Box s náradím přiřazený k formě (viz **Obr. 3.16**: Box vložený k formě.).



**Obr. 3.14:** Stav náradí před 5S



**Obr. 3.15:** Stav náradí po 5S.





Obr. 3.16: Box vložený k formě.

### Bod 3. Údržba strojů (TPM)

Do zadání implementovat možnost zavedení TPM. Toto je simulováno zvýšenými prostoji vlivem poruch. Moderátor na tuto skutečnost upozorní nasimulováním nečekané závady během sehrávky. Tým pak do postupu přetypování musí také zařadit vizuální kontrolu na opotřebení strojů, náradí, přípravků. Při TPM se operátoři podílí na údržbě. Proto jsou do hry zařazeny i průběžné kontroly hrany forem, čištění mazání lisů při probíhajícím přetypování. Do hry jsou pro tuto simulaci vloženy hadříky a imitace olejnic. Účastník v roli operátora tuto činnost simuluje při sehrávce. Moderátor po tom, co tým zavede TPM, již nesimuluje během sehrávky závady na strojích. Přínosy, které zavedení simuluje (viz Tab. 3.10).

Potencionální přínosy			
5S		TPM	
Eliminace hledání	Menší prostoje	Eliminace poruch	Nižší zmetkovitost

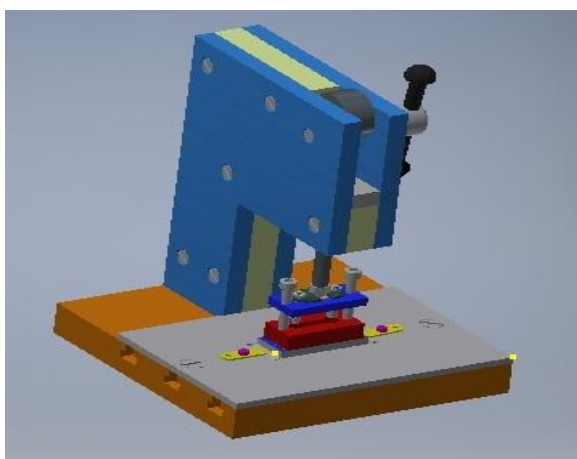
Tab. 3.10: Přínosy 5S.TPM.

### Bod 4. rychloupínání

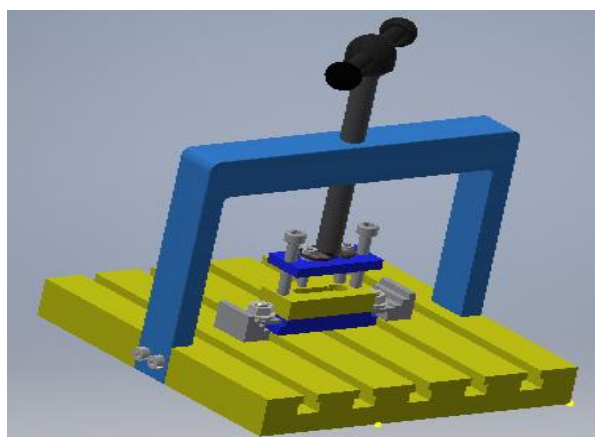
Konstrukční úpravy upínání (Best praktiky SMED) jsou do hry implementovány pomocí C podložek, přímého upínání forem, křídlových matic a rychloupínacího standardizovaného rámu pro oba typy strojů. Tento rám simuluje techniku upínání jedním pohybem a zároveň upínání bez nutnosti seřizovat. Tým k takovému řešení



dojde sám nebo ho naviguje moderátor (tyto praktiky jsou v TČ). Tento rám reaguje na výsledky analýzy struktury časů při přetypování, kde jeho nejvýznamnější složkou, která zkracuje délku přetypování, je čas kontroly/seřizování. Také je to praktika standardizace strojů. Standardizovaný upínací rám s upínáním jedním pohybem. Rám zajišťuje přesné ustavení formy bez nutnosti seřizování (viz **Obr. 3.17**: Nové upínání.) oproti starému upínání pomocí rychlo upínek (viz **Obr. 3.18**: Staré upínání.).



**Obr. 3.17:** Nové upínání.



**Obr. 3.18:** Staré upínání.

### **Bod 5. forma úprava (poka yoke)**

Tým má navrhnout řešení jak předcházet čekání způsobené chybou při sestavení formy. Protože, při sehrávce moderátor dal účastníkům úmyslně špatně složenou formu, prodloužil se čas přetypování čekáním na opravu sestavení formy. Formy, které byly



pro hru navrženy, mají některé díly symetrické. Při jejich skládání je lze neúmyslně otočit. Tím se stane forma nefunkční. Symetrie dílů do hry zavádí chybu při přetypování a to simulováním prostoje vlivem neúmyslné chyby a zároveň možnost pro metodu poka yoke. V praxi se to dělá úpravou konstrukce. Účastníci prozatím tuto úpravu forem simulují barevným odlišením pomocí fixů, které jsou do hry vloženy. Tyto úpravy forem v praxi navrhují konstruktéři a technologové. V budoucnu budou vyrobeny díly s různými typy závitů a průměrů čepů a tím bude simulace znemožnění udělat chybu realističtější.

### Bod 6. re-layout

Pro návrh nového layoutu je do hry vložen layout bez vybavení dílny. Realizaci tým provede pomocí plastových karet, které byly pro tento účel vyrobeny. Tyto karty simulují různé objekty na dílně a lze na ně napsat fixem popis toho, co představují. Tým podle návrhu udělá nový layout dílny, který pomůže ušetřit čas a přesune některé operace z interních do externích. Nový layout s předpokládanou úsporou (viz **Obr. 3.19**). Tabulka úspor po re-layoutu (viz **Tab. 3.11**: Úspora při transportu.)



Obr. 3.19: Re- layout dílny.

Původní layout	10[m]	20[m]	20[m]	10[m]
Nový layout	10[m]	10[m]	10[m]	10[m]
Úspora	0[m]	10[m]	10[m]	0[m]
Celková úspora trasy je 20[m]				

Tab. 3.11: Úspora při transportu.



### 3.3.7 Fáze V realizace nápravných opatření a ověření postupu

Tým všechna navržená schválená řešení musí uvést do praxe.

**Úkol realizovat všechny schválené úpravy a porovnat pomocí grafů výsledky před a po optimalizaci:**

- Provádí se pouze dohodnuté úpravy. Bez jejich realizace není možné získat kýžený výsledek.
- Tým rozdělí jednotlivá opatření mezi členy a ti jsou za realizaci odpovědní.
- Po realizaci změn je nutné ověření provedených opatření, znovu provedeme ČS a porovnáme s původním ČS, výsledky zobrazíme v grafech a tabulkách.
- Pokud výsledky splnily očekávání, zavedeme standardizaci a vizualizaci pro udržení stávajícího stavu.

#### **Katalog nápravných opatření**

Pro tento úkol jsem vytvořil formulář katalog opatření, kam tým zapíše, kdo je za jaké opatření ke zlepšení stávajícího stavu odpovědný a do kdy toto opatření má být realizováno (termín nápravy KT-kalendářní týden). Toto řešení odpovědnosti je převzato z praxe. V tabulce jsou návrhy změn, které mají být realizovány (viz **Tab. 3.12: Katalog opatření**). Katalog zajišťuje včasné dokončení úprav. Formulář je v příloze A.





Katalog opatření					
Č.	Oblast zlepšení	Náprava	Zodpovědný pracovník	Termín nápravy	Poz.
1	přetypování	Nový postup	Seřizovač inženýr	22KT	SMED
2	přípravky nářadí	Pořadače seznamy stanoviště	Seřizovač inženýr	14KT	5S
3	Lis	Mazaní čištění lisu	Operátor inženýr	10KT	TPM
4	Lis forma	Rychlo upínání	Inženýr	41KT	SMED
5	Forma	Montážní pozice součástí	inženýr	12KT	POKAYOKE
6	Dílna layout	Re-layout dle návrhu	Inženýr seřizovač operátor	10KT	SMED 5S

**Tab. 3.12:** Katalog opatření.

### Audit uskutečněných změn

Pro kontrolu, zda jsou změny uskutečněny, jsem navrhl tabulku a vytvořil formulář (viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). V tabulce jsou kontrolní otázky. Při všech kladných odpovědích je audit v pořádku. Tabulka je v příloze A.

Audit SMED		
Popis opatření	Ano	NE
Byly časy rozděleny INT./EXT.	x	
Bylo max. čin. INT. přesunuto na EXT.	x	
Byly INT. činnosti zkráceny/zrušeny	x	
Je lis při přetypování vyčištěn	x	
Je upínání formy navrženo 1 pohybem	x	
Je seřízení formy navrženo na poprvé	x	
Je navrženo nový re-layout	x	
Bylo navrženo TPM	x	
Bylo navrženo zavedení 5S	x	
Všechny odpovědi kladné audit je OK		

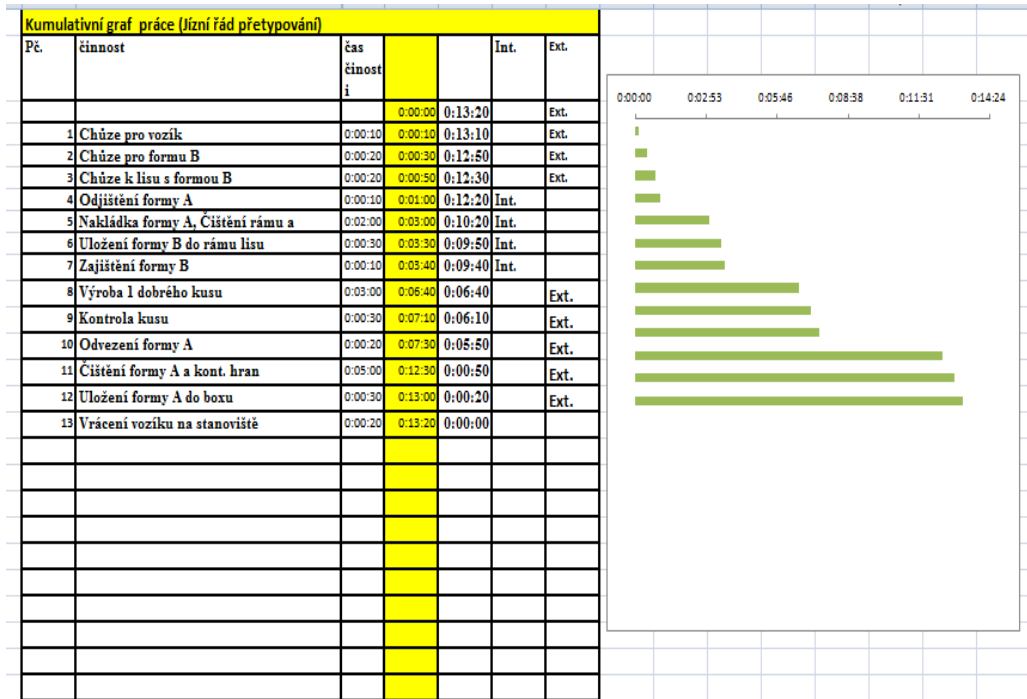
**Tab. 3.13:** Audit změn.

### Ověření navrhnutého postupu přetypování v praxi

Tým znovu uskuteční sehrávku po zavedení nápravných opatření. Vytvoří nový časový snímek, přitom se zároveň ověří:

- Navržené přípravky a nářadí v praxi.
- Časové a logické posloupnosti činností s pracovním postupem.
- Porovnání výsledků před a po SMED v grafech.
- Vytvoří jízdní řád přetypování (viz **Obr. 3.20:** Jízdní řád přetypování)

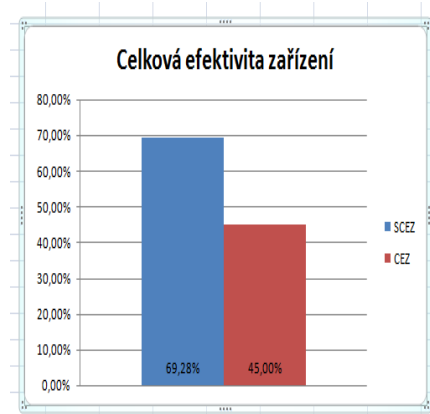




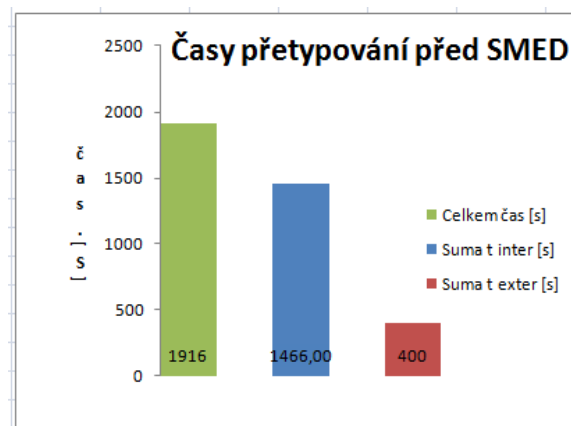
Obr. 3.20: Jízdní řád přetypování

Celý proces se vyhodnotí pomocí grafů, kde se porovnají výsledky před a po zavedení SMED. Spočítá se ukazatel CEZ a porovná se s původním ukazatelem. Pro tuto analýzu je vytvořen formulář s názvem časový snímek po SMED. Tým do něj při sehrávce zapisuje data. Formulář je příloze A. Pro vyhodnocení a porovnání výsledků je vytvořen v Excelu formulář s názvem porovnávací grafy, tabulky vyhodnocení. Zde jsou již výsledky automaticky zpracovány (viz **Graf 3.6**, **Graf 3.7**, **Graf 3.8**). Vše je automaticky zapsáno do tabulky ekonomické zhodnocení s konečnými výsledky (viz **Tab. 3.14**: Ekonomické zhodnocení.). Z Tabulky nového postupu přetypování a naměřených časů činností se sestaví jízdní řád přetypování, který později umístíme na vizualizační tabuli.

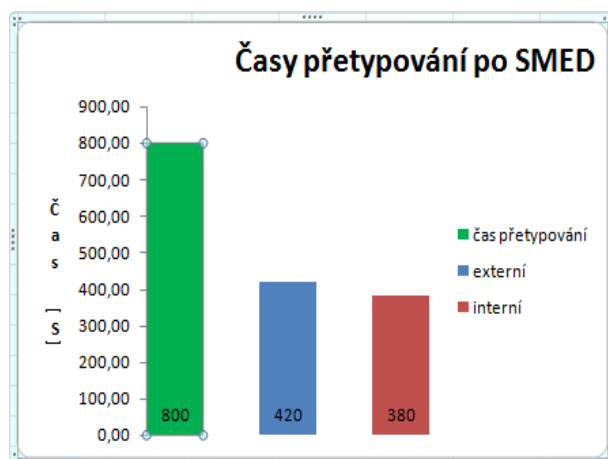




Graf 3.6: CEZ před a po SMED.



Graf 3.7: Čas přetypování před SMED.



Graf 3.8: Čas přetypování po SMED.



TUL	Int. č.	Ext. Č.	Σ Int.	Σ ext.	Čas. př.	Kon.Č.%	Σ činno.	CEZ
Před	1466	400	17	6	1916	36,01%	23	45%
Po	380	420	6	7	800	3,75%	13	69,70%
Úsp.%	74,08%	-5,00%	64,71%	-16,67%	58,25%	89,59%	43,48%	35,44%

**Tab. 3.14:** Ekonomické zhodnocení.

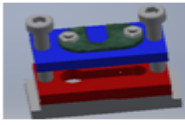
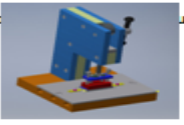

### Standardizace

U standardizace se jedná o přesný pracovní postup přetypování, který je zhotoven SMED týmem a poté je vizualizován. Může obsahovat také fotografie. Pro standardizaci je stručný formulář. Formulář by měl mít tyto náležitosti:

- **Hlavička:** pracoviště, název číslo produktu, čas přetypování.
- **Pracovní činnosti:** Název činnosti a popis pro přetypování a kontrolu, zodpovědnost za vykonání, popis podmínek a parametrů, četnost, kritické body v procesu a instrukce pro nápravu.
- **Vizuální podpora:** Fotografie z procesu, pro správné vykonání přetypování.
- **Přípravky a nástroje:** Seznam počet, umístění. [7]

Pro tuto poslední fázi hry je vytvořen formulář s názvem předpis na přetypování stroje. Tým pomocí tohoto formuláře vytvoří standardizovaný postup přetypování s fotografiemi postupu. Dále seznam a umístění náradí také s fotografiemi a definicí potencionálních rizik při přetypování (viz **Obr. 3.21:** Standardizace přetypování.). Tento formulář je také v příloze A.



Číslo předpisu	Pracoviště	Čas seřízení	Předpis na přetypování stroje		
<b>Popis pracovních činností</b>					
Název procesu	Vykonal/kdo	Má být	Pozor na	Co s tím?	
Výměna formy	Odjištění formy/seřizovač	Otočeno o 90°	Poškozený upínač	Vyměnit je v boxu	
	Výmubí formy/seřizovač	Jedním pohybem	Vřeteno lisu	Zatáhnout	
	Vyčištění lisu/obsluha	Bez maziiva a tisk	Trisky v upínači	Vyfoukat	
<b>Fotografie přetopování</b>					
Forma složená		Lisu upavnění formy		Box y s nářadím	
					
Přípravky a nářadí		Počet	Umístění		
Zdvihací vozík		1	Stanoviště vozíků		
Box s nástroji A		1	Sklad forem		
Box s náhradním mat. B		1	Sklad forem		
Palička hadr olej		1	Výdejna		
Vypracoval	Inženýr	Datum	XXXX	Popis	XXXX
Ověřil	Inženýr	Revize	Seřizovač	Počet stran	1/1

Obr. 3.21: Standardizace přetypování.

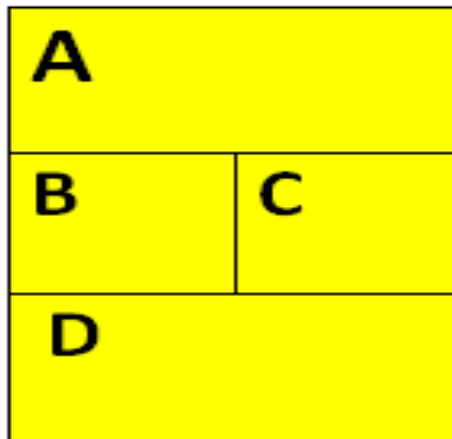
### Vizualizace na pracovišti

Vizualizace na pracovišti se provádí pomocí vizualizační tabule (viz Obr. 3.22). Tabule má daný obsah. **Obsah vizualizační tabule:**

- **A - katalog opatření**
- **B - pravidla organizace práce**
- **C - prioritní diagram činností (při složitém přetypování)**
- **D - pracovní postup přetypování**
- **E - jiné podle potřeby a charakteru procesu**

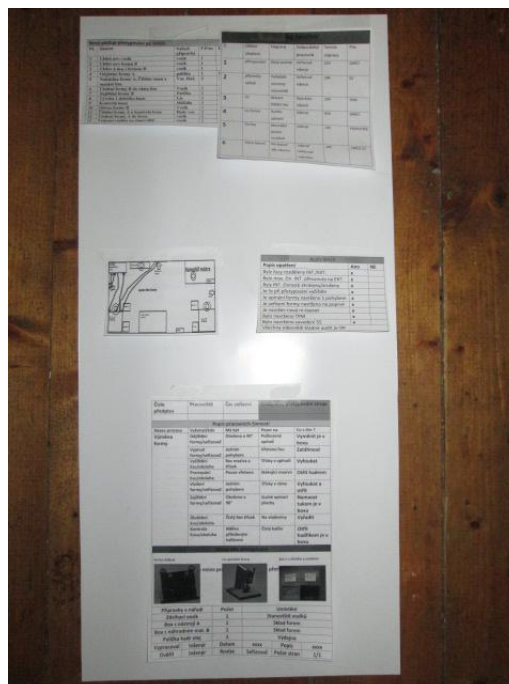
Pro simulování této tabule je do hry vložena folie, na kterou lze psát fixy a magnety pro přichycení formulářů apod. (viz Obr. 3.23).





**Obr. 3.22:** Vizualizační tabule rozvržení [7].

Tým vytvoří na konec vizualizační tabuli s předpisem přetypování a umístí na ni veškeré dokumenty, které vytvořil při standardizaci.



**Obr. 3.23:** Vizualizační tabule.

**Proč nepraktikovat výuku SMED přímo ve výrobě?**

**Výhody:**



- Jakékoliv zdržování výroby = plýtvání.
- Je téměř nemožné do skutečné dílny přivést účastníky kurzu bez zkušeností s obsluhou strojů a bez školení o bezpečnosti. Také prostor dílny není pro skupinu lidí uzpůsoben, hrozí různá rizika, dále problémy s přesunem skupiny apod.
- Všeobecný trend dnes hovoří jasně pro simulace, které vycházejí na zlomek ceny skutečného provozu, minimalizují rizika všeho druhu a praktické simulace na modelech mají vysokou přesnost.
- Pokud mají účastníci možnost osahání fyzického modelu, probouzí se v nich kreativní myšlení, získávají i představu o manuálních dovednostech operátorů, které jim později poslouží při návrzích výrobních procesů.
- Možnost rychle a levně realizovat i konstrukční změny.
- Levná výroba simulační hry oproti reálnému pracovišti.
- Hru můžeme kamkoliv přenést.

#### **Nevýhody:**

- Stroje jsou oproti skutečnosti jednoduché a chybí řada prvků.
- Nemožnost přímého měření vzdálenosti.
- Pouze fiktivní představa o skutečných rozměrech strojů, přípravků a forem.
- Fiktivní představa o hmotnosti.

Výhody jsou však v převaze, a tak vše hovoří ve prospěch simulačních her.

### **3.3.8 Shrnutí**

Cíle vytyčené v praktické části byly splněny. Byl vytvořen návrh lisů včetně CAD 3D modelů. Tyto 3D modely jsou v elektronické podobě v příloze C a **vybraných výkresu**, které jsou v příloze D. Veškeré použité formuláře, jsou v příloze A v elektronické podobě. Scénář hry byl také navržen. V době psaní této BP nebyly modely lisů ani forem ještě vyrobeny.

Při první sehrávce bude pořízen videosnímek, podle kterého se hra může upravit, aby vyhovovala co nejlépe potřebám účastníků i moderátora.





## 4 Závěr

Řešení bakalářské práce vycházelo ze zadání práce. Použité metody jsou popsány v teoretické části. Praktická část navazuje na teoretickou a odkazuje se na ni. Všechny zadané parametry byly splněny. Podmínka, aby hra byla vyráběna přímo katedrou výrobních systémů, byla rovněž splněna. Oproti konkurenčním výrobkům jsou modely strojů funkční, ne pouze statické, díky čemuž simulační hra dosahuje přesnějších výsledků simulace a působí realističtěji. Formuláře vytvořené pro hru jsou oproti konkurenci automaticky vyhodnocovány. To šetří čas a výsledky průběhu simulace lze sledovat průběžně. Hra nepřekročila výrobní cenu zadaných 5.000 Kč. Simulační hra tedy splnila všechna zadaná kritéria.

### **Další využití podpůrných prostředků**

Modely lisů lze využít pro další výuku metod průmyslového a inovačního inženýrství nebo pro sestavení modelu výrobní linky. Je zde prostor pro náměty dalších Bakalářských a Diplomových prací, zaměřených na jiné metody LEAN jako 5S, SIX SIGMA, MOST, MTM apod. Rovněž je možné použití jako názornou pomůcku pro výuku a ukázkou tváření materiálu. Formuláře lze využít ve výuce průmyslového inženýrství, pro výuku výrobních systémů a pro výuku v inovačních oborech. Ale i přímo v praxi.



## Použitá literatura

- [1] VIŠŇANSKÝ, Matúš, Jozef KRIŠŤAK a Marek KYSEĽ. *Analýza, meranie a normovanie práce*. 1. Žilina: Ipa Slovakia, Fraunhofer, 2010.
- [2] KORMANEC, Peter, Ján KOŠTURIÁK a Anna STRNÁTKOVÁ. *Lean Sigma*. 1. Žilina: Ipa Slovakia Fraunhofer, 2011.
- [3] BURIETA, Ján a kolektív. *Metoda 5S: Základy štíhleho podniku*. 1. Žilina: IPA Slovakia, 2013.
- [4] *Escare.cz* [online]. [cit. 2016-06-13]. Dostupné z: <http://escare.cz/>
- [5] BOLEDOVČ, Ľudovít a kolektív. *Totálne produktívna údržba-TPM*. 1. Žilina: IPA Slovakia, 2010.
- [6] BOLEDOVIČ, Ľudovít, Ján KOŠTURIÁK, Robert DEBNÁR, Jozef KRIŠŤAK a Anna STRNÁDKOVÁ. *Zlepšovanie procesov: Robme správne veci lepšie, rýchlejšie a lacnejšie*. 1. Žilina: IPA Slovakia, 2011.
- [7] KORMANEC, Peter, Ľudovít BOLEDOVIČ, Ján BURETA a Matúš VIŠŇANSKÝ. *SMED*. 1. Žilina: IPA Slovakia, 2008.
- [8] Svetproduktivity.cz: SMED. *Svetproduktivity.cz: SMED* [online]. [cit. 2016-06-15]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/SMED.htm>
- [9] MANLIG, František. Průmyslové Inženýrství: Projektování Výrobních Systémů pracovní texty2. In: *KVS.TUL.CZ* [online]. Liberec: Tul, 2008 [cit. 2016-06-15]. Dostupné z: <http://www.kvs.tul.cz/PI>
- [10] VAVRUŠKA, Jan. Úzká místa: Průmyslové inženýrství. In: *Kvs.tul.cz* [online]. Liberec: TUL, 2011 [cit. 2016-06-19]. Dostupné z: <http://www.kvs.tul.cz/PI>
- [11] BOLEDOVIČ, Ľudovít. *Tréning SMED*. 1. Žilina: Fraunhofer IPA Slovakia, 2007.
- [12] ING. PAVELKA, Marcel. *Studie inovace technologie*. 1. Slaný: API – Akadémie productivity a inováci, s.r.o., 2010.
- [13] IPA slovakia. *Ipaslovakia.sk* [online]. Žilina: Ipa Slovakia [cit. 2016-06-23]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/cz/ipa-slovník/poka-yoke>





- [14] VAVRUŠKA, Jan. SMED. In: *Kvs.tul.cz* [online]. Liberec: Tul, 2011 [cit. 2016-06-23]. Dostupné z: <http://www.kvs.tul.cz/PI>
- [15] *Svět produktivity: Slovník průmyslového inženýrství* [online]. Prostějov: Web servis s.r.o, 2012 [cit. 2016-06-23]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-P-I-list-all.htm>
- [16] KORMANEC, Peter, Anna STRNÁDKOVÁ, Ján BURIETA, Miroslava ŠTÍGELOVÁ a Ľudovít BOLEDOVÍČ. *Kvalita v praxi*. 1. Žilina: IPA Slovakia, 2008.

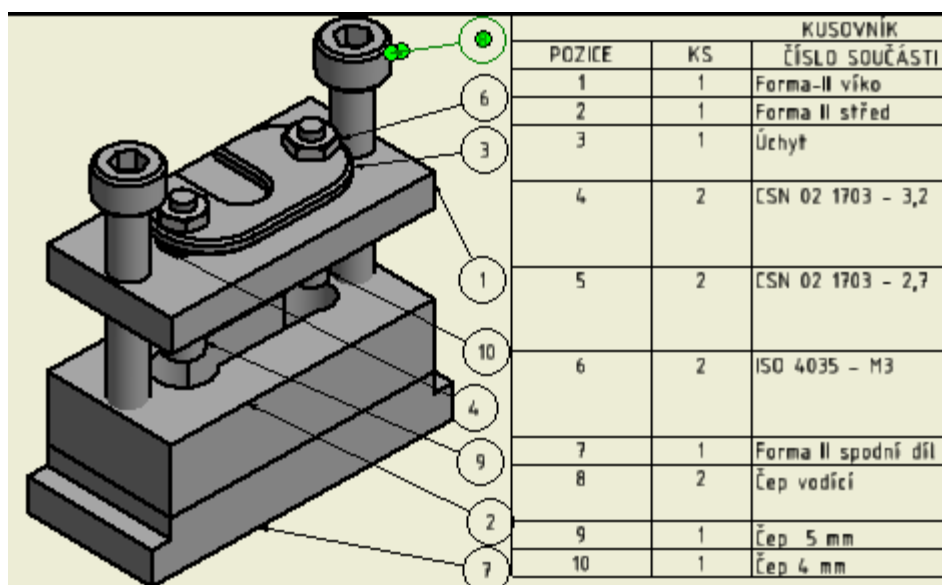


## Přílohy

### A Formuláře tabulky grafy

Vzhledem k rozsahu, je tato příloha v elektronické podobě na přiloženém CD.

### B Návod sestavení formy



**Obr. 4.1:** Forma výkres sestavy

1. Do víka formy (1) vlevo zašroubujeme čep (9) vpravo zašroubujeme čep (10), zavity čepů vystupující z víka (1) navlékneme po dvou kusech podložky (4) vždy po dvou kusech, úchyt (3) také navlékneme na závity čepů tak, aby drážka byla ve středu víka (1) a vše zajistíme maticemi (6).
2. Vodící čepy (8) vložíme do krajních otvorů víka (1). Na tyto čepy střed formy (2) tak aby větší čep (9) byl ve větším otvoru středu formy (2)

Do spodního dílu formy (7) zašroubujeme vodící čepy (8) včetně již namontovaných částí. Tím je forma zkompletovaná a můžeme ji usadit na lis

### C 3D modely strojů forem

Vzhledem k rozsahu, je tato příloha v elektronické podobě na přiloženém CD.

### D Vybrané výkresy součástí strojů a forem

Výkresy jsou přiloženy v deskách



## E Layout dílny.

Layout dílny je přiložen ve formátu A4 deskách.

