

Simulace montáže rozvaděčů při zavádění konceptu lean manufacturing

Šíroká Zuzana, Šunka Josef, Videcká Zdeňka, Bartošek Vladimír

Abstrakt

Studenti Fakulty podnikatelské v rámci výuky využívají Witness dvěma hlavními způsoby – jako tréninkový nástroj v mnoha předmětech a zároveň pro tvorbu modelů v oblasti strojírenské a elektrotechnické výroby. V oblasti modelování procesů jsou vytvářeny jednoduché modely procesů, které jsou studenti schopni v rámci semestru realizovat, přičemž studenti pomocí Witnessu ověřují vlastní realizaci projektu návrhu výrobního systému. Příspěvek je zaměřen na využití Witnessu pro modelování procesů jako preventivního nástroje při zavádění konceptu lean manufacturing ve výrobě rozvaděčů v malé firmě.

Klíčová slova: Výroba rozvaděčů, modelování, Witness

1. Úvod

Počítačová simulace má široké využití jako nástroj při manažerském rozhodování. Je možné ji použít při řešení celé řady projekčních, logistických, obchodních, výrobních, popř. personálních úloh jako výhodný nástroj na podporu rozhodování a možnost sledování změn a testování hypotéz bez rizika, bez nutnosti provádět zásahy do běžícího systému.

Jedná se o velmi užitečný nástroj, i když metoda dynamického modelování podnikatelských procesů není ještě příliš rozšířená. Všeobecně se uznává simulace a modelování procesů jako nástroj s velkou budoucností a vhodný aplikační prostředek na řešení problému.

Důvody doposud nižšího uplatňování hlavně v malých a středních podnicích jsou způsobené cenou softwaru, časovou náročností analýzy a vytváření modelu a neexistencí vlastních simulačních specialistů.

Jedním z možných řešení je spolupráce s třetí stranou - s poradenskou firmou specializující se na simulační projekty, nebo spolupráce s univerzitou, která může podobné projekty využít při zadávání diplomových prací. Je nutné poznamenat, že při této formě spolupráce je vhodné vzhledem k velikosti týmu a dostupnosti zúčastněných volit projekty menšího rozsahu, ale i tímto způsobem mohou vzniknout zajímavé a prakticky uplatnitelné modely a výsledky.

2. Cíl projektu

Cíl projektu je poněkud specifický a odpovídající způsobu řešení. Ve společnosti neexistoval přímý požadavek na simulační projekt. Jeho zahájení bylo vyvoláno preventivní snahou dosahovat zlepšení a nalézat kontinuálně úspory ve výrobě, v tomto případě možnost zlepšení vyvážení pracovišť a zlepšení plynulosti materiálové toku v souvislosti s probíhajícím projektem „Uplatňování konceptu lean manufacturing“ ve spolupráci s hlavním zákazníkem podniku a možnost nabídnout téma diplomové práce a využít spolupráce s VUT FP v Brně a tak se jako podnik podílet na edukačním procesu.

Cílem takto vznikající diplomové práce je optimalizovat výrobní proces s využitím simulačního programu k řešení dvou konkrétních problémů a nalezení jejich efektivního řešení se zřetelem na možné zkrácení průběžné doby výroby a lepšího využití stávajících pracovišť a jejich rozmístění. Výsledky by pak měly být formou návrhu prezentovány v podniku a posouzeny z hlediska vhodnosti využití v reálném podnikovém prostředí. Součástí návrhů by mělo být i na základě získaných údajů a poznatků zjistit přínosy těchto změn.

Pro tuto práci byl vybrán simulační program Witness, který má na trhu simulačního softwaru dlouhou tradici, dosahuje dobrých výsledků a je vhodný jako nástroj pro podporu při manažerském rozhodování. Vytvořený model a navržené změny mají být podkladem pro rozhodnutí odstraňující ztráty a vedoucí k uplatňování konceptu lean manufacturing.

3. Analýza současného stavu

3.1 Základní informace o firmě¹

Projekt a diplomová práce je zpracovávána ve firmě Eckelmann s.r.o. (Tvrdonice, Česká republika), která je členem skupiny ECKELMANN Gruppe (Wiesbaden, Německo). Mateřským podnikem je ECKELMANN AG, Německo. Skupina podniků Eckelmann se skládá z:

- *Ferrocontrol Steuerungssysteme GmbH & Co. KG (Herford, Německo)*
- *Eckelmann s.r.o. (Tvrdonice, Česká republika) a*
- *Eckelmann AG*

V roce 2008 dosáhly tržby skupiny: 50,0 mil. EUR a celkový počet zaměstnanců byl 365. V České republice se nacházející závod má t.č 23 zaměstnanců a je zaměřen na montáž rozvaděčů s řízením pro chladicí techniku.



Obrázek 1: Výrobní hala Tvrdonice

3.2 Popis výrobků

Eckelmann s.r.o. je specializovaný OEM dodavatel na výrobu a montáž řízení pro chladicí techniku. Společně s ECKELMANN AG vyvíjí a vyrábí komplexní řešení pro automatizaci chladicí techniky pro průmysl a potravinářství:

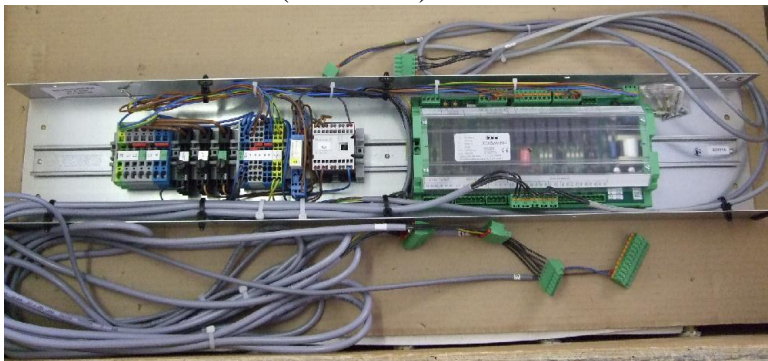
- řízení pro chladicí nábytek,
- sdružená řízení chladících jednotek a zařízení,
- řízení chlazení supermarketů, obslužné terminály,
- monitorování a řídicí SW,

Výrobky Eckelmann s.r.o je možné rozdělit do 3 skupin na výrobu:

- rozvodných desek
- rozvaděčů s řízením
- kabelů a kabelových svazků (kabelová konfekce)

¹ <http://www2.eckelmann.de/en/ueberuns.html>

Hlavní nosnou produktovou skupinu a skupinou s největším podílem na obratu je montáž rozvaděčů s řízením (viz Obr. 2).

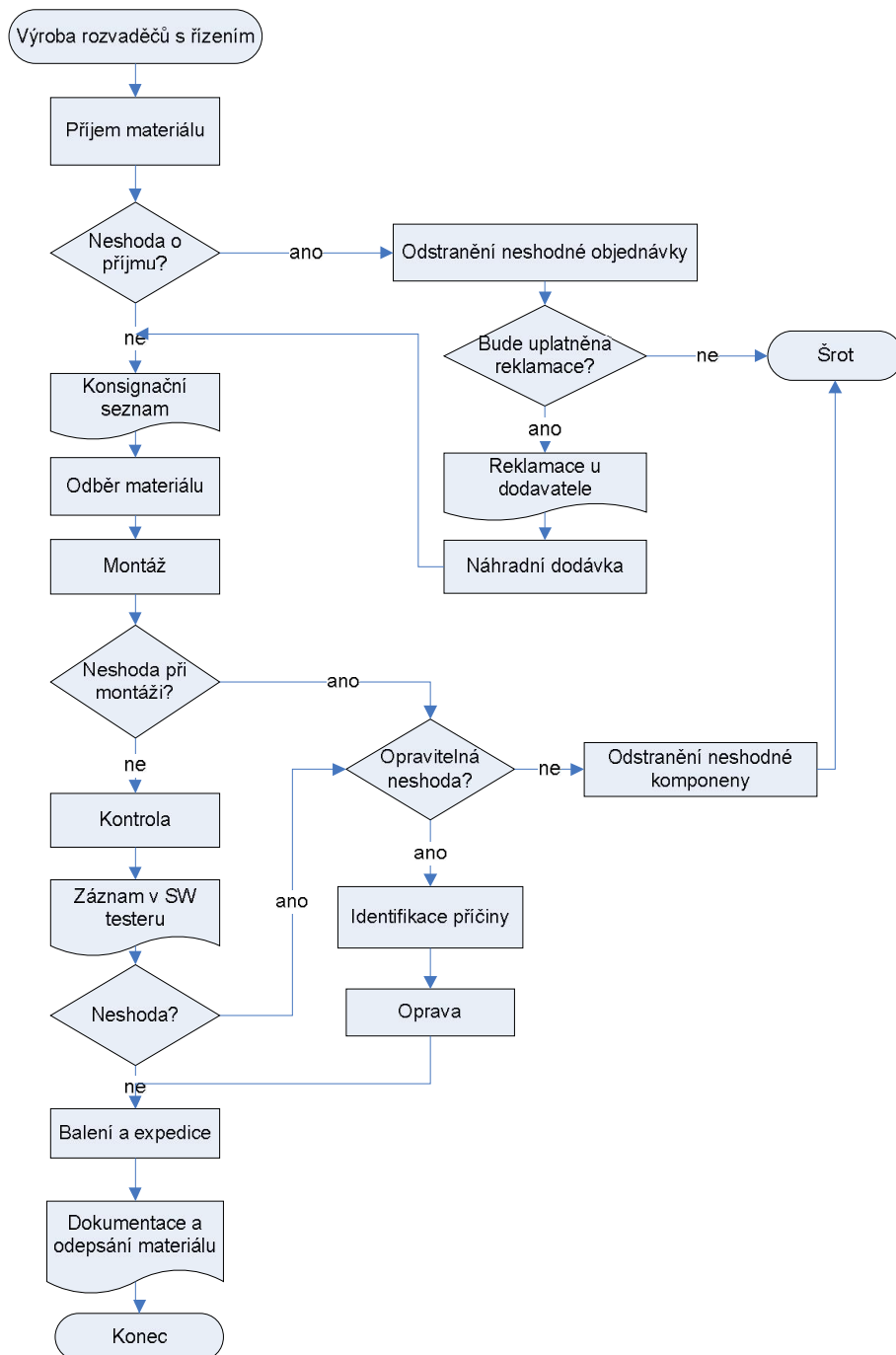


Obrázek 2: Příklad rozvaděče s řízením

3.3 Popis výroby

Průběh výroby rozvaděčů s řízením, včetně postupu v případě zjištění neshod, je v celkovém pohledu znázorněn na obr. 2. Výroba opět probíhá dle odvolávek zákazníka a materiál je odebírán na základě výrobního příkazu vystaveného řízením výroby. Všechny vyrobené rozvaděče s řízením podléhají elektrické výstupní kontrole na testeru. Všechny bezchybové rozvaděče s řízením jsou označeny štítkem, s uvedením data kontroly a jménem zaměstnance, který tuto kontrolu prováděl. Vyroběný rozvaděč je rovněž identifikován osobním razítkem jednotlivých pracovníků, kteří se na výrobě podíleli, nebo jejich podpisem na výrobním příkazu.

4. Postup projektu



Obrázek 3: Vývojový diagram výroby rozvaděčů s řízením

4. Postup projektu

4.1 Výběr výrobků pro simulaci.

Prvním krokem projektu bude z důvodu zjednodušení výběr výrobků, jejichž výroba bude simulována. Není možné provést analýzu u všech cca. 200 různých výrobků a to jak z kapacitních důvodů, tak i z prostého faktu, že ne všechny budou ve sledovaném období vyráběny. Pro selekci měly být vybrány výrobky pomocí Paretovy analýzy, tak že budou analyzovány a simulovány výrobky, které mají největší obrat. Paretova analýza byla provedena

na celém souboru výroby za rok 2009 a pro vstupní analýzu bylo vybráno 6 výrobků (viz tabulka 1) s největším obratem.

Obrat výrobků

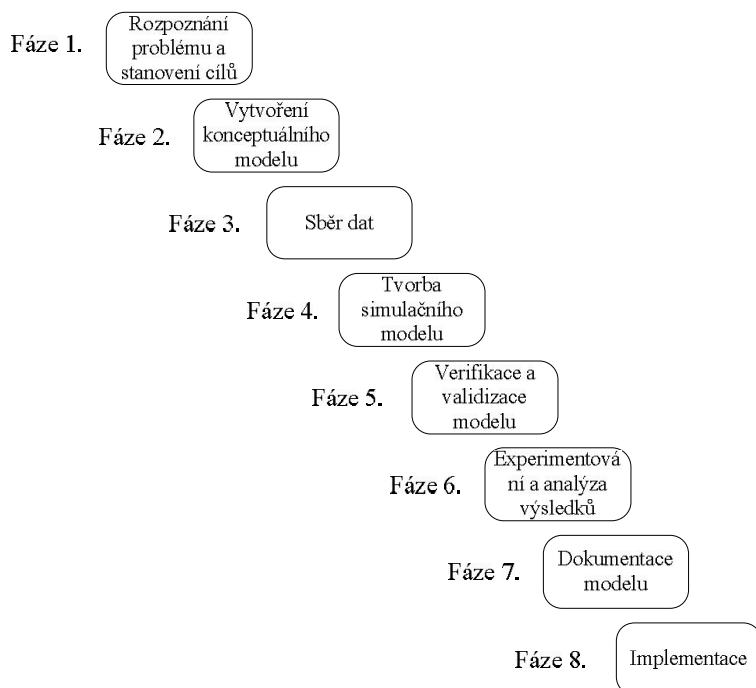
Číslo položky	Celkem	%	BEZ1
T80000777	2225	16%	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 1K/2K F. FREMDST.
T80000753	1117	8%	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC/UA121E 2K
T80000506	707	5%	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 2K
T80000508	634	4%	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 1K
T80000778	438	3%	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 1K FÜR FREMDST.
T80000504	360	3%	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 3K

Tabulka 1: Obrat jednotlivých výrobků

Během měření však byl jejich počet redukován na v tabulce vyznačené 3 typy výrobků (výrobek T80000777 tvoří 16% z celkového obratu, výrobek T80000753 8% a T80000504 tvoří 3%.) neboť další 3 nebyly v době, kdy měření probíhalo vyráběny a z kapacitních důvodů nebyla možná jejich výroba na sklad.

4.2 Postup modelování

Cílem simulačního projektu je zlepšení podnikových procesů a procházejí určitými fázemi. V rámci zpracování diplomové práce bude simulace procesů vypracována dle následujících fází:



Obrázek 2: Fáze při simulaci procesů

Původní odhadované časové nároky na projekt, byly čerpány z literatury a v teoretické rovině:

- příprava simulačního projektu – cca 2 h;
- sběr a vyhodnocování dat – cca 14 dní;
- tvorba simulačního modelu – cca 2 dny;
- experimentování a dokončení simulačního projektu – cca 2 dny.

Při samostatném zpracování došlo ke zkrácení sběru a vyhodnocování dat na nižší počet, neboť vypuštěním některých výrobků nebylo nutné provádět tolik měření a k mnohonásobnému prodloužení fáze tvorby simulačního modelu z důvodu seznamování se s softwarem. U expertů, jejichž denní náplní je práce na modelech je pochopitelně tato doba bližší teoretickému odhadu z literatury. V aktuálním okamžiku probíhá experimentování a dokončování simulačního projektu následujícími cíly:

- zlepšení materiálového toku ve firmě
- zjednodušit firmě rozhodování pomocí modelu ve Witnessu
- zjistit, kde má výroba úzké místo

tyto cíle byly pro účely zpracování a odevzdání diplomové práce po konzultaci s vedoucím závodu zjednodušeny na řešení a pozorování dvou základních otázek, je-li třeba změnit:

- **zkrácení průběžné doby výroby**
- **lepší využití stávajících pracovišť a jejich rozmístění**

5. Analýza výroby a fáze vytvoření konceptuálního modelu

V této fázi byl vytvořen konceptuální model, který se skládá ze tří komponent: simulační struktury a dat, procesní logiky a kontrolních dat. Jde o základní představu o modelovaném systému.

V této fázi bylo důležité:

1. *Vypracování celkového koncepčního modelu (symbolický nefunkční model)*
2. *Na základě tohoto koncepčního modelu začít realizaci simulovatelného modelu, tzn. počítačově zpracovat*
3. *Konzultace ohledně správnosti modelu*

Příprava dat a modelu je možná nejdůležitější aspekt počítačové simulace. Je dobré si model nejprve nakreslit a promyslet všechny vstupní data.

Výroba probíhá v následujících fázích:

1. Osazování lišt – montáž svorkovnice a propojení svorkovnice vodiči
2. Mezioperační sklad rozpracované výroby
3. Opracování plechu – případné nanýtování lišty na plech
4. Mezioperační sklad rozpracované výroby
5. Konečná montáž EZB – montáž řízení, případná montáž do plechových rozvodnic, montáž kabelů a kabelových svazků
6. Mezioperační sklad rozpracované výroby – výrobky před kontrolou
7. Elektronické testování skládající se ze tří fází, PE test HV test a test funkčnosti.
8. Mezioperační sklad rozpracované výroby - výrobky po kontrole před balením
9. Balení a konsignace na paletu
10. Skladování

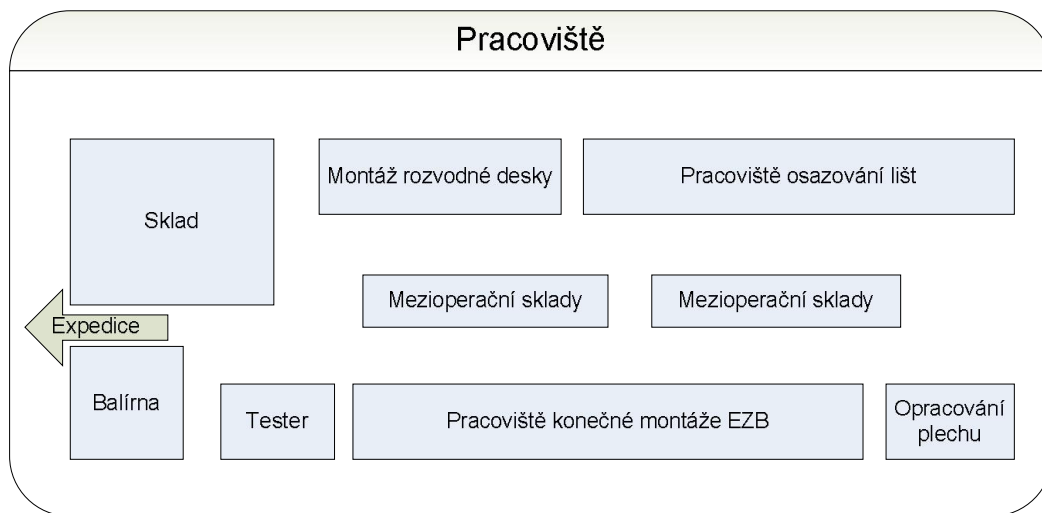
Pracovníci:

1. Osazování lišt - 2 až 3 pracovníci
2. Nýtování - 1 částečně využitý pracovník
3. Finální montáž - 4 pracovníci
4. Kontrola - 1 pracovník
5. Balení - 1 částečně využitý pracovník

Směny jsou 8 hodin 5x týdně.

Popis pracovišť

Pracoviště jsou umístěna tak, aby materiálový tok byl pokud možno co nejkratší.



Obrázek 3: Přehled pracovišť v hale výroby rozvaděčů s řízením a rozvodných desek

- 1. Pracoviště osazování lišt** – na tomto pracovišti pracují celkem 2-3 pracovníci. Na základě dokumentace o výrobku a seznamu potřebného materiálu si pracovník osazuje lištu. Potřebné komponenty jsou vychystávány skladníkem a dostupné na pracovišti. Následně jednotlivé komponenty propojí pomocí vodičů. Hotový výrobek společně s technickou dokumentací a výrobním příkazem míří do meziskladu RV, případně přímo na další pracoviště.
- 2. Pracoviště opracování plechu** – zde pracovník vezme plech a pomocí pistole lištu nanýtuje, není-li šroubovaná (provádí se pak v rámci konečné montáže) a znovu odkládá na rozpracovanou výrobu. Zde pracuje pracovník, který má volnou kapacitu, popř. skladník.
- 3. Konečná montáž EZB** – celkem 4 pracovníci. Podle dokumentace o výrobku si vyzvednou ze skladu na základě technické dokumentace a výrobního příkazu supermarketovým způsobem potřebný počet kabelů, kabelových svazků a plechových rozvodnic. Sklad i samotná výroba kabelů je umístěna v druhé hale. Na pracovišti konečné montáže EZB se dále vmontuje řízení a propojí kabelovými svazky.
- 4. Pracoviště testeru** – pomocí počítače pracovník testuje výrobek na odpor ochranného vodiče, provádí vysokonapěťový test a test funkčnosti. Otestovaný výrobek je označen datem testu a zkontrolován příbalovým letákem.
- 5. Rozpracovaná výroba** – rozpracovaná výroba je umístěna na mezioperačních skladech.
- 6. Výrobky před kontrolou** – tyto výrobky jsou taktéž uloženy na mezioperačních skladech.
- 7. Balírna** – balí se zde hotové výrobky podle konsignačního seznamu. V balírně pracuje určený pracovník, který v periodě odzkoušené díly vybaví dokumentací a zabalí. Po zbytek času provádí práci na jiných pracovištích
- 8. Sklad** – umístěn hned u východu, zboží dle konsignačního seznamu je umístěno přímo na paletu, zboží na expedici v dalších dnech je umístěno do skladu hotové výroby

4.3 Fáze sběru dat

Simulace je náročná na data. Ve fázi sběru dat potřebných pro simulaci byly doposud neexistující časy získávány měřením délky jednotlivých kroků. Zároveň je důležité dávat pozor, jak byla data získána a zda jsou věrohodné, protože je žádoucí, aby simulační model (viz obrázek 4) co nejvíce odpovídal realitě, a proto byly kvalifikovaným odhadem validovány a vzájemně porovnány. Výsledky měření nebudou v tomto příspěvku uvedeny, jednotlivé časy ale jsou použity v modelu.



Obrázek 4: Model výroby rozvaděčů

5. Závěr a zhodnocení

Během práce jako část projektu vznikl model, který relativně věrně umožňuje simulovat hlavní výrobní proces podniku. Zlepšilo se poznání probíhajících procesů v podniku a bylo umožněno vyzkoušet fungování různých variant průběhu procesu výroby. I přes snahu co nejdříve zachytit realitu, nebylo možné se vyhnout určitým zjednodušením a omezením modelovaného procesu. Jako přínos je možné pozorovat:

- *lepší poznání výroby prostřednictvím analýzy a tvorby modelu*
- *zlepšení podpory při rozhodování díky existenci modelu*
- *nově získané naměřené časy, které neexistovaly a tím*
- *vytvoření podkladu pro kontrolu kalkulace*
- *zjištění využití pracovníků a pracovišť*

První cíl se týkal zkrácení průběžné doby výroby, tudíž zvýšení počtu vyrobených kusů za stejnou dobu. První hypotéza se podařila pomocí simulace a jejím následným experimentováním splnit.

Druhý cíl se týkal lepšího využití stávajících pracovišť a jejich rozmístění. Lepší rozmístění pracovišť nebylo možné z důvodu omezení kapacity haly splnit, ale z pohledu výsledků na simulaci ani není bezpodmínečně vzhledem k existujícím omezením nutné. Firma má velký zájem na další spolupráci a rozšíření modelu. Jejím cílem je dále uplatňovat a rozvíjet faktory konceptu lean manufacturing.

6. Literatura

BANKS, J. et al. *Discrete-Event Simulation*. 5st Ed. Prentice Hall, 2009. 640 p. ISBN 978-0136062127.

ŘEPA, Václav. *Podnikové procesy. Procesní řízení a modelování*. 2.vyd. Praha : Grada, 2007. 281 s. ISBN 978-80-247-2252-8.

Uživatelský manuál Witness.