

VÝZNAM SYSTÉMŮ PRO PLÁNOVÁNÍ VÝROBY PŘI ZAVÁDĚNÍ ŠTÍHLÉ VÝROBY

Michal Medonos¹, Martina Žákovská²

¹ Fakulta podnikatelská, Vysoké učení technické v Brně, Kolejní, Brno 612 00, Česká republika

² Fakulta podnikatelská, Vysoké učení technické v Brně, Kolejní, Brno 612 00, Česká republika

e-mail: medonos7@gmail.com

e-mail: zakovska@fbm.vutbr.cz

Abstrakt *Výspělost procesu plánování a rozvrhování výroby významně ovlivňuje výši rozpracovanosti ve výrobě. To je jedna z oblastí, kterou se zabývá štihlá výroba. Způsob, jakým je výroba naplánována, určuje, jaké výrobní dávky budou procházet výrobním procesem, jaké bude kapacitní využití zdrojů, v jakém okamžiku se bude vychystávat materiál do výrobní zakázky i termín, kdy bude výroba ukončena. Všechny tyto dílčí aktivity spojuje výrobní zakázka a v každém okamžiku lze definovat tento stav výši rozpracovanosti výroby. Cílem výrobní společnosti je plnit požadavky zákazníka v termínu a tím vytvářet zisk a prostředky pro svůj rozvoj. Snahou společnosti je maximalizovat svoji efektivitu pomocí snižování výrobních nákladů, a to je hlavní filozofii štihlé výroby. V tomto článku poukážeme na provázanost mezi úrovní plánovacího systému a úrovní zavedení štihlé výroby.*

Klíčová slova štihlá výroba, plánování a rozvrhování, rozpracovanost, Littlův zákon

1. JAK NA ZAVÁDĚNÍ ŠTÍHLÉ VÝROBY

Zavedení štihlé výroby v podniku je strategické rozhodnutí managementu dané firmy. Ten toto rozhodnutí dělá na základě určitých očekávání od této změny. Tato očekávání vychází z definice štihlé výroby. Podle autorů Shah a Ward [1] je štihlá výroba integrovaný sociálně-technický systém, kde hlavním cílem je eliminace plýtvání pomocí redukce a minimalizace dodavatelské, zákaznické a interní variability. Podobně popisuje Liker [2] štihlou výrobu jako eliminaci plýtvání. Womack s kolektivem [3] píše, že štihlá výroba je strategie nebo filosofie, která podněcuje využívání nástrojů jako je kanban, total quality management a just-in-time k minimalizaci plýtvání a zvýšení výkonnosti firmy. Hofer s kolektivem [4] dodává, že štihlá výroba je výrobní strategie, která usiluje o minimalizaci plýtvání, čímž zvyšuje efektivitu. Z těchto definic vyplývá, že štihlá výroba je především o eliminaci neefektivnosti v podniku a tím zvyšování výkonnosti firmy. V tomto se většina autorů shodně.

Rozdílné názory ale panují v přístupu, jak by mělo dojít k eliminaci plýtvání. Spousta autorů i manažerů z praxe vychází ze vzoru Toyoty a z obsahu jejího výrobního systému. Tito autoři jako například Womack [3] ve své definici proklamují využívání nástrojů, které jsou typické pro Toyotu. Liker [2] popisuje implementaci štihlé výroby ve čtyřech základních oblastech, na které se musí management během tohoto procesu zaměřit. Vytvořil takzvaný 4P model, který obsahuje tyto oblasti: filosofie (philosophy), proces (process), lidé a partneři (people and partners) a řešení problému (problem-solving) Liker, [4]. Většina autorů se ale omezuje pouze na popis dobře fungujících systémů se zavedenou štihlou výrobou, a jak se tyto systémy projevují navenek. V těchto popisech pak ale chybí logika schovaná za obecným fungováním výrobních systémů a z ní vyplývající potřebné změny v systému a přístup k zavádění těchto změn. Také často tyto metodiky vycházejí z konkrétní firmy nebo typu firem a nedokáží zohlednit odlišnosti jiných firem a jejich výrobních systémů. Jinak řečeno, co funguje v jedné firmě, nemusí fungovat nebo přinést

takové efekty u druhé firmy. Autoři Tuček a Dlabáč [5] říkají, že nelze zkopírovat výrobní systém "jedna ku jedné" a pak se podívat nad jeho neúspěšnou aplikací a nefunkčností.

Pochopení této logiky je velmi důležité pro úspěšnou implementaci štihlé výroby a pro porozumění, proč úspěšné firmy zavedly určité konkrétní opatření nebo nástroj ve svém výrobním systému. Hledáním této logiky se zabývali autoři Hopp a Spearman ve knize Factory Physics [6]. Tito autoři popisují, že každý výrobní systém obsahuje variabilitu, která se dělí na externí, zapříčiněnou vnějšími faktory mimo firmu, a interní, která je způsobena procesy uvnitř firmy. Aby výrobní systém obsahující variabilitu, kdy v každém výrobním systému se vyskytuje větší či menší množství variability, mohl fungovat, je tato variabilita pokryta určitými zásobníky (buffers). Každý zásobník představuje neefektivitu systému, protože konzumuje pracovní kapitál, aniž by generoval přidanou hodnotu.

Zavádění štihlé výroby je pak o eliminaci nebo redukci těchto zásobníků, ke které může dojít ve chvíli, kdy se podaří eliminovat nebo minimalizovat variabilitu vytvářející potřebu tohoto zásobníku. Ke snižování variability pak mohou složit jednotlivé nástroje běžně spojované se štihlou výrobou jako je systém tahu, kanban, just-in-time, totálně produktivní údržba a mnoho dalších. Na druhou stranu se ale může podařit firmě snížit variabilitu i bez těchto nástrojů a i tak budeme mluvit o štihlé výrobě. Proto by zavádění štihlé výroby nemělo být spojováno pouze se zaváděním specifických nástrojů, ale s obecným snižováním variability. Protože i sebelepší výrobní systém obsahuje nějakou formu variability, tak se jedná o nikdy nekončící proces často nazývaný kontinuální zlepšování.

2. SNIŽOVÁNÍ ROZPRACOVANÉ VÝROBY POMOCÍ PRINCIPŮ Z TEORIE FRONT

Výše jsme uvedli, že hlavním úkolem při zavádění štihlé výroby by měla být redukce nežádoucích zásobníků uvnitř výrobního systému. Tyto zásobníky mohou mít různou podobu. Například Hopp a Spearman [6] dělí zásobníky do 3 kategorií:

1. Skladový zásobník
2. Časový zásobník
3. Kapacitní zásobník

Skladový zásobník se vyznačuje nadměrnou tvorbou zásob v různých fázích materiálového toku. Jedná se o jeden z nejběžnějších a největších zásobníků ve výrobních systémech. Časový zásobník představuje časovou rezervu vytvořenou výrobou produkce dříve než je požadována zákazníkem. Poslední forma kapacitního zásobníku je nejsložitější forma, která se tvoří tak, že se cíleně udržuje nadbytečná výrobní kapacita, která může být kdykoliv využita, a proto není potřeba vytvářet ani skladové ani časové zásobníky.

Jak jsme uvedli výše, skladový zásobník je nejrozšířenější formou. U výrobních firem je reprezentován rozpracovanou výrobou v širším pojetí, tedy i se zásobami na skladech a to jak materiálu, tak polotovarů a hotových výrobků. Rozpracovaná výroba pokrývá spoustu různých variabilit. Z interních variabilit jde především o výpadky strojů nebo lidí, kvalitativní výpadky, nevyváženost taktů jednotlivých strojů a další. Z externích variabilit to jsou pak například změny požadavků zákazníků, výpadky dodávek materiálu od dodavatele a další. Je vidět že variabilit je velké množství a proto je tento zásobník většinou opravdu velký a obsahuje velké množství vázaného kapitálu.

Rozpracovaná výroba také představuje velký potenciál k zefektivnění firmy. Proto by to měla být jedna z prvních oblastí, na kterou by se měla firma při zavádění štihlé výroby zaměřit. Protože pokrývá velký rozsah různých variabilit, nemusí být na první pohled jasná, která variabilita generuje největší potřebu rozpracované výroby a tedy, na kterou je nejvýhodnější se zaměřit z pohledu velikosti výsledného efektu. Proto doporučujeme nejdříve začít snižovat rozpracovanou výrobu a ve chvíli, kdy dojde k dysfunkcím ve výrobním systému, začít analyzovat kořenové příčiny těchto dysfunkcí. Těmi bude

pravděpodobně určitá forma variability nebo jiné neefektivity. V tuto chvíli je potřeba použít vhodné metody a nástroje pro eliminaci nebo redukci těchto neefektivit. Posléze můžeme pokračovat ve snižování rozpracované výroby. Tento cyklus nazývaný kontinuální zlepšování je schématicky vidět na Obrázku 2.



Obrázek 2: Schéma kontinuálního zlepšování. Zdroj: Vlastní práce

Při snižování rozpracované výroby je dobré využít závislosti mezi velikostí rozpracované výroby a dobou výroby, kterou uvádí autoři Hopp a Spearman [6]:

$$WIP = TH \times CT \quad (1)$$

Tento vzorec (1), kde WIP (Work In Process) je velikost rozpracované výroby na daném výrobním toku, TH (Throughput) je objem propustnosti výrobního toku za časovou jednotku a CT (Cycle time) je doba výroby, ukazuje přímou úměru mezi velikostí rozpracované výroby a dobou výroby. Tento vzorec se nazývá Littlův zákon podle autora John D.C. Little, který v roce 1961 popsal a dokázal vztah přímé úměrnosti mezi třemi základními veličinami z teorie front. Protože výrobní systémy jsou speciálním případem systému hromadné obsluhy, tak na ně platí tento upravený vztah v podobě Littlova zákona.

Tento vztah nám tedy říká, že platí přímá úměra mezi velikostí rozpracované výroby a dobou výroby. Proto pokud chceme snížit rozpracovanou výrobu, měli bychom se zaměřit na dobu výroby. Doba výroby výrazně ovlivňuje velikost dávky, která putuje mezi jednotlivými pracovišti a je většinou řízena systémem plánování ve firmě. Celý systém plánování ve firmě dokáže výrazně ovlivnit jak pozitivně tak negativně výši rozpracované výroby. Správně nastavený systém plánování výroby může velkou měrou podpořit rychlost a úspěšnost zavedení štíhlé výroby. Je proto důležité na něj nezapomínat a hned od začátku se jím zabývat při zavádění štíhlé výroby.

3. VÝVOJ SYSTÉMU PRO PLÁNOVÁNÍ VÝROBY A JEJICH SCHOPNOST ŘÍDIT ROZPRACOVANOST VÝROBY

V 60. letech 20. století bylo hlavní konkurenční strategií snižování nákladů. Výrobní strategie společností spočívala ve velkosériové výrobě, minimalizaci výrobních nákladů a předpokládaly se stabilní hospodářské podmínky. Systém objednávání materiálu využívající bodu objednání (z angl. reorder-point system = ROP) plně vyhovoval jejich tehdejší potřebám [7]. Systém poprvé detailněji popsal Wilson [8], který také zavedl dodnes používaný pojem “safety stock” neboli pojistná zásoba. První takto sestavené

výrobní plány měly za následek objednávání materiálu na sklad a tím zvyšování skladových zásob a rozpracovanost v produkčním procesu. Počet nedostatků postupně narostl, princip plánování způsoboval výpadky výroby, ztráty produktivity a nízkou schopnost plnění dodávek zákazníkům [9].

Na začátku 60. let byly vysloveny první domněnky, že teoretické předpoklady podložené systémem ROP nejsou dostatečné pro kvalitní řízení toku materiálu [9]. První důležité kroky ve vývoji nového systému podnikl Joseph Orlicky, který od roku 1960 studoval výrobní program společnosti Toyota a jako první kompletně a detailně popsal logiku fungování MRP (z angl. material requirement planning) systému [10]. Ten byl poprvé představen v 70. letech 20. století v USA. V polovině 70. let bylo odhadováno, že systém MRP je využíván přibližně u 700 výrobních společností v USA [11].

V typickém výrobním prostředí určuje hlavní rozvrh výroby množství hotového produktu požadovaného v každém jednotlivém plánovacím období. Společnost ale potřebuje také soubor informací o surovinách, nižších podsestavách a komponentech, ze kterých je finální výrobek složen. MRP generuje výrobní a nákupní objednávky pro komponenty i na nižších úrovních. Využívá k tomu informace o skladech zásob a kusovnících [12]. MRP vhodně řeší informace o potřebě materiálu a skladových zásobách, ale nezabýval se dalším důležitým výrobním zdrojem - výrobními kapacitami [9].

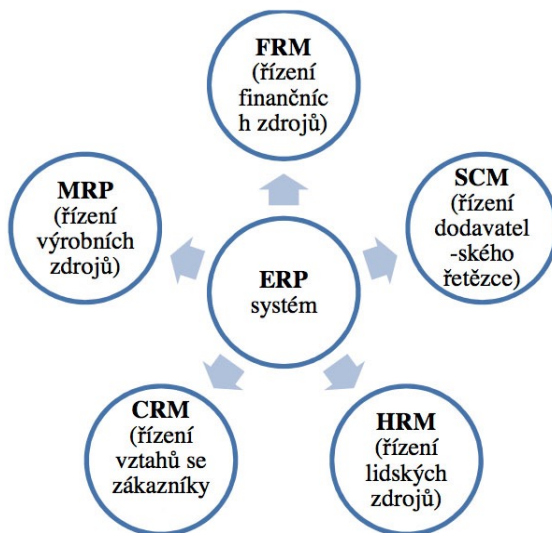
MRP se postupně rozšiřoval o další funkce pro řízení společnosti pro plánování, správu a řízení všech výrobních zdrojů. Tato změna byla v původním konceptu natolik zásadní, že Wight [13] zavedl pojem MRP II, který označoval Manufacturing Resource Planning [12]. Při tvorbě výrobního plánu bral systém v potaz materiálové požadavky, průběžnou dobu výroby a kapacitní potřebu zdrojů pro realizaci zakázky vzhledem ke stanovenému termínu zahájení a dokončení výroby. Systém rozplánoval výrobu zakázky na výrobní zdroje podle dopředné nebo zpětné logiky plánování [14].

Produkční společnosti se mohly vyhnout kapacitním problémům při častých změnách plánu tím, že si udržovaly vysoké zásoby rozpracovaných polotovarů nebo surového materiálu a nadměrné kapacity. Tlak na snižování nákladů je ale nutil snižovat i skladové zásoby a investice do kapacitních zdrojů. To vedlo ke kapacitnímu přetížení, vznikaly měnící se úzká místa výroby, nekontrolovatelná délka průběžné doby výroby. Tradiční systém založený na principu MRP II nebyl schopný tyto problémy řešit [15].

V 90. letech 20. století byl koncept MRP II rozšiřován o další funkce jako výroba, marketing, finance, nákup až do vzniku ERP, kdy tento termín poprvé použila společnost Gartner Group of Stamford, Connecticut, USA. Tímto započala nová éra podnikových informačních systémů [12]. Jacobs [7] definoval ERP systémy jako systémový rámec pro organizování, definování a standardizaci podnikových procesů nezbytných pro efektivní plánování a řízení organizace, takže organizace mohly využívat své vnitřní znalosti, aby usilovaly o větší výhodu [12]. Oblast plánování a řízení výrobních zdrojů tvoří jednu z činností systému ERP (obrázek 2).

Koncept MRP II je založený na fixovaných termínech dodání výroby do expedice. Ve skutečnosti tento termín ovlivňuje mnoho faktorů, např. dostupnost materiálu, dostupnost náradí nebo pracovní vytížení pracovišť. MRP II také ignoruje kapacitní omezení a přenechává kapacitní problémy plánovačům [15]. Na konci 90. let vyšlo najevo, že ERP systém není dostatečný nástroj pro pokrytí všech požadavků, ať už se jednalo o různorodost materiálů a výrobních kapacit, schopnost plnit zákaznické požadavky a zkracování dodacích lhůt [16]. Tím se zabývají systémy pokročilého plánování a rozvrhování výroby APS představující vysoce moderní metody, které využívají informační technologie pro simulace, optimalizaci, zefektivnění výroby a logistiky. Systém APS je schopen spojit různorodost výrobního procesu, zapláňovat různé scénáře a vzít v potaz velké množství omezení [17]. Používají k tomu „what-if“ simulace variantních plánů, na základě nichž je možné hodnotit dopady provedených změn, jako např. upřesnění času zapláňování zakázky, změny množství

nebo zrušení zakázky, přesun technologických operací použitím alternativních postupů, zvýšení nebo snížení kapacity kritických pracovišť [18, 19].



Obrázek 2 Struktura ERP systému. Zdroj: Chen [12], vlastní zpracování.

4. JAK MODERNÍ SYSTÉMY PRO PLÁNOVÁNÍ VÝROBY POMÁHAJÍ REDUKOVAT ROZPRACOVANOST VÝROBY A TÍM POMOCI ZAVEDENÍ FILOZOFIE ŠTÍHLÉ VÝROBY?

Systémy pro plánování výroby prošly vývojem od jednoduchých konceptů pro organizaci objednávek materiálu pro výrobu až po komplexní a složité systémy zahrnující kromě plánování i informace o dalších podnikových útvarech.

Na vrcholu vývoje systémů pro plánování stojí v současnosti systémy APS. Výhodou APS, oproti technologiím MRP II, je, že zohlední všechny požadavky na výrobu a současně zohlední materiálové a kapacitní omezení, což znamená, že při plánování zvažuje dostupnost kapacit v čase. Tím se stává vzniklý plán realističtější a proveditelný, ve výrobě nevznikají nadbytečné zásoby a podnik je schopen reálně navrhovat a následně i plnit termíny dané zákazníkovi [20].

Všechny výpočty provádí APS v těsné vazbě na informační systém podniku, tzn. APS neuchovává žádné informace a data podniku, ale provádí výpočty nad datovou základnou v IS a vzniklý plán importuje zpět do informačního systému [16]. Tento způsob výpočtu plánu a přenosu dat tvoří další devizu APS systému, kterou je rychlost zaplánování [20]. Pracovník zodpovědný za tvorbu plánu je schopen plán kdykoli přepočítat a zjistit, jaký vliv na celkový výrobní plán bude mít nově zadaná objednávka, změna termínu nebo množství na stávající objednávce nebo náhlá nedostupnost materiálu.

Kromě obecných požadavků na zaplánování zakázky je možné řídit průběžnou dobu výroby a rozpracovanost výroby pomocí výběru alternativních pracovišť, změny směnnosti nebo změny ve velikosti výrobních dávek. Snížení velikosti výrobní dávky na polovinu úměrně sníží dobu zpracování dané výrobní dávky a umožní dynamičtější přesun na další pracoviště. V případě efektivního plánování výroby je každé takové pracoviště

zásobeno materiálem a nářadím a může začít se zpracováním v daném termínu. Díky poloviční výrobní dávce se logicky zkrátí průběh celé zakázky na polovinu.

Podle Goldratta [21] je důležité rozlišovat mezi úzkými a neúzkými místy ve výrobě. Jakákoli činnost, která probíhá na neúzkém místě nemá vliv na prodloužení celkové průběžné doby zakázky. Pouze operace prováděné na úzkém místě a činnosti spojené s jeho obsluhou (např. seřizování) má vliv na délku průběžné doby. Současně však Goldratt [21] zdůrazňuje schopnost úzkých míst vznikat na nových místech. Výrobní proces je tak třeba neustále pozorovat a analyzovat.

Z výše uvedeného vyplývá, že je potřeba svoji pozornost zaměřit na úzká místa, aby na nich výrobní dávka strávila jen čas nutný pro zpracování. Pracoviště musí být včas zásobeno materiálem i nářadím, aby mohlo zahájit výrobní operaci. Tím se dostáváme zpět k systémům APS, které na úzká místa dokáže upozornit a zobrazit procento jejich vytížení. Rozhodnutím manažera plánování je posléze tento problém efektivně řešit dodáním dalších kapacitních jednotek, zvýšením směnnosti nebo snahou o nalezení alternativního řešení (např. alternativní technologické postupy, využití outsourcingu).

5. DISKUZE

Produkční systémy jsou složitou formou systémů hromadné obsluhy. Platí pro ně stejná pravidla a zákonitosti, ale jejich optimalizace je vzhledem ke složitosti a komplexnosti velmi obtížná. Zavádění štihlé výroby je o optimalizaci těchto systémů. Aby optimalizace mohla být úspěšná je potřeba znát logiku a zákonitosti ovlivňující způsob fungování těchto systémů. Pokud je firma pochopí, bude pak mít snadnější úlohu při zavádění štihlé výroby. Bude moci vhodně vybírat nástroje, které budou nejlépe zefektivňovat konkrétní produkční systém, protože bude vědět, na které části systému působí a jakým způsobem je ovlivňují.

Optimalizace v systémech hromadné obsluhy je o řízení front pomocí nastavování parametrů daného systému. Tuto úlohu v případě reálných produkčních systémů zastává proces plánování. Plánování má za úkol posbírat velké množství dat o aktuálním stavu systému, včetně požadavků zákazníků a tato data musí zpracovat a nastavit (naplánovat) systém co možná nejefektivněji a tak aby maximálně uspokojil požadavky zákazníků. Při složitosti produkčních systémů toto není vůbec jednoduchým úkolem. Historicky když konkurence byla malá, požadavky zákazníků nízké a trh byl řízen nabídkou, tak tlak na efektivitu nebyl tak velký. Proto se firmy spokojily s jednoduchými a nepřesnými plánovacími systémy. Tyto systémy generovaly spousty neefektivity. Postupně ale požadavky zákazníků rostly, trhy se staly globálními a tlak na efektivitu začal výrazně stoupat. To vedlo k vytváření stále sofistikovanějších a dokonalejších plánovacích systémů, které postupně dokázaly svojí lepší funkčností neefektivity odstraňovat.

Vzhledem ke složitosti produkčních systémů a zároveň vysokých požadavků zákazníků a tudíž extrémního tlaku na efektivitu, se v dnešní době většina firem neobejde bez počítačové podpory plánovacího procesu. Nejkomplexněji a nejdokonaleji v dnešní době dokáží plánovat systémy APS. Je ale potřeba myslet na to, že ne vždy a ne pro každého jsou vhodné. Vzhledem k funkčnosti a požadovaným výsledkům kladou tyto systémy velké požadavky na objem, přesnost a aktuálnost vstupních dat. Také vyžadují velký výpočetní výkon a správnou práci s jejich výstupy. Bez splnění všech těchto požadavků je systém APS nefunkční a může naopak ublížit firmě.

Pokud se firma rozhodne zavést štihlou výrobu, měla by hned na počátku provést analýzu svého plánovacího procesu. Ten by měla kriticky zhodnotit k současnému stavu výrobního procesu a zvážit jak nejvhodněji a v jaké formě by plánovací proces mohl podpořit zavádění štihlé výroby hlavně s důrazem na rozpracovanou výrobu. Změny v tomto procesu mohou samy o sobě přinést velké zlepšení. Druhým důležitým efektem je, že správně nastavený plánovací systém neskrývá problémy ve výrobním procesu, ale naopak je

odkrývá, upozorňuje na ně a vytváří tlak na jejich odstranění. Pomáhá tak při zavádění štihlé výroby s odstraňováním neefektivity ve výrobě.

6. ZÁVĚR

V tomto článku jsme popsali vztah mezi plánovacím procesem ve firmě a iniciativou zavádění štihlé výroby. Nejdříve jsme vysvětlili princip, kdy zavádění štihlé výroby je o redukci variability v systému, která vyvolává potřebu vytvářet zásobníky, které váží pracovní kapitál, aniž by generovaly přidanou hodnotu a jsou tak zdrojem neefektivity. Zdůraznili jsme myšlenku, že zavádění štihlé výroby není bezprostředně o aplikaci specifických nástrojů, ale právě o odstraňování neefektivit způsobených variabilitou. Dále jsme uvedli, že jedním z největších a nejběžnějším zásobníkem ve výrobních firmách je rozpracovaná výroba a popsali jsme tzv. Littlův zákon, který dává do přímé úměry velikost rozpracované výroby a doby výroby. Z tohoto zákona vyplývá, že je pro firmu důležité zabývat se plánovacím procesem, který může výrazně ovlivnit velikost rozpracované výroby. Proto jsme popsali historický vývoj základních přístupů k plánování výroby. V současnosti jsou již u většiny firem standardem ERP systémy. Aktuálním vrcholem v oblasti plánování jsou APS systémy, které jsou nejdokonalejší formou plánování, ale nejsou vhodné pro každou firmu. Při zavádění štihlé výroby je tedy důležité se hned na začátku zabývat plánovacím procesem. Volba jeho vhodné formy a správné fungování může výrazně podpořit tuto změnu ve firmě a přinést velké přínosy.

7. REFERENCE

1. Shah, R., Ward, P.T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785-805.
2. Liker, J.K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill, New York.
3. Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. Rawson Associates, New York.
4. Hofer, C., Eroglu, C., Rossiter Hofer, A. (2012). The effect of lean production on financial performance: The mediating role of inventory leanness. *International Journal of Production Economics*. 138(2), 242-253.
5. Tuček, D., Dlabáč, J. (2012). Lean Production Systems in Practice. Recent Researches in Applied Mathematics and Economics: proceedings of the 6th International Conference on Applied Mathematics, Simulation, Modelling, (ASM'12), proceedings of the 6th International Conference on Management, Marketing and Finances, (MMF'12), March 7-9, 2012. S. l.: WSEAS Press. 161-166.
6. Hopp, W.J., Spearman, M.L (2008). *Factory physics - 3rd edition*. The McGraw-Hill/Irwin, New York.
7. Jacobs, F. R. (2007). Enterprise resource planning (ERP)—A brief history. *Journal of Operations Management*, 25(2), 357-363.
8. Wilson, R. H. (1934). A scientific routine for stock control. *Harvard business review*, 13(1), 116-129.
9. Jonsson, P., & Mattsson, S. A. (2009). *Manufacturing, planning and control*. McGraw-Hill Higher Education.
10. Olhager, J. (2013). Evolution of operations planning and control: from production to supply chains. *International Journal of Production Research*, 51(23-24), 6836-6843.

11. Orlicky, J. 1975. Material Requirements Planning – The New Way of Life in Production and Inventory Management. New York, NY:McGraw-Hill.
12. Chen, I. J. (2001). Planning for ERP systems: analysis and future trend. Business process management journal, 7(5), 374-386.
13. Wight, O. (1984). Manufacturing resource planning: MRP II: unlocking America's productivity potential. John Wiley & Sons.
14. Rondeau, P.J., and Litteral, L.A. (2001). "The evolution of manufacturing planning and control systems: From reorder point to enterprise resource planning." Production and Inventory Management Journal, Vol. 34, No. 2, pp. 1-7.
15. Taal, M., & Wortmann, J. C. (1997). Integrating MRP and finite capacity planning. Production Planning & Control, 8(3), 245-254.
16. Stadtler, H. & Kilger, C. (2005), Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software and Case Studies, 3rd ed., Springer, Berlin.
17. David, F., Pierreval, H., & Caux, C. (2006). Advanced planning and scheduling systems in aluminium conversion industry. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 19(7), 705-715.
18. Grimson, J. A., & Pyke, D. F. (2007). Sales and operations planning: an exploratory study and framework. The International Journal of Logistics Management, 18(3), 322-346.
19. Michel, R. (2007). Demand planning and collaboration solutions support S&OP. Manufacturing Business Technology, 25(3), 18.
20. Stadtler, H. (2005). Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges. European journal of operational research, 163(3), 575-588.
21. Goldratt, E. M. (1981). The unbalanced plant, Proceedings, APICS 1981 International Conference, 195– 199.