

VÝPOČET VYBRANÝCH METRÍK LEAN PRODUCTION PROJEKTOVANEJ LINKY

Doc. Ing. Pavel Važan, PhD., Ing. Róbert Pauliček, Bc. Vladimír Lupták

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave
Ústav aplikovanej informatiky, automatizácie a matematiky

Príspevok demonštruje použitie simulátora Witness pre verifikáciu projektu novobudovanej linky pre výrobu komponentov pre automobilový priemysel. Výsledky simulačných experimentov sú použité pre výpočet vybraných metrík Lean production.

Lean production a plytvanie

Štíhly podnik, štíhla výroba, štíhle procesy. Pre označenie úsilia o elimináciu akýchkoľvek strát a plytvania v podniku a v podnikových procesoch, ako aj pre označenie nástrojov, ktoré sa pre dosiahnutie tohto cieľa používajú, sa v súčasnosti používa termín Lean.

Plytvanie je všetko to, čo pridáva náklady výrobku alebo službe bez toho, aby zvyšovalo ich hodnotu. O tom, čo pridáva a nepridáva hodnotu rozhoduje zákazník. Všetko to, čo zákazník nechce uznať ako hodnotu a zaplatiť je teda plytvanie. [1]

Základné metriky a ukazovatele Lean production

- Total proces time (TPT)

Je čas medzi začiatkom prvej operácie a koncom poslednej operácie. [1]

- VA ratio, VA/NVA

Je pomer pridanej hodnoty medzi časom, ktorý pridáva hodnotu (VA) a časom ktorý nepridáva hodnotu (NVA) v rámci celého TPT, ktorý sa môže zobrazit' pomocou grafu.

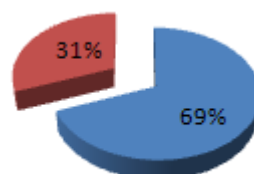
Príklad:

TPT = 760 sek.

VA = 525 sek.

NVA = 235 sek.

Aktuálny pomer je 2.22 : 1. Tento pomer musí byť čo najvyšší. [1]



- Interný takt time

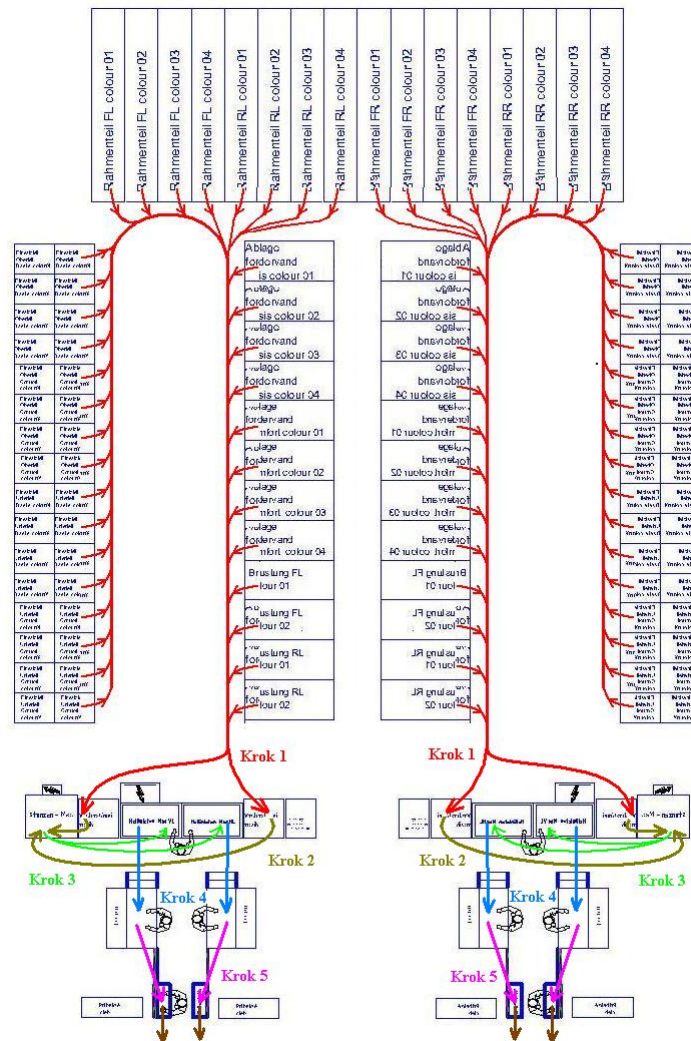
Je maximálna doba povolená na vyrobenie jedného výrobku a je definovaná ako pomer čistého času na výrobu a počtu výrobkov, ktoré je potrebné v danom čas vyrobiť. [1]

Zameranie výrobcu komponentov

Firma sa zaoberá výrobou vysoko kvalitných súčiastok pre automobilový priemysel. Špecializujú sa na poskytovanie integrovaných systémov interiéru a exteriéru na celom svete. Firma využíva JIT, čo prispieva k efektívnemu a produktívnemu spracovaniu jednotlivých súčiastok potrebných na výrobu svojich výrobkov. Na Slovensku firma vyrába hlavne výplne dverí a stredovú konzolu pre automobily Volkswagen a Porsche.

Sledovaný výrobný proces

Na sledovanie metrík Lean production sme vybrali návrh výroby výplne predných a zadných dverí pre Volkswagen Touareg. Schéma výrobnej linky spolu a materiálového toku sú znázornené na obr. 1. [2]



Obr. 1 Schéma výrobnej linky a materiálový tok.

Keďže je výrobný proces pravej a ľavej časti výplne dverí identický a pracovníci sa nepresúvajú medzi jednotlivými pracoviskami, je dostačujúce simulovať iba jednu stranu linky.

Na linke sa vyrábajú dva typy výplní v štyroch farbách. Jednotlivé typy dielov, ako ich farebnosť resp. typ výbavy budú závisieť od prichádzajúcej objednávky, ktorá je periodicky aktualizovaná. V sklade sú k dispozícii vychystávacie vozíky, ktoré majú kapacitu na šesť objednávok. Po príchode šiestich objednávok zamestnanec postupne s vozíkom prechádza sklodom a nakladá na vozík potrebné diely podľa objednávok, ktoré následne vyloží na montážne pracovisko. Tento počet bol experimentálne stanovený. Vychystávanie práve šiestich objednávok zabezpečí, aby výrobná linka nečakala na materiál, súčasne, aby sa materiál zbytočne nehromadil. Každú objednávku reprezentuje v modeli part. Do jeho atribútov sa uloží požadovaná výbava a farebné vyhotovenie. Z týchto informácií sa zloží číselný kód, pod ktorým sa part (objednávka) v modeli pohybuje. Celý proces vychystávania je v modeli reprezentovaný zásobníkmi (buffers), cestami (tracks) a vozíkom (vehicle). Nastavené dĺžky ciest zodpovedajú reálnym vzdialenostiam.

Na montážnom pracovisku *Pracovník1* zoberie prvú sadu dielov pre predné dvere a na stroji *Stanzen* do nich vysekne diery. Následne celú sadu dielov zoberie a vloží do stroja *Heissnieten* pre predné dvere, kde ich dá zlisovať dokopy. Počas lisovania dielov pre predné dvere ide pracovník zobrať ďalšiu sadu dielov pre zadné dvere, vysekne do nich diery na stroji *Stanzen* a taktiež vloží diely do stroja *Heissnieten* pre zadné dvere a dá ich zlisovať. Keď sa diely dolisujú, pracovník zlisovaný diel vyberie a podá ho na ďalšie pracovisko.

Výplne idú následne na pracovisko montáže malých dielov pre predné, alebo zadné dvere, podľa toho, o ktorý diel sa jedná. Na oboch pracoviskách sa k výlisku montujú menšie diely ako rôzne penové pásky, reproduktory atď. Na pracovisku pre predné dvere pracuje *Pracovník2* a pre zadné dvere *Pracovník3*.

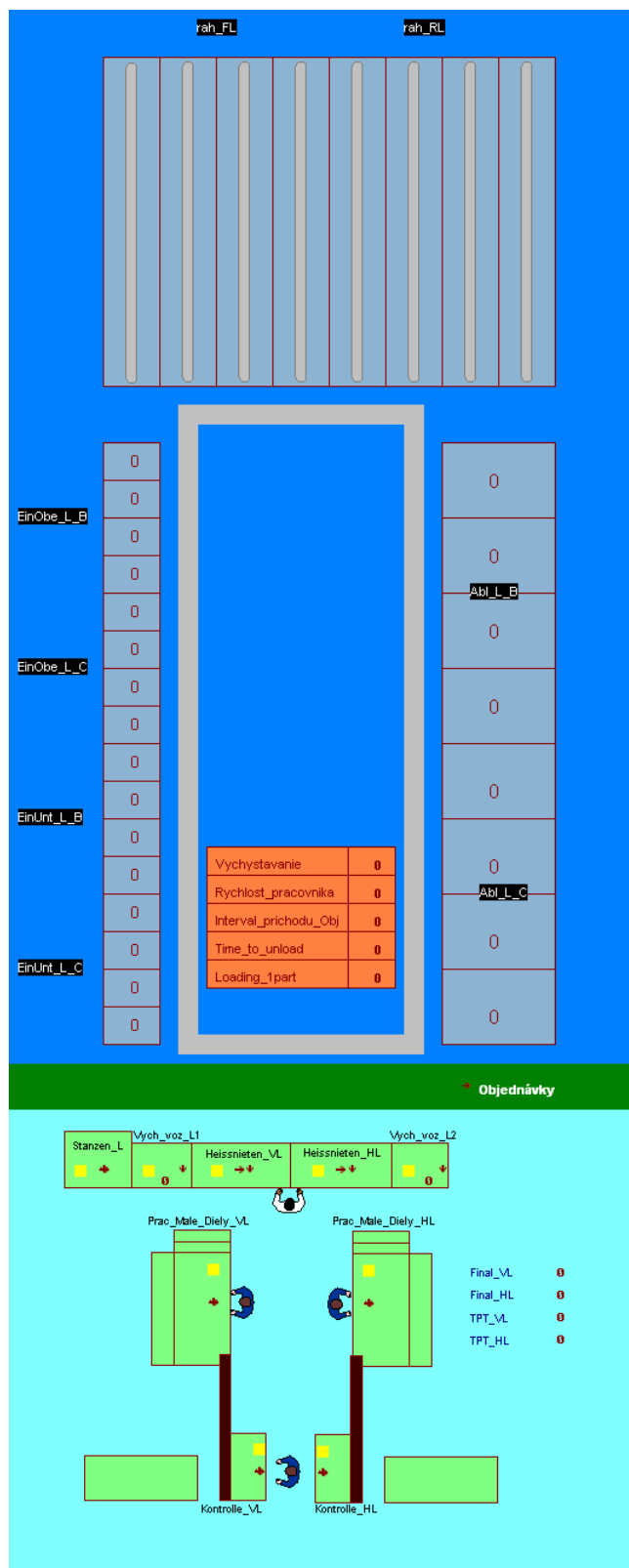
Oba zmontované diely následne putujú na posledné pracovisko výstupnej kontroly. Na tomto pracovisku pracuje *Pracovník4*, ktorý finálny produkt vizuálne skontroluje, vykoná testovanie (elektrotest) a skontrolovaný diel zabalí a vloží do JIT vozíka na export.

Vo výrobnom procese musí byť dodržaný takt time 120 sek. Z toho vyplýva, že počet vyrobených výrobkov za jednu pracovnú zmenu musí byť minimálne 900 kusov.

Model

Na obr. 2 je znázornený model výrobnéj linky v prostredí Witness 2008. Horná časť reprezentuje sklad a dolná výrobný proces. Model je pripravený tak, aby sa v prípade veľkých

zmien dal systém skladu riešiť nezávisle, podobne ako samotná výrobná linka. Usporiadanie pracovísk zodpovedá pôvodnému projektovanému návrhu. [2]



Obr. 2. Model výrobnéj linky (ľavá strana).

Simulačné experimenty

Plán simulačných experimentov je zameraný na zlepšenie výkonových parametrov výrobného systému. Za výkonové parametre systému boli zvolené vybrané metriky podľa Lean production, ktoré sme spomínali vyššie. Všetky vstupné hodnoty pre každý experiment sú načítané z excelovských tabuliek. Rovnako do Excelu sú vypisované všetky výstupy. Prvý experiment prezentuje výsledky, ktoré sa dosiahli podľa projektovej dokumentácie. Výsledky simulácie sú zhrnuté v nasledujúcich tabuľkách. V tab. 1 je využitie pracovníkov a vzdialenosť, ktorú pracovník prešiel a v tab. 2 vyťaženosť strojov počas jednej 450 minútovej pracovnej zmeny.

Tab. 1 Vyťaženosť pracovníkov a prejdená vzdialenosť.

Pracovník	Pracuje	Chodí	Nepracuje	Vzdialenosť
Pracovník 1	82,97 %	17,03 %	0,00 %	6701,39 m
Pracovník 2	50,12 %	2,12 %	47,76 %	603,00 m
Pracovník 3	42,65 %	2,10 %	55,25 %	603,00 m
Pracovník 4	80,62 %	8,96 %	10,42 %	1612,00 m

Tab. 2 Vyťaženosť strojov.

Stroj	Čaká na výrobok	Pracuje	Blokovaný	Čaká na pracovníka
Stanzen_L	0,00 %	44,00 %	8,00 %	46,00 %
Heissniete_VL	0,00 %	64,00 %	0,00 %	35,00 %
Heissniete_HL	33,00 %	64,00 %	0,00 %	1,00 %
Prac_Male_Diely_VL	47,00 %	52,00 %	0,00 %	0,00 %
Prac_Male_Diely_HL	55,00 %	44,00 %	0,00 %	0,00 %
Kontrolle_VL	55,00 %	44,00 %	0,00 %	0,00 %
Kontrolle_HL	11,00 %	44,00 %	0,00 %	43,00 %

V tab. 3 sú znázornené vybrané sledované hodnoty a v tab. 4 sú hodnoty VA ratio. Hodnoty VA a NVA sú určené z technologických postupov.

Tab. 3 Vybrané sledované hodnoty.

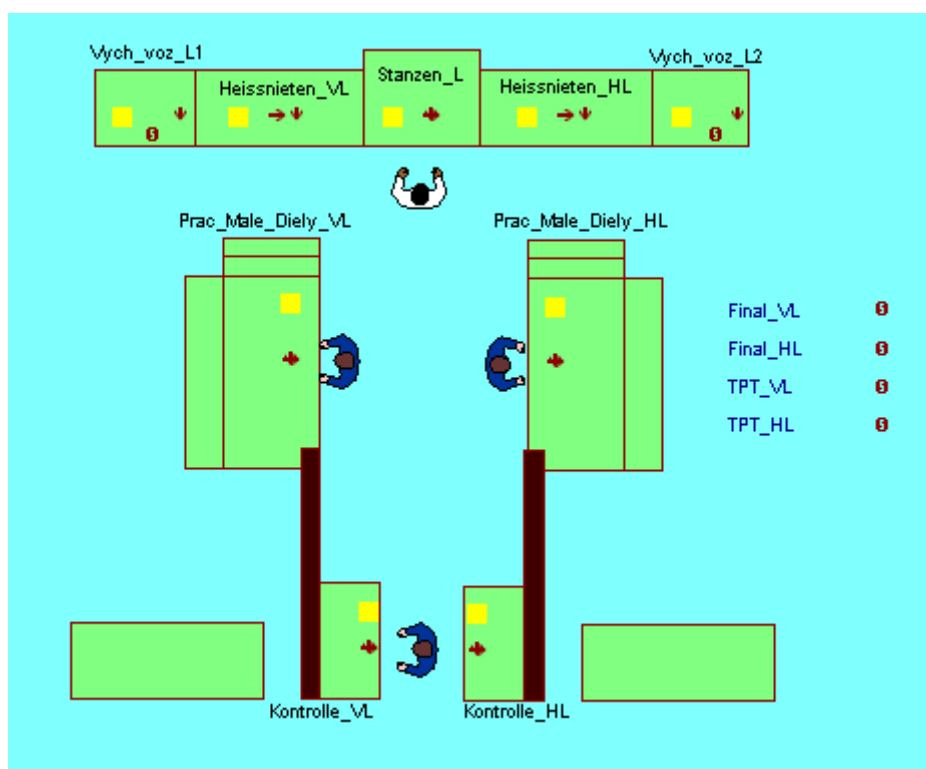
Výrobok	VL	HL	VR	HR
Takt time	134 sek.	134 sek.	134 sek.	134 sek.
Počet vyrobených kusov	203 ks	202 ks	203 ks	202 ks
Spolu počet kusov	810 ks			
TPT - total proces time	316 sek.	287 sek.	316 sek.	287 sek.

Tab. 4 VA ratio.

TOTAL PROCESS TIME:	1206 sek.
VALUE ADDED:	968 sek.
NON VALUE ADDED:	238 sek.
VA/NVA:	4,07

Výsledky simulácie ukazujú, že nebol dodržaný takt time a tým ani počet vyrobených výrobkov. Je to spôsobené tým, že pracovník 1 je vyťažený na 100% a nedokáže vyrábať dostatočný počet výrobkov. K tomuto vysokému vyťaženiu veľkou mierou prispieva aj jeho prejdená vzdialenosť, ktorá je omnoho vyššia oproti ostatným zamestnancom.

Na odstránenie týchto nedostatkov bolo navrhnuté presunúť vysekávací stroj *Stanzen* medzi stroje *Heissnieten* (obr. 3) a zmeniť výrobný postup s tým, že pracovníci 2 a 3 si sami budú chodiť po výrobky, čím by sa mala skrátiť prejdená vzdialenosť pracovníka 1.



Obr. 3 Upravená výrobná linka.

Po navrhnutých úpravách boli vykonané rovnaké experimenty, ktorých výsledky sú zobrazené v tab. 5 – 8.

Tab. 5 Vyťaženosť pracovníkov a prejdená vzdialenosť.

Pracovník	Pracuje	Chodí	Nepracuje	Vzdialenosť
Pracovník 1	79,77 %	11,79 %	8,45 %	3648,50 m
Pracovník 2	64,51 %	3,89 %	31,60 %	1127,50 m
Pracovník 3	56,30 %	3,86 %	39,84 %	1125,00 m
Pracovník 4	93,33 %	6,67 %	0,01 %	1800,00 m

Tab. 6 Vyťaženosť strojov.

Stroj	Čaká na výrobok	Pracuje	Blokovaný	Čaká na pracovníka
Stanzen_L	11,00 %	49,00 %	0,00 %	38,00 %
Heissniete_VL	27,00 %	72,00 %	0,00 %	0,00 %
Heissniete_HL	27,00 %	72,00 %	0,00 %	0,00 %
Prac_Male_Diely_VL	41,00 %	58,00 %	0,00 %	0,00 %
Prac_Male_Diely_HL	44,00 %	50,00 %	5,00 %	0,00 %
Kontrolle_VL	23,00 %	50,00 %	0,00 %	26,00 %
Kontrolle_HL	7,00 %	49,00 %	0,00 %	42,00 %

Tab. 7 Vybrané sledované hodnoty.

Výrobok	VL	HL	VR	HR
Takt time	120 sek.	120 sek.	120 sek.	120 sek.
Počet vyrobených kusov	227 ks	226 ks	227 ks	226 ks
Spolu počet kusov	906 ks			
TPT - total proces time	282 sek.	297 sek.	282 sek.	297 sek.

Tab. 8 VA ratio.

TOTAL PROCESS TIME:	1158 sek.
VALUE ADDED:	968 sek.
NON VALUE ADDED:	190 sek.
VA/NVA:	5,09

Z výsledkov vyplýva, že vykonané zmeny výrazne znížili prejdenú vzdialenosť pracovníka 1 a tým zároveň aj jeho vyťaženosť. Dosiahol sa aj požadovaný takt time, počet vyrobených kusov a zvýšila sa hodnota VA ratio.

Boli vykonané aj ďalšie experimenty, pri ktorých sa zlúčili linky na výrobu pravej a ľavej strany výplne dverí do jednej, ale nedosiahli sa lepšie výsledky takt time a VA ratio.

Záver

Na základe simulačných experimentov sa postupne menil layout projektovanej linky. Na posudzovanie zmien sa používali vybrané lean metriky ako VA Ratio, Value added, Non value added, Total process time, Takt time, Distance operator. Treba však upozorniť, že model nebol pôvodne vyvíjaný pre počítanie lean metrík. Witness však umožňuje ich veľmi jednoduchú implementáciu. Spresnenie vstupných informácií a úprava modelu by umožnili počítať aj ďalšie metriky ako napr. theoretical manning alebo optimal manning.

Literatúra

1. HINES, P. – SILVI, R. – BARTOLINI, M.: *Lean Profit Potential*. Lean Enterprise Research, Centre. Cardiff Business School, Cardiff, UK, 2002, ISBN 0 9537982 6 7
2. ĽUPTÁK, Vladimír: *Simulácia nábehu výroby projektu VW Touareg 2*. [Diplomová práca]- Slovenská technická univerzita v Bratislave. Materiálovotechnologická fakulta; Ústav aplikovanej informatiky, automatizácie a matematiky.- Školiteľ: Doc. Ing. Pavel Važan PhD.- Trnava: MtF STU, 2009. 63s.

Kontakt

doc. Ing. Pavel Važan, PhD., pavel.vazan@stuba.sk

Ing. Róbert Pauliček, robert.paulicek@stuba.sk

Bc. Vladimír Ľupták, xluptakv@stuba.sk

UIAM MTF STU v Trnave, Hajdoczyho 1, 917 24 Trnava, SR