

APLIKACE METODIKY LEAN SIX SIGMA NA STÁČENÍ PIVA

Ing. Lukáš Moravec

Pivovar Radegast, Plzeňský Prazdroj a.s. 739 51 Nošovice

Prof. Ing. Darja Noskievičová, CSc.

Katedra managementu kvality, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

VŠB-TU Ostrava

E-mail: darja.noskievicova@vsb.cz

Anotace

Článek se zabývá praktickou aplikací přístupu Lean Six Sigma v podmínkách výroby piva s cílem zlepšit výkonnost stáčecí linky. V první části příspěvku je charakterizován přístup Lean Six Sigma, a to na základě definování podstaty konceptů Lean a Six Sigma odděleně. Dále jsou charakterizovány jednotlivé fáze cyklu zlepšování DMAIC, použitého pro dosažení definovaného cíle. Druhá část příspěvku je věnována průběhu realizace jednotlivých fází DMAIC při řešení uvedeného projektu zlepšování výkonnosti stáčecí linky. Součástí je popis prováděných analýz a získaných výsledků. V závěru článku jsou uvedena doporučení a opatření ke zlepšení výkonnosti analyzovaného procesu.

Abstract

This paper is focused on the practical application of the Lean Six Sigma approach in condition of the beer production with the aim to improve the efficiency of the packing line. In the first part of the paper Lean Six Sigma will be characterized based on defining the heart of the Lean and Six Sigma concepts separately. Then particular phases of the improvement cycle DMAIC used for the achievement of the defined project goal will be described. The second part of the paper will be devoted to the course of realization of particular phases of DMAIC by the solution of the mentioned project, the description of the performed analyses and obtained results including. In closing of the paper various recommendations and improvement measures will be given.

1. Úvod

Článek se zabývá praktickou aplikací přístupu Lean Six Sigma v podmínkách výroby piva s cílem zlepšit výkonnost stáček linky, a to cestou zkrácení výrobního cyklu přes odstranění prostojů, zejména se zaměřením na velmi krátké prostoje. Lean Six Sigma (LSS) představuje jednu z nejefektivnějších iniciativ v oblasti zlepšování výkonnosti procesů vzniklou kombinací Lean a Six Sigma přístupů [15].

Rozsáhlá studie časopiseckých článků tematicky zaměřených na Six Sigma, Lean a LSS [17], pokrývající období od roku 1992 do roku 2013, jasně ukazuje, že se projevuje rostoucí trend v počtu odborných článků zabývajících se problematikou LSS zahrnujících různé aspekty tohoto konceptu (zejména otázky integrace původních konceptů, nástrojů LSS, přínosů implementace LSS, cyklu DMAIC, faktorů úspěšné implementace [17]). Dalším bohatým zdrojem, poskytujícím přehled LSS literatury za období 2000 až 2011, je studie Zhanga a kol. [23]. Co se týká odvětví a oborů, kde byla LSS úspěšně implementována, převládají dle studie [17] články, zabývající se aplikacemi ve zdravotnictví a výrobě obecně (přes 50% zkoumaných článků). Aplikace v odvětví potravinářství pak představují pouze zlomek (2,5%) všech zahrnutých příspěvků.

Jedním z nemnohých článků zkoumajících možnosti uplatnění nástrojů managementu kvality včetně LSS v pivovarském průmyslu je článek [20], ve kterém se autoři také odkazují na případovou studii [8], která prezentuje aplikaci LSS projektu zaměřeného na snížení variability hořkosti piva. Problematice redukce plýtvání v procesech plnění a uzavírání lahví při výrobě nápojů se zaměřením na kontrolu množství nápoje plněného do lahve s využitím řady statistických nástrojů se věnuje článek [5]. Implementace LSS projektu zaměřeného na minimalizaci různých forem plýtvání (časové ztráty, nadvýrobu, neshodné výrobky) na plnicích linkách u výrobce vína je předmětem diplomové práce De Gracii [3]. Heystek ve své bakalářské práci [10] aplikuje LSS přístup na zkrácení času přestavby balicí linky v pivovaru. Žádný uvedený zdroj se nezabývá aplikací LSS s cílem minimalizovat rovněž velmi krátké prostoje plnicí linky v pivovaru.

Cílem tohoto článku je tedy prezentovat velmi komplexní aplikaci LSS metodiky na projekt zaměřený nejen na analýzu a možnosti odstranění delších časových ztrát, ale rovněž krátkých prostojů, které v kumulované podobě představují významný faktor ovlivňující délku výrobního taktu.

V první části příspěvku je charakterizován přístup Lean Six Sigma, a to na základě definování podstaty konceptů Lean a Six Sigma odděleně. Dále jsou charakterizovány

jednotlivé fáze cyklu zlepšování DMAIC, použitého pro dosažení definovaného cíle. Druhá část příspěvku je věnována průběhu realizace jednotlivých fází DMAIC při řešení uvedeného projektu zlepšování výkonnosti stáček linky. Součástí je popis prováděných analýz a získaných výsledků. V závěru článku jsou uvedena doporučení a opatření ke zlepšení výkonnosti analyzovaného procesu.

2. Charakteristika Lean, Six Sigma a Lean Six Sigma přístupů

Tato kapitola je věnována charakteristice Lean a Six Sigma přístupů a jejich srovnání. Na to dále navazuje definování LSS konceptu.

2.1 Lean přístup

Termín “lean” (štíhlý) v oblasti managementu lze chápat jako “efektivní bez jakéhokoliv plýtvání” [3]. Tento pojem byl zaveden s cílem reflektovat myšlenky TPS (Toyota Production System) pro odlišení od amerického systému masové produkce [22]. Základem TPS je snižování nákladů a eliminace plýtvání, což vyžaduje řízení a zabezpečování kvality a respekt vůči lidem. Hlavními pilíři TPS jsou JIT a Jidoka [14]. Lean (štíhlý) ve spojení s výrobou znamená dosažení cílů s dvakrát menším množstvím lidského úsilí, polovinou výrobních prostor, polovinou investic, polovinou času na vývoj nových výrobků. Vyžaduje dvakrát nižší stav zásob, vede k mnohem menšímu počtu vad a ke stále rostoucí rozmanitosti výrobků [22]. Dle Chen a kol. [11] implementace Lean přístupu vede nejen ke zvýšení flexibility firmy, ale zlepšuje také její celkovou konkurenceschopnost. Štíhlý podnik lze potom chápat jako integrovaný sociotechnický systém, jehož hlavním cílem je eliminovat všechny druhy plýtvání [16], jímž jsou různé druhy MUDA, MURA a MURI [19].

Lean přístup je postaven na 5 klíčových principech [6], [21], a to na:

1. specifikaci skutečné hodnoty pro zákazníka;
2. identifikaci toku pro každý produkt/službu poskytující tuto hodnotu a odstranění všech kroků představujících plýtvání;
3. zajištění kontinuity těchto toků cestou jejich standardizace založené na nejlepší praxi s cílem nechat je probíhat plynuleji a uvolnit čas pracovníků pro tvůrčí činnost a inovování;
4. zavedení principu tahu (pull) mezi všemi kroky procesů, kde nelze zajistit kontinuální tok (vytvoření systému řízeného potřebou zákazníka);

5. postupném dosahování dokonalosti odstraňováním činností nepřidávajících hodnotu z hodnotového řetězce tak, že počet kroků, množství času a informací potřebných k uspokojení požadavků zákazníka, bude kontinuálně klesat.

Pro eliminaci plýtvání se využívá nástrojů a metod, jako jsou: 5S, vizuální management, VSM, Kaizen, Poka Yoke, TPM, Andon, Jidoka, Kanban, CONVIP, POLCA, LCIA, analýza a normování práce, ergonomie pracovišť, projektování a optimalizace výrobních buněk a linek, SMED, TPM, JIT, JIS, FIFO, Heijunka.

2.2 Six Sigma

Six Sigma představuje organizovaný a systematický přístup ke zlepšování procesů, relevantních pro zákazníka, a k vývoji nových produktů, který je založen na využití statistických metod pro docílení dramatického snížení vad [12]. Klíčovými komponenty pro úspěšnou implementaci Six Sigma projektů jsou: podpora vrcholového vedení, podpůrná infrastruktura (specialisté tvořící paralelní organizaci: šampion, Master Black Belt, Black Belt, Green Belt, Yellow Belt nebo vedoucí projektu), vzdělávání a statistické nástroje [2], [9]. Významným přínosem přístupu Six Sigma je rovněž systematické využívání 5-ti fázového cyklu zlepšování DMAIC.

Cíle jednotlivých fází jsou následující. Fáze D (Definování): definování cílů projektu a požadavků zákazníka; fáze M (Měření): měření procesu s cílem určit jeho aktuální výkonost; kvantifikace problému; fáze A (Analýza): analýza a určení kořenových příčin vad; I (Zlepšování): zlepšení procesu eliminací vad; C (Řízení): vytvoření podmínek pro udržení dosažených zlepšení výkonnosti procesu v budoucnosti. K základním nástrojům pro jednotlivé fáze patří: fáze D - karta projektu, vývojový diagram, SIPOC diagram, strom VOC; fáze M - vývojový diagram, plán sběru dat, benchmarking, analýza systému měření, analýza způsobilosti procesu; fáze A - histogram, Paretův diagram, graf časové řady, bodový diagram, Ishikawův diagram, metoda 5 why's, mapa procesu, nástroje statistické analýzy, testování statistických hypotéz; fáze I - brainstorming, DOE, QFD, FMEA, simulace; fáze C – analýza způsobilosti, SPC, výpočty úspor, plán kontroly. [18].

2.3 LSS

Lean Six Sigma (LSS) je metodologie zlepšování založená na integraci výše popsaných přístupů ke zlepšování výkonnosti procesů (Lean a Six Sigma). Tento koncept byl publikován poprvé Georgem [7]. Synergie spojení obou přístupů vede k odstranění omezení, která přináší oddělená

aplikace Lean a Six Sigma přístupů. Při implementaci pouze strategie Six Sigma se neprojeví tři hlavní přínosy Lean přístupu [4]: snížení zásob, zlepšení rychlosti procesu, krátkodobé finanční přínosy. Naopak pokud se využívají pouze nástroje Lean přístupu, neuplatní se hlavní přínosy Six Sigma: řízení procesů pomocí statistických nástrojů vedoucí k minimalizaci variability procesu, odhalování kořenových příčin problémů a jejich odstraňování, systematický přístup k procesu neustálého zlepšování pomocí DMAIC metodologie. Synergie integrovaného využití uvedených nástrojů vede k redukci plýtvání, variability procesu a výskytu vad a chyb [1], eliminaci času na přepracování, zvýšení produktivity a pružnosti a snížení mezioperačních zásob [11]. LSS tedy zaměřuje cyklus DMAIC na redukci variability procesů pomocí standardizace, snižování plýtvání a zkrácení průběžné doby výroby.

3. Aplikace LSS na stáčecí linku u výrobce piva

V této kapitole je detailně popsán postup implementace LSS na proces stáčení piva s cílem odstranit nežádoucí časové prostoje strojů, které snižují strojní účinnost (ME) stáčecí linky, jeden z klíčových ukazatelů její výkonnosti.

3.1 Fáze definování

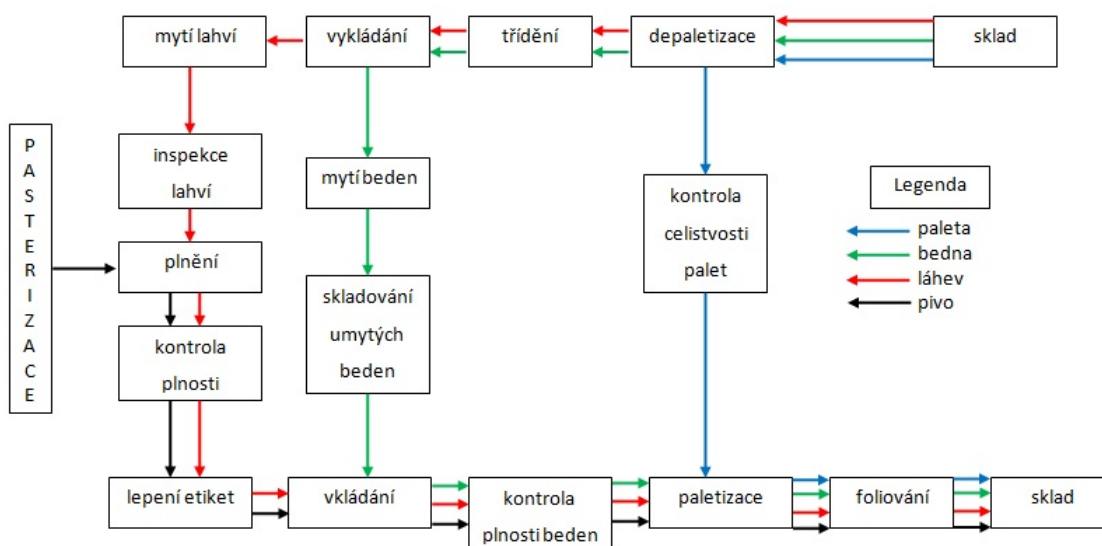
V rámci této fáze byl detailně definován problém, očekávané přínosy řešení problému, metriky a cílové hodnoty, harmonogram řešení, rozsah projektu a řešitelský tým. Tyto informace byly shrnuty do projektové listiny. Vybrané informace jsou uvedeny v následující tabulce 1.

Jako hlavní problém bylo stanoveno časté zastavování strojů na plnicí lince, v důsledku zejména tzv. mikrostop strojů vedoucí k vyprazdňování vstupů a zaplňování výstupů s následkem zastavení plnicího procesu a tedy nižší efektivity stáčení [13].

Při stanovení hranic procesu, který byl předmětem daného LSS projektu, byly k popisu procesu použity: Top-Down diagram a SIPOC diagram procesu stáčení, SIPOC diagram podprocesů procesu stáčení (definování jejich vstupů, výstupů, zákazníků a dodavatelů), layout stáčecí linky s tokem materiálu (obrázek 1), vývojový diagram procesu stáčení a strom CTQ, v němž jsou zvýrazněny ukazatele, na které je zaměřena pozornost daného LSS projektu. Jsou to klíčové ukazatele výkonnosti: UFE (Unadjusted Factory Efficiency – neupravená efektivita výroby) a ME (Machine Efficiency – strojní efektivita) [13].

Tab. 1: Projektová listina (zdroj: [13])

Projektová listina		
Vyjádření problému		Přínos
<p>Co: Časté zastavování strojů. Kdy: Během provozu. Kde: RB linka Proč: Zvyšuje zatížení obsluhy a přispívá k nižší efektivitě.</p>		<p>Finanční: - Eliminace ztrátových časů na plniči – 5.000 CZK za hodinu - Snížení potřeby náhradních dílů Nefinanční: - Úspora lidských zdrojů Obchodní: - Rychlejší plnění požadavků zákazníka</p>
Stanovení metrik a cílů		Harmonogram
Metrika	Současná hodnota	Cíl
ME:	dle analýzy	+ 0,14 %
Zastavení strojů:	dle analýzy	- 20 %
Rozsah projektu		Členové týmu
Začátek procesu	Vstup do depaletizéru	
Konec procesu	Výstup z logopaku	
Včetně rámce	Lidské zdroje	
Mimo rámec	Média vstupující do procesu	
Funkce		
Vedoucí týmu		Bc. Lukáš Moravec
Sponzor		
Člen týmu	Manažer stáčení	
Člen týmu	Manažer RB linky	
Člen týmu	Manažer údržby	
Člen týmu	Vedoucí mechano údržby	
Člen týmu	Vedoucí elektro údržby	
Člen týmu	Provozní elektronik	
Člen týmu	Technolog	
Fáze		Plánované dokončení
Define:	12. 6. - 2. 7. 2017	
Measure:	3. 7. - 20. 8. 2017	
Analyze:	20. 8. - 14. 10. 2017	
Improve:	14. 10. - 31. 12. 2017	
Control:	1. 1. - 31. 1. 2018	



Obr. 1: Layout stáčení linky s tokem materiálu (zdroj: [13])

V rámci fáze definování byla také specifikována rizika projektu.

3.2 Fáze Měření

Ve fázi měření byl sestaven plán sběru aktuálních dat (tabulka 2) a byly nastaveny podmínky, ve kterých tato měření probíhala. Tento sběr probíhal v období červenec 2017 – září 2017.

Jako jedno z prvních provedených měření bylo měření maximálních rychlostí všech strojů na lince. Toto měření probíhalo za ideálních podmínek, tzn., že každý stroj měl dostatečnou zásobu na vstupu a dostatek místa na výstupu. Zároveň během měření nesmělo dojít k žádnému zastavení či zpomalení stroje.

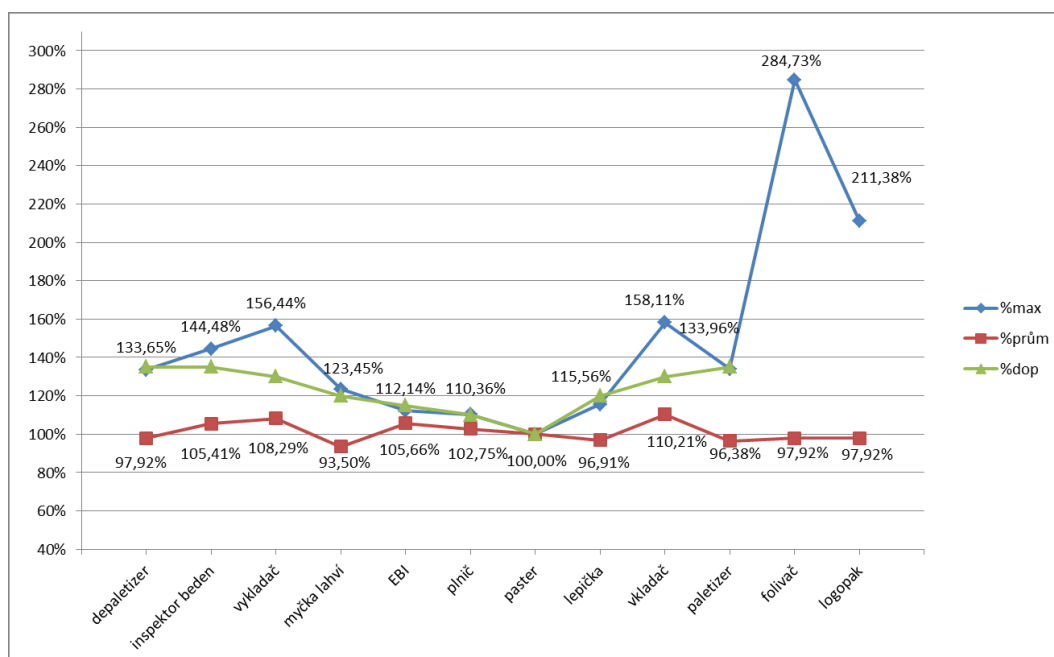
Tab. 2: Plán sběru dat (zdroj: [13])

Co (metrika)	Kdo/Kde	Kdy	Jak	Kolik
Maximální výkony strojů [láhve/hod]	Moravec/stáčecí linka	Červenec 2017	Stopky	10x
Průměrné výkony strojů [láhve/hod]	Moravec/stáčecí linka	Červenec 2017	Stopky	5x
Rozměry dopravníků [cm]	Moravec/stáčecí linka	Červenec/Srpen 2017	Svinovací metr	1x
Rychlosti dopravníků [cm/s]	Moravec/stáčecí linka	Červenec/Srpen 2017	Stopky, svinovací metr	5x
Dynamický buffer [min]	Moravec/stáčecí linka	Srpen 2017	Stopky	1x
Prostoje strojů [min]	Moravec/stáčecí linka	Srpen/Září 2017	Stopky	1x

Z naměřených hodnot časů, resp. počtu kusů byla spočtena průměrná hodnota, která byla dále použita k přepočtu na výkon vyjádřený počtem lahví /h. Tyto hodnoty pak posloužily k sestavení V – profilu (uspořádání strojů vzhledem k jejich rychlostem ve vztahu k nejpomalejšímu stroji linky (úzkému místu). Mezi stroji nacházejícími se před nejpomalejším strojem linky je důležité mít plné pásy, a mezi stroji nacházejícími se za úzkým místem je naopak důležité mít zaplněnu méně než polovinu bufferu.

Kromě maximálních výkonů byly změřeny i průměrné výkony strojů linky, též označené jako provozní výkony. Měření probíhalo za běžných provozních podmínek, tzn., že linka musela jet a nevykazovat žádné plánované či neplánované prostoje (= větší poruchy). Součástí tohoto sběru dat byl i záznam příčin zastavení jednotlivých strojů linky a jejich četnosti během těchto měření (např. na plniči šlo 1x o nedostatek lahví, 1x o zácpu lahví, 2x velký počet vyřazených lahví na EBI (Empty Bottle Inspector – kontrola prázdných lahví), 1x o spadlou láhev u EBI). Maximální a provozní výkony jednotlivých strojů byly promítnuty

pro srovnání s jejich nominálním výkonem (doporučeným V-profilem) do grafu – viz obrázek 2.

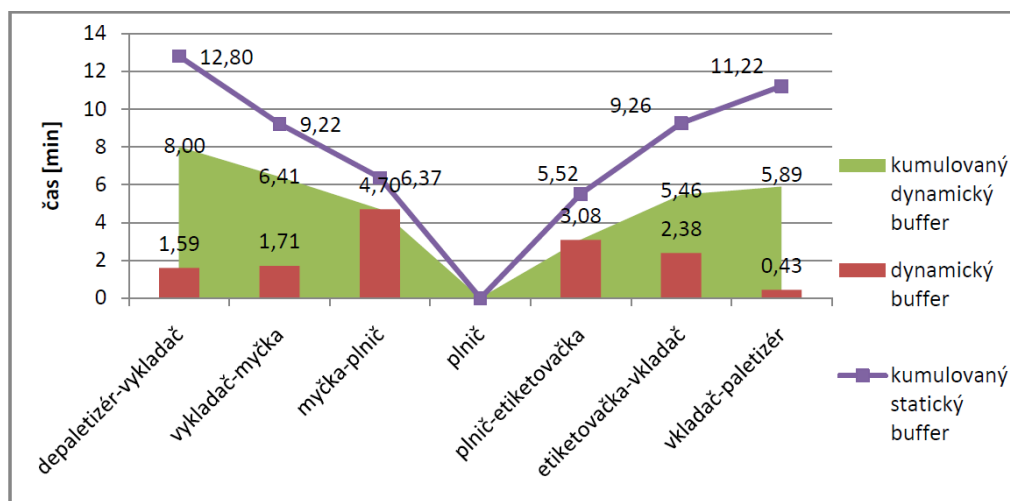


Obr. 2: Maximální, provozní a nominální výkony linky (zdroj: [13])

Nejdůležitější informací vyplývající z tohoto obrázku je fakt, že všechny stroje jsou schopny jet na doporučený výkon. V případě vkladáče a vykladače dokonce maximální výkon daleko převyšuje požadavky na doporučený výkon. Otázkou zůstává, jestli tyto nerovnosti ve V – profilu nezpůsobují nějaké problémy. Další informaci si lze vzít z trendu průměrných výkonů, kde lze pozorovat, že nemají V – profil a z uvedených hodnot je rovněž i patrné, že v průměru nedosahují ani nominálního výkonu linky. Nejvyššího průměrného výkonu dosahuje vkladáč a vykladač, což je dáno především jejich vysokou maximální rychlostí a do jisté míry tak z dlouhodobého hlediska kompenzují ztráty výkonu ostatních strojů. Nejmenší průměrný výkon vykazovala myčka lahví, důvodem jsou časté zastavení s nutností zásahu operátora a z technologických důvodů obtížný přístup k místu vzniku zastavení, čímž se prodlužuje doba nápravy dané situace.

Další prováděná měření se týkala bufferů mezi jednotlivými stroji - zjišťování rozměrů dopravníků, z nich odvozené kapacity dopravníků v počtu lahví a rychlosti dopravníků a stanovení tzv. statického (teoretický čas naplnění bufferu, za který se zastaví předcházející stroj, vycházející s maximální kapacity dopravníku) a dynamického bufferu (čas, za který se v případě strojů před úzkým místem linky, zastaví následující stroj, je-li předcházející stroj v

poruše nebo stojí z jiného důvodu). U strojů za úzkým místem je to pak čas, za který se zastaví předcházející stroj, je-li následující stroj v poruše nebo stojí z jiného důvodu. [13]. Naměřený čas dynamického bufferu byl získán v podmínkách standardní výroby, přičemž předpokladem byl plynulý chod strojů. Výsledky byly promítnuty do obrázku 3.



Obr. 3: Grafické zobrazení bufferů (zdroj: [13])

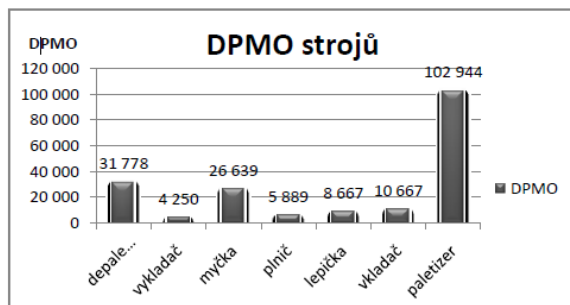
Podle tohoto obrázku vypadá situace bufferů v souladu s očekáváním, jediná trochu nižší hodnota je dynamický buffer mezi vkladačem a paletizérem. Ve výsledku to znamená, že paletizér bude hodně náchylný na fluktuaci beden, čímž může docházet k častějším zastavováním.

Dalším z realizovaných měření bylo měření prostojů jednotlivých strojů. Za tímto účelem byl každý stroj pozorován po dobu šesti hodin a každé zastavení stroje bylo zaznamenáno do připraveného formuláře. Předem byly stanoveny čtyři základní důvody zastavení: zácpa na výstupu, nedostatek na vstupu, porucha stroje a ostatní důvody (viz tabulka 3). Hodnoty prostojů jsou upraveny o čas tzv. povolených odstávek

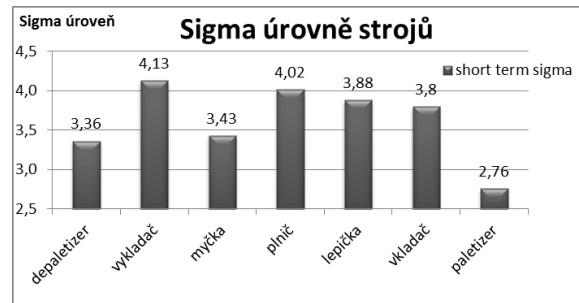
Tab. 3: Upravené prostoje strojů (zdroj: [13])

	depaletizer	vykladač	myčka	plnič	lepička	vykladač	paletizer
nedostatek [min]	6,04	38,53	12,14	31,33	----	13,13	2,68
ostatní [min]	3,79	1,57	1,97	4,15	10,02	22,51	0,22
porucha [min]	11,44	1,53	9,59	2,12	3,12	3,84	37,06
zácpa [min]	1,28	38,07	----	22,17	25,94	19,12	23,25

Žlutě vyznačená pole představují oblasti, u kterých je nutno dále detailněji zkoumat příčiny tak dlouhých prostojů strojů. Na základě těchto měření byly spočteny hodnoty DPMO (Defects per Million Opportunities – počet vad na milion příležitostí) u jednotlivých strojů a z nich stanovena sigma úroveň (viz obrázky 4a a 4b – zdroj [13]).



Obr. 4a: DPMO jednotlivých strojů na základě délky poruch [13]

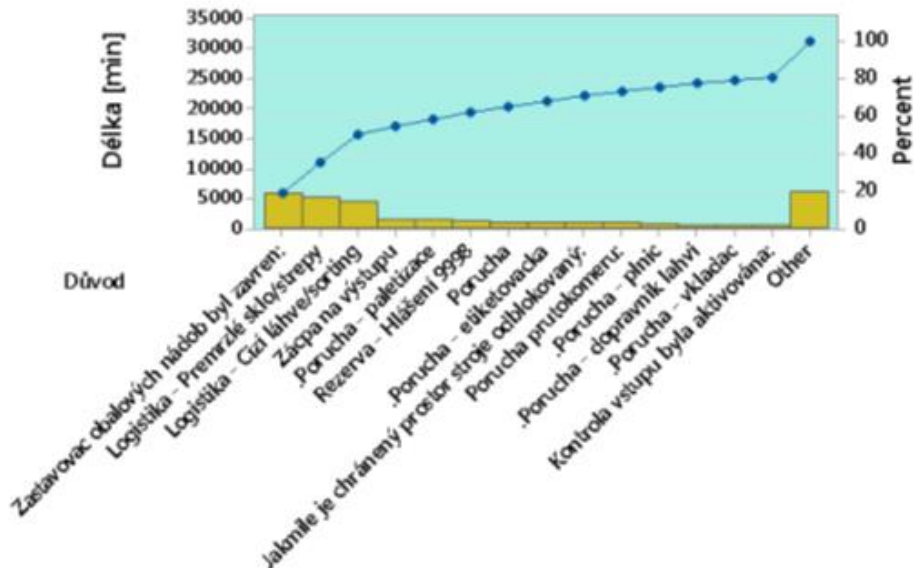


Obr. 4b: Sigma úrovně jednotlivých strojů na základě délky poruch [13]

Dále byla věnována pozornost velmi krátkým zastavením linky. Z obrázku 4b a analýzy velmi krátkých prostojů vyplynulo, že je třeba se dále zaměřit na především na vykladač, plnič, vkladač, paletizér a depaletizér.

Kromě krátkodobého vlastního sběru dat byl součástí fáze měření také průzkum dat za 6-ti měsíční časové období, získaných z podnikového informačního systému. Výsledkem je detailnější přehled všech kategorií zastavení (nedostatek lahví na vstupu, ruční stop, porucha, technický stop, upozornění, zácpa, externí servis, nedostatek beden) dle jednotlivých strojů [13] vč. hodnoty % zastavení (procentuální podíl zastavení na celkovém čase provozu linky). Tato hodnota je nejvyšší u vykladače a plniče.

Dále byla tato zastavení analyzována pomocí Paretovy analýzy – viz ukázka analýzy prostojů na plniči – obrázek 5.

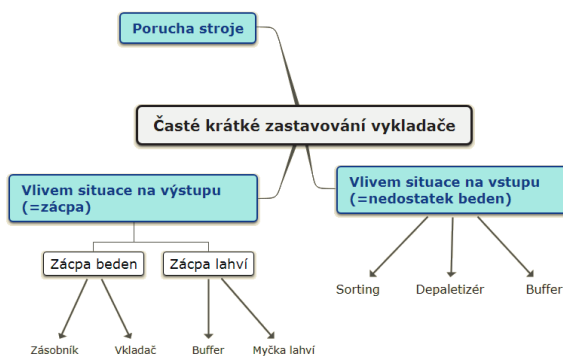


Obr. 5: Paretův diagram zastavení na plniči (upraveno dle [13])

Tato analýza podporuje hypotézu, že situace na strojích za plničem způsobuje jeho největší prostoje.

3.3 Fáze Analýzy

V této fázi byly rozebrány skutečnosti zjištěné ve fázi měření a byly určeny jejich kořenové příčiny. K určení příčin byly použity nástroje jako myšlenková mapa, metoda 5x proč, metoda 5x proč a 1x jak a Ishikawův diagram. Ukázka těchto nástrojů je na obrázcích 6a a 6b (zdroj: [13]).



Obr. 6a: Myšlenková mapa stanovení příčin krátkého zastavování vykládače [13]

5x Proč		Proč?	Proč zásobník beden způsobuje krátké zastavení vykládače?
1. Proč	Protože	Protože uvolní pro výstup z vykládače málo místa.	
2. Proč	Protože	Protože uvolní málo místa?	
	Protože	Protože ho více nemá.	
3. Proč	Protože	Protože ho více nemá?	
	Protože	Protože je plný.	
4. Proč	Protože	Protože je plný?	
	Protože	Protože jej nikdo (stroj nebo obsluha) neuvolníl.	
5. Proč	Protože	Protože obsluha neuvolnila místo v zásobníku?	
	Protože	Protože neměla čas nebo si nevšimla.	
2. řetězec			
4. Proč	Protože	Protože je plný?	
	Protože	Protože do oběhu jde více prázdných beden než je lahvi.	
5. Proč	Protože	Protože jde do oběhu více beden než je lahvi?	
	Protože	Protože sorting vybere hodně lahvi a bedny tak nadbývají.	

Obr. 6b: Zjišťování kořenové příčiny zácpy beden u vykládače metodou 5x proč [13]

Přehled vybraných analyzovaných problémů a k nim stanovených příčin je v tabulce 4. Celkem bylo ve skutečnosti řešeno 10 problémů a stanoveno 17 kořenových příčin.

Tab. 4: Přehled vybraných kořenových příčin (upraveno dle [13])

Stroj	Problém	Příčina
Plnič	Dlouhotrvající sorting	Nezkušená obsluha
		Zastavování dopravníku
EBI	Vysoká míra vyřazování lahví	Pěna z mazání na lahvích
Vykládač	Časté zastavování z důvodu zácpy	Příliš vysoká rychlost vykládače
Vkládač	Časté zastavování z důvodu nedostatku lahví	Příliš vysoká rychlost vkládače
Paletizér	Časté zastavování kvůli nedostatku lahví	Malé využití kapacity dopravníků

3.4 Fáze zlepšování

V této fázi byly vygenerovány nápady na řešení příčin problémů stanovené v předchozí fázi. Celkem bylo navrženo 28 zlepšení, z nichž 12 již bylo zrealizováno. Tabulka 5 obsahuje přehled již zrealizovaných vybraných řešení.

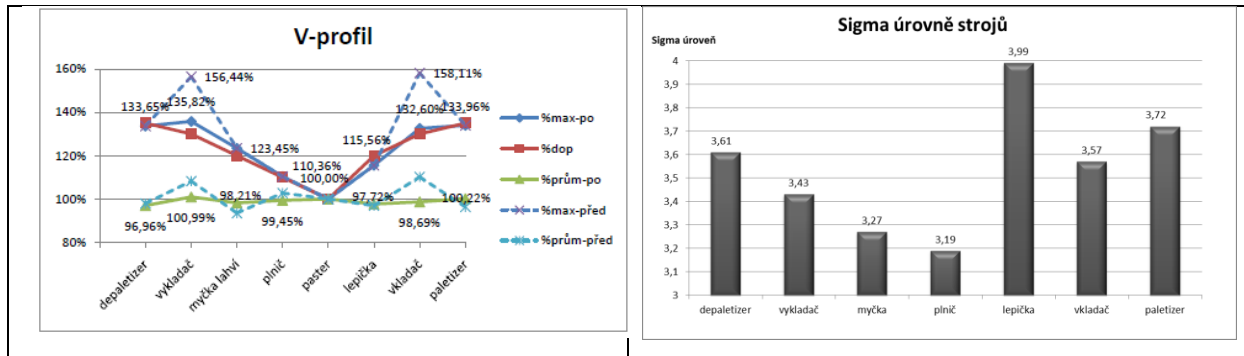
Tab. 5 Přehled vybraných zrealizovaných opatření (upraveno dle [13])

Stroj	Problém	Návrh na zlepšení
Plnič	Dlouhotrvající sorting	Školení na rozpoznávání cizích druhů lahví
EBI	Vysoká míra vyřazování lahví	Změna způsobu mazání na mazání vodou
Vykládač	Časté zastavování z důvodu zácpy	Snížení rychlosti na úroveň doporučené rychlosti
Vkládač	Časté zastavování z důvodu nedostatku lahví	Snížení rychlosti na úroveň doporučené rychlosti
Paletizér	Časté zastavování kvůli nedostatku lahví	Změna umístění fotonek

3.5 Fáze řízení

Po zavedení zmíněných řešení byla k ověření jejich předpokládaných přínosů znovu provedena veškerá relevantní měření. Všechna měření probíhala za stejných podmínek jako ve fázi měření. V následujících tabulkách a obrázcích jsou graficky představeny situace před a po zlepšování.

Na obrázku 7 je vidět, že se hodnoty maximálních rychlostí strojů přiblížily k doporučeným rychlostem uvedených v interní dokumentaci. Taktéž můžeme spatřit vyrovnanější křivku provozních výkonů, což svědčí o plynulejším chodu linky. Bohužel se nepodařilo dosáhnout u všech strojů průměrného výkonu srovnatelného s nominálním výkonem linky.



Obr. 7: V profil před a po zlepšení
(zdroj: [13])

Obr. 8: Sigma úrovně po zlepšení
(zdroj: [13])

Bylo opět provedeno opakované 6-ti hodinové měření prostojů a výsledky byly srovnány s analýzou před zavedením zlepšení. Bylo zjištěno, že ve většině případů se délka druhů nežádoucích zastavení zmenšila (38 %) nebo nezměnila či se změnila nepatrně (42 %). Pouze ve 29 % případů prostojů se jejich čas prodloužil. Z délek poruch strojů bylo opět vypočítáno DPMO a z těchto hodnot Six Sigma úrovně pro jednotlivé stroje. po zlepšení. Většina výsledků se pohybuje výrazně nad úrovní 3,5 a hodnoty se po zlepšení u většiny strojů zvýšily.

Kromě délek zastavení se analyzovala také jejich četnost. Celkově lze konstatovat, že po realizaci zlepšení došlo ke zdatnému snížení počtu zastavení. A že všechny stroje se nyní do 30 s zastavují méně. Konkrétně depaletizér o 57,8 %, o 30,4 % vykladač, o 23,5 % myčka, o 50 % plnič, o 83,3 % lepička, o 36,9 % vkladač, o 36,4 % paletizér [13].

Vedle opakovaného 6-ti hodinového měření k zachycení krátkodobého chování linky byl znovu proveden i průzkum dlouhodobých dat (leden a únor 2018). U všech strojů kromě myčky došlo ke zmenšení hodnoty procenta stání. Z těchto dlouhodobých dat byly vypočítány i Sigma úrovně (obrázek 8). K nejvýraznějšímu zlepšení došlo u vkladače, vykladače a paletizéru. Výsledky z krátkodobého i dlouhodobého měření vykazují zdatné zlepšení procesu stáčení jak z hlediska dob zastavení, tak i z hlediska jejich četností.

Na základě těchto závěrů byla vybraná zrealizovaná opatření standardizována a zahrnuta do výrobní dokumentace.

4. Závěr

Cílem tohoto článku bylo ukázat, jak lze efektivně aplikovat metodiku LSS při zlepšování procesu stáčení piva. Je zde detailně popsána realizace jednotlivých fází cyklu DMAIC s relevantními informacemi a zmapováním postupu práce na projektu. V rámci fází měření a analýzy byly identifikovány problémy a příčiny, jež ovlivňovaly chod strojů, tj. zácpy/nedostatky dle pozice stroje na lince, poruchy a jiné druhy zastavení. Nejvíce pozornosti bylo věnováno četnostem zastavení strojů, jež mají vliv na opotřebitelnost pohyblivých částí, nedostatku na vstupu plniče vlivem výskytu mnoha cizích lahví, znečištění lahví na EBI a zácpě na výstupu plniče, způsobenou více faktory.

V rámci fáze zlepšování se zavedla zlepšení jako přizpůsobení rychlostí strojů doporučenému nastavení, seřízení automatického sortovacího stroje, změna mazacího média dopravníků a pravidelné čištění čidel EBI, přidání stoperu před vykládač, zvýšení prodlevy mezi přepínáním rychlostí u vkládače, změna pozice fotonek před paletizací za účelem zvýšení využití dopravníků a zrychlení pohybu palet za foliovačem změnou programového nastavení. Ne všechna navrhovaná opatření se podařilo zrealizovat (např. testování a úpravu celé koncepce ručního sortingu). Navzdory této skutečnosti bylo ve fázi řízení zjištěno zlepšení chodu strojů na lince. Konkrétně všechny stroje splnily cíl snížení četnosti zastavení o 20 %. Z průzkumu dlouhodobých dat a stanovení rozdílu Sigma úrovně před a po zlepšení je patrný nárůst Sigma úrovně z pohledu nežádoucích stavů i poruch s jedinou výjimkou myčky lahví. Nejvíce patrné zlepšení chodu je u vykládače, vkládače a paletizéru.

Sledovanými metrikami v rámci celého projektu byly počty zastavení a efektivita ME. Co se týká počtu zastavení, tohoto cíle bylo dosaženo.

Použitá literatura

- [1] Bendell, T.: A Review and Comparison of Six Sigma and the Lean Organisation. *TQM*, sv. 18, č. 3, 2006, ss. 255-262.
- [2] Brun, A.: Critical Success Factors of Six Sigma Implementations in Italian Companies. *International Journal of Production Economics*, sv. 131, č. 1, ss. 158-164, 2011.
- [3] De Gracia, S.: *The Implementation of Lean Six Sigma Methodology in the Wine Sector: An Analysis of a Wine Bottling Line in Trentino*. Diplomová práce. Trento: University of Trento, 2013.
- [4] Devane, T.: *Integrating Lean Six Sigma and High-Performance Organizations: Leading the Charge Toward Dramatic, Rapid and Sustainable Improvement*. New York: J. Wiley & Sons, 2004.

- [5] Dewa, M. a kol.: Root Cause Analysis for Reduction of Waste on Bottle Filling and Crowning Operations. *Sborník z SAIIE25*, Stellenbosch, 2013.
- [6] Drohomerecki E. a kol.: Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an Analysis Based on Operations Strategy. *International Journal of Production Research*, sv. 52, č. 3, 2014, ss. 804-824.
- [7] George, M.: *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed*. New York: McGraw-Hill, 2002.
- [8] Goyal, N.: Brewing a Better Bear with TQM, 2011. Dostupné z: <https://www.isixsigma.com/methodology/total-quality-management-tqm/brewing-better-beer-tqm>.
- [9] Gutiérrez, L. J. G. a kol.: Six Sigma, absorptive Capacity and Organizational Learning Orientation. *International Journal of Production Research*, sv. 50, č. 3, 2012, ss. 661-675.
- [10] Heystek, M. Ch.: *A Lean Six Sigma Approach Improving the Changeover Time on a Packing Line at South American Breweries Limited*. Bakalářská práce. Pretoria: University of Pretoria, 2012.
- [11] Chen a kol.: From Value Stream Mapping Toward a Lean/Sigma Continuous Improvement Process: An Industrial Case Study. *International Journal of Production Research*, sv. 48, číslo 4, 2010, ss. 1069-1086.
- [12] Linderman, K. a kol.: Six Sigma: a Goal-Theoretical perspective. *Journals of Operations Management*, č. 21, 2003, ss. 193-203.
- [13] Moravec, J.: *Optimalizace výrobní linky v pivovaru s využitím Lean Six Sigma*. Diplomová práce. Ostrava: VŠB-TUO, 2018.
- [14] Ohno, T.: *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Cambridge: Productivity Press, 1988.
- [15] Reosekar, R. S. a Pohekar, S. D.: Six Sigma Methodology: a Structured Review. *International Journal of Lean Six Sigma*, sv. 5, č. 4, 2014, ss. 392-422.
- [16] Shah, R. a Ward, P. T.: Defining and Developing Measures of Lean Production. *Journal of Operations Management*, č. 25, 2007. ss. 785-805.
- [17] Shokri, A.: Quantitative Analysis of Six Sigma, Lean and Lean Six Sigma Research Publications in Last Two Decades. *International Journal of Quality and Reliability Management*, sv. 34, č. 17, 2017, ss. 598-625.
- [18] Six Sigma DMAIC Roadmap, dostupné z: <https://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/dmaic/six-sigma-dmaic-roadmap/>
- [19] The Three Evils of Manufacturing, April 21, 2015, dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/muda-mura-muri/>
- [20] Vrellas, Ch., G. a Tsiotras, G. D.: Quality Management in the Global Brewing Industry. *International Journal of Quality and Reliability Management*, sv. 32, č. 1, 2015, ss. 42-52.
- [21] Womack, J. P. a D. T. Jones: *Lean Thinking*. New York: Simon a Schuster, 1996.
- [22] Womack, et al.: *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates/Macmillan Publishing Company, 1990.
- [23] Zhang a kol.: Lean Six Sigma: A Literature Review. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, sv. 3, č. 10, 2012, ss. 599-605.

Poděkování

Tento článek byl zpracován jako součást projektu specifického výzkumu č. SP2018/109, řešeného na Fakultě metalurgie a materiálového inženýrství VŠB-TU Ostrava.