



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Ekonomická fakulta



Taktování výroby skladové automatizace ohýbacích nástrojů ToolMaster

Bakalářská práce

Studijní program: B6208 – Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R085 – Podniková ekonomika

Autor práce: **Karel Matějka**

Vedoucí práce: Ing. Eva Štichhauerová, Ph.D.





Zadání bakalářské práce

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Karel Matějka**
Osobní číslo: E16000568
Studijní program: B6208 Ekonomika a management
Studijní obor: B6208R085 – Podniková ekonomika
Zadávající katedra: katedra podnikové ekonomiky a managementu
Vedoucí práce: Ing. Eva Štichhauerová Ph.D.
Konzultant práce: Jaroslav Uhnavý
TRUMPF Liberec, spol. s r.o. - dispečer výroby

Název práce: **Taktování výroby skladové automatizace ohýbacích nástrojů
ToolMaster**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická báze lean managementu.
2. Historie společnosti v souvislosti s lean managementem.
3. Analýza třítaktové výroby stroje ToolMaster.
4. Návrh zavedení čtyřtaktové výroby.
5. Ekonomické vyhodnocení.

Seznam odborné literatury:

- GUBER, Florian a Mathias KAMÜLLER. 2018. *SYNCHRO. Das Buch: Der lange Weg zur Exzellenz bei TRUMPF*. Deutschland: LOG_X. ISBN 978-39-322-9868-4.
- KEŘKOVSKÝ, Miloslav. 2009. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. Praha: C. H. Beck. ISBN 978-80-7400-119-2.
- LIKER, Jeffrey a James FRANZ. 2011. *The Toyota Way to Continuous Improvement: Linking Strategy and Operational Excellence to Achieve Superior Performance*. New York: McGraw-Hill. ISBN 978-00-714-7746-8.
- ROTHER, Mike. 2017. *Toyota kata: systematickým vedením lidí k výjimečným výsledkům*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0435-2.
- SINEK, Simon. 2013. *Začněte s proč: jak vůdčí osobnosti inspirují k činům*. Brno: Jan Melvil. ISBN 978-80-87270-55-4.
- PROQUEST. 2018. *Databáze článků ProQuest* [online]. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest. [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: <http://knihovna.tul.cz/>

Rozsah práce: min. 30 normostran
Forma zpracování: tištěná / elektronická
Datum zadání práce: 1. října 2018
Datum odevzdání práce: 31. srpna 2020



prof. Ing. Miroslav Žižka, Ph.D.
děkan Ekonomické fakulty

prof. Ing. Miroslav Žižka, Ph.D. (v.z.)
vedoucí katedry

V Liberci dne 31. října 2018

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 texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.

14. 4. 2019

Karel Matějka



Poděkování

Tímto bych rád poděkoval společnosti TRUMPF Liberec, spol. s r.o. za spolupráci. Velké díky a hluboká poklona patří zejména členům teamu ToolMaster za jejich podporu a možnost popsat a účastnit se na celém projektu. Bez jejich nasazení, nápadů a vytrvalosti by se projekt neobešel.

V neposlední řadě děkuji paní Ing. Evě Štichhauerové, Ph.D. za odborný dozor, konstruktivní kritiku, investovaný čas a velkou trpělivost při zpracování této práce.

Anotace

Bakalářská práce na téma „Taktování výroby skladové automatizace ohýbacích nástrojů ToolMaster“ se zabývá vyvážením taktované montáže strojního zařízení ToolMaster ve společnosti TRUMPF Liberec, s r.o. Mateřská společnost tohoto podniku, TRUMPF GmbH + Co. KG, sídlí v německém městě Ditzingen. Cílem bakalářské práce je zmapování současného stavu montáže ToolMaster, vymezení požadovaného cílového stavu a navržení způsobu, jak s využitím nástrojů štíhlé výroby a outsourcingu cílového stavu dosáhnout. V první části bakalářské práce jsou představena teoretická východiska štíhlé výroby, která jsou následně v případové studii porovnána s interpretací přístupu lean ve skupině TRUMPF – SYNCHRO. V další části případové studie je provedena analýza současného stavu třítaktové montáže ToolMaster pomocí mapování hodnotového toku výroby. Na základě poznatků této analýzy je stanoven návrh čtyřtaktové výroby. Závěr bakalářské práce tvoří shrnutí poznatků autora a doporučení pro další vývoj projektu.

Klíčová slova

TPS, takt, cyklový čas, mapování hodnotového toku, balancování linky

Annotation

The bachelor thesis with the topic on „Takt Line Balancing of the Storage Automation for the ToolMaster Bending Devices” inquires balancing the assembly takt of the ToolMaster unit within the TRUMPF Liberec, Inc., which is a daughter company of TRUMPF GmbH + Co. KG from Ditzingen. The aim of the bachelor thesis is to map the current state of the ToolMaster assembly, draw the target state and propose how to reach the state with the application of lean methods and outsourcing. The first part of the thesis focuses on the introduction of lean methods, which are subsequently compared with the interpretation of “lean” within the TRUMPF group – SYNCHRO. The second practical part of the thesis analyzes the current state of the ToolMaster assembly through the mapping of the production value stream. Consequently, a four-takt production is drafted based on the analysis. The conclusion consists of the author’s findings summary and recommendation for further development of the project.

Key words

TPS, takt, cycle time, value stream mapping, line balance

Obsah

Seznam použitých zkratk	13
Seznam ilustrací	14
Seznam tabulek	15
Úvod	17
1 Vybrané pojmy z oblasti štihlé výroby	19
1.1 Vývoj lean.....	19
1.2 Výrobní systém Toyota.....	20
1.2.1 TPS dům	21
1.3 Muda	22
1.4 Jidoka	23
1.5 Flow – tok	23
1.6 Princip tahu	24
1.7 Taktování	25
1.8 Mapování toku hodnot	26
1.9 Výroba světové úrovně	27
2 Outsourcing	29
2.1 Výhody a nevýhody outsourcingu	30
3 Případová studie ve společnosti TRUMPF Liberec, spol. s r.o.	33
3.1 Představení skupiny TRUMPF GmbH + Co. KG.....	33
3.2 Představení společnosti TRUMPF Liberec, spol. s r.o.	34
3.3 SYNCHRO – vývoj lean ve skupině TRUMPF	35
3.3.1 Zavedení SYNCHRO	37
3.3.2 SYNCHRO dům.....	37
3.3.3 SYNCHRO principy excelence ve výrobě	40
3.4 Představení strojního zařízení ToolMaster	42
3.4.1 Soupis podsestav	43

3.5	Analýza třítaktové montáže stroje ToolMaster	44
3.5.1	Mapa hodnotového toku pro původní stav výroby	45
3.5.2	Montážní proces třítaktové výroby	47
3.5.3	Layout třítaktové montáže.....	49
3.5.4	Poptávka zákazníka	50
3.5.5	Rozbor montážních taktů	50
3.5.6	Shrnutí poznatků z analýzy	51
3.6	Cílová čtyřtaktová montáž stroje ToolMaster	52
3.6.1	Cílová mapa toku hodnot	52
3.6.2	Outsourcing	55
3.6.3	Balancování montážní linky ToolMaster	58
3.6.4	Layout čtyřtaktové montáže	59
3.7	Obecné porovnání výchozího a cílového stavu	60
3.8	Nákladové porovnání výchozího a cílového stavu	61
	Závěr.....	63
	Seznam citací	65

Seznam použitých zkratek

CT	Cycle Time (čas cyklu)
JIT	Just in Time (právě včas)
NVA	Non Value Added (časy nepřidávající hodnotu)
TAT	TRUMPF Maschinen Austria GmbH + Co. KG
TCZW	TRUMPF Liberec
TPS	Toyota Production System (výrobní systém Toyoty)
TRUMPF Liberec	TRUMPF Liberec, spol. s r.o.
TT	Takt Time (čas taktu)
VA	Value Added (časy přidávající hodnotu)

Seznam ilustrací

Obr. 1: TPS dům.....	21
Obr. 2: Symboly mapy hodnotového toku	27
Obr. 3: Vliv SYNCHRO na výrobu TruLaser.....	36
Obr. 4: Implementační etapy	37
Obr. 5: SYNCHRO dům	38
Obr. 6: Vizualizace excelence procesu v TRUMPF	40
Obr. 7: Výhody průtokové linky	40
Obr. 8: Průtokové výrobní linky v TRUMPF	41
Obr. 9: ToolMaster	43
Obr. 10: Value stream mapa třítaktové montáže.....	46
Obr. 11: Původní layout třítaktové montáže	49
Obr. 12: Původní třítaktová výroba.....	51
Obr. 13: Mapa hodnotového toku čtyřtaktové montáže.....	53
Obr. 14: Mapa hodnotového toku čtyřtaktové montáže s návrhy na zlepšení	54
Obr. 15: Princip fungování externího skladu v projektu ToolMaster	55
Obr. 16: Třítaktová montáž ToolMaster po outsourcingu.....	57
Obr. 17: Znárodnění balancování montážní linky ToolMaster	58
Obr. 18: Konečné rozvržení čtyřtaktové montáže ToolMaster	59
Obr. 19: Layout čtyřtaktové montáže ToolMaster	60

Seznam tabulek

Tab. 1: Rozdíly a výhody toku jednoho kusu a dávkové výroby	24
Tab. 2: Rozpis operací 3 taktové montáže ToolMaster	47
Tab. 3: Rozpis činností 3 taktové montáže ToolMaster	50
Tab. 4: Seznam vyskladněných podsestav	56
Tab. 5: Stav třítaktové montáže po outsourcingu podsestav	57
Tab. 6: Seznam vyskladněných podsestav dle taktů.....	58
Tab. 7: Srovnání původního a cílového stavu	60
Tab. 8: Ušetřené náklady outsourcingem	61

Úvod

Práce se zabývá taktováním výroby automatického skladovacího stroje ToolMaster pro ohýbací nástroje TruBend, což je automatizovaný sklad minimalizující čas výměny nástrojů s maximálním užitekem skladovací plochy.

Hlavním cílem bakalářské práce je analýza současného stavu třítaktové montáže ToolMaster a návržení cílového čtyřtaktové montáže za využití outsourcingu a balancování výroby.

Bakalářská práce je rozdělena do tří hlavních částí. V první části je provedena stručná literární rešerše ve vztahu k řešené problematice. Bakalářská práce se zaměřuje především na výrobní systém lean vyvinutý společností Toyota. V rozsahu nezbytném pro pochopení tématu jsou teoreticky vymezeny základní pojmy, jako je plýtvání, nulová chybovost, tah, čas taktu, čas cyklu, balancování výroby, mapování hodnotového toku a outsourcingu.

Druhá část bakalářské práce obsahuje případovou studii ve společnosti TRUMPF Liberec, spol. s r.o. Nejprve je uvedena interpretace dříve uvedených teoretických pojmů v kontextu skupiny TRUMPF pomocí tzv. SYNCHRO, což je firemní filozofie lean skupiny TRUMPF. Z důvodu zaměření bakalářské práce jsou představena především témata spojená s vlivem na taktování montáže ToolMaster.

V třetí části bakalářské práce je analyzován současný stav třítaktové montáže ToolMaster pomocí mapování hodnotového toku výroby. Dojde k rozboru jednotlivých výrobních taktů, analýze layoutu a zjištění poptávky zákazníka. Z výsledků analýzy vyplývá další postup pro definici cílového stavu potřebného k uspokojení požadované poptávky zákazníka pomocí balancování výroby.

Autor práce k závěru uvádí doporučení při další integraci a popisuje současnou realitu ve výrobě strojního zařízení ToolMaster, která se v průběhu zpracování bakalářské práce značně změnila.

1 Vybrané pojmy z oblasti štihlé výroby

Úvod práce se zaměřuje na představení historického vývoje štihlé výroby. Cílem této kapitoly je představení vybraných pojmů a nástrojů štihlé výroby v rozsahu potřebném pro správné pochopení problematiky řešené v případové studii.

1.1 Vývoj lean

Dle Womacka, Jonese a Roose (2007) je lean manufacturing neboli štihlá výroba definována souborem metodik k docílení optimálního výrobního toku, hodnotově postavené firemní kultury a nástroji ke zlepšování procesů. Pojem lean vyjadřuje agilitu štihlého výrobního systému, který i s méně zdroji docílí kladných výsledků.

Další definicí lean ve výrobním kontextu je důsledné nastavení přímých i nepřímých výrobních procesů za účelem maximalizace přidané hodnoty výrobku pomocí minimalizace plýtvání. Tímto se lépe dosahují cíle výroby (Zahn, 1993).

Podobná je interpretace dle Wöheho (2013), kdy se pod lean rozumí nastavení výrobních procesů dle ekonomického principu. Díky odstranění nepotřebných procesů dochází k redukci nákladů, zvýšení kvality a naplnění přání zákazníka.

Výše vypsání definice se částečně odlišují, ale v jádru věci staví na stejných principech. Lean jsou hodnotově nastavené procesy s minimální ztrátou za účelem maximalizace přidané hodnoty s cílem uspokojit zákazníka.

V Massachusetts Institut of Technology bylo podniknuto v rámci International Motor Vehicle Programm celosvětové srovnání výrobců automobilů. Tato pětiletá studie zkoumala rozdíly v automobilovém průmyslu v Evropě, USA a Japonsku. Důvodem této studie byl výrazný nárůst několika japonských automobilových závodů v čele se společností Toyota v oblasti flexibility, kvality a produktivity ve srovnání s ostatními výrobci na evropském a americkém trhu.

Na základě úspěchu štihlých principů výroby v Japonsku se rozšířila tato filozofie napříč společnostmi a upevnila své uplatnění i v podpůrných procesech výroby, jako je logistika, prodej, nákup, vývoj a všeobecná administrativa (Shook, 2018). Základním předpokladem k rozšíření principů štihlé výroby je zavedení lean managementu. Lean management se

nesoustředí pouze na výrobní procesy, ale snaží se optimalizovat funkce, struktury a všechny aspekty organizace (Pfeiffer, Weiß, 1994).

Nestačí však pouze používat štíhlé nástroje. Aby společnost mohla být považována za skutečně štíhlou, musí být štíhlé myšlení převzato všemi pracovníky od úrovně top managementu až po pracovníky výroby a integrováno do každodenního pracovního nasazení (Liker, Franz, 2011). Pokud je tento předpoklad splněn, lze směřovat rozšíření štíhlé filozofie až do sítě partnerů, aby byl docílen i optimální externí vliv přímých a blízkých dodavatelů na společnost (Pfeiffer, Weiß, 1994).

1.2 Výrobní systém Toyota

Za jednu z nejvíce inovačních společností na poli lean se považuje společnost Toyota, která vyvinula vlastní výrobní systém (angl. *Toyota Production System*, TPS).

Výrobní systém Toyota je výchozím základem pro zákaznický a společensky orientovaný průmyslové výroby. Umožňuje docílit ve společnosti a nabídnout jednotlivcům produkt s minimálními materiálovými náklady, minimálním dopadem na životní prostředí a maximální přidanou hodnotu (Ohno, 2005).

Filozofie Toyoty je charakteristická podřízením potřeb jednotlivců ve prospěch dlouhodobých cílů společnosti. Další důležitou filozofií rodiny Toyoda je osobně se podílet na práci ve společnosti, vyvíjet nové impulsy ke zlepšení a následovat dlouhodobé cíle firmy (Liker, Franz, 2011).

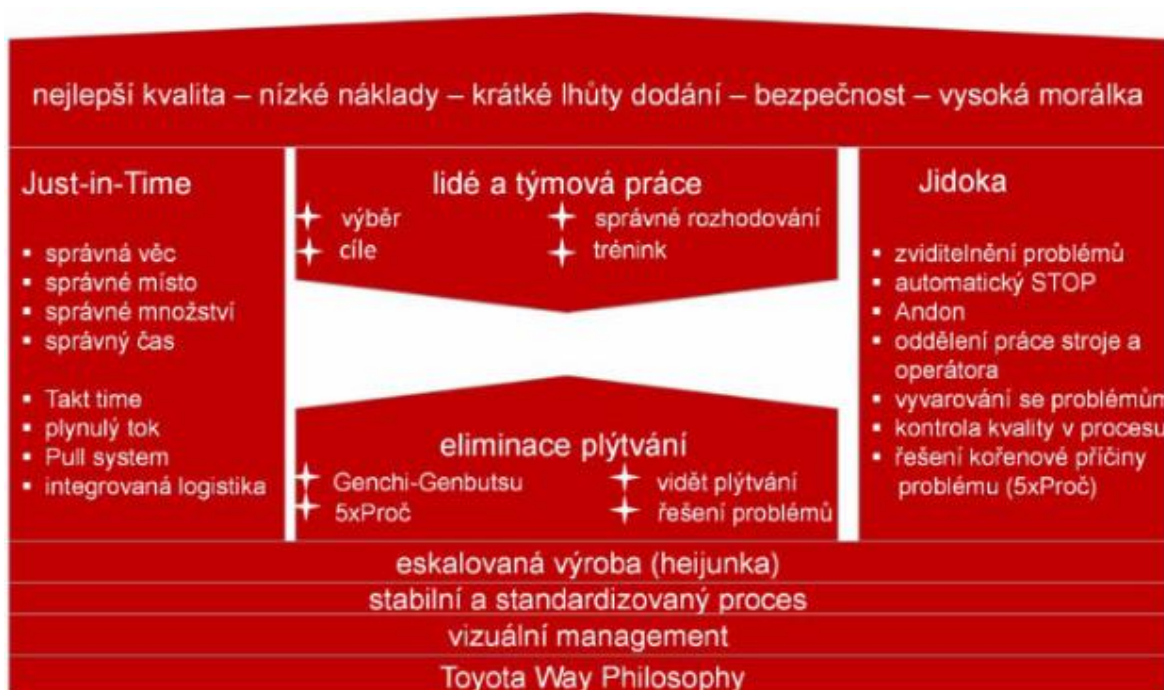
V mezinárodním měřítku v kontextu štíhlé výroby nejvíce vyčnívala počátkem 20. století společnost Ford, která díky své masové výrobě slavila celosvětový úspěch (Liker, Franz, 2011). Nutnost obstát v boji s konkurenčními a mezinárodními trhy Evropy a USA donutila tehdejšího výrobního ředitele Taiichiho Ohna vyvinout TPS (Dickmann, 2015). Ostatně i podle samotného Ohna (2005) vznikl TPS z nutnosti, kterou on označuje za všeobecný důvod vzniku všech zlepšení.

Důležitým bodem v TPS je princip Just in Time, který v krátkém čase dokáže reagovat s patřičným množstvím na zákaznická přání.

V neposlední řadě stojí i princip nulové chybovosti, neustálé zlepšování a minimalizace nevhodných procesů. Nic nesmí ohrozit tok výroby. TPS není pouze souborem principů a zásad. Jedná se o efektivně do sebe zapadající komplexní systém, který funguje pouze jako dynamický celek (Liker, Franz, 2011).

1.2.1 TPS dům

Struktura TPS je zachycena v domě hodnot. Dům je rozdělen do jednotlivých sekcí. Jedná se o fundament v podobě základů pro fungování TPS, pilíře Just-in-time, Jidoka a střechu dlouhodobě aspirovaných hodnot. Střední sekce domu je tvořena prací s lidmi a eliminací plýtvání. Detailnější rozpis lze vidět na Obr. 1 níže.



Obr. 1: TPS dům
Zdroj: API, 2015.

Jak lze interpretovat ze střechy TPS domu, tak hlavními cíli jsou hodnoty přispívající k vysoké přidané hodnotě výrobku. Jedná se i o cíle spojené se zaměstnanci, jakou jsou morálka a bezpečnost. Význam zaměstnanců je vyzdvižen ve středu domu. Lze je považovat za jeho obyvatele, bez kterých by byl dům prázdný a vepsané hodnoty a cíle by nebylo možné dosáhnout.

1.3 Muda

V konceptech lean pochází pojem plýtvání z japonského slova muda a označuje všechny druhy plýtvání a ztrát, které způsobí snížení efektivnosti či hospodárnosti organizace. K úspěšné implementaci TPS patří správná identifikace plýtvání. Existuje sedm níže popsaných druhů plýtvání, které je třeba odstranit k docílení štíhlého podniku (Ohno, 2005):

- **nadprodukce** – vyrobené množství produktů je vyšší než zákazníkem požadované, což znamená, že neodpovídá poptávce zákazníka.
- **Čekání** – z důvodu procesních závad nebo prostojů nepodává pracovník nebo stroj požadovaný výkon. V tomto stavu nedochází k výrobě a tímto tvorbě přidané hodnoty výrobku.
- **Zásoby** – držení nadměrného množství surovin, spotřebního materiálu, polotovarů a hotových výrobků váže na sebe majetkovou náročnost; zejména nadbytečné množství hotových výrobků ve formě skladových zásob představuje největší riziko vázaných financí; zvyšuje se tím hrozba poničení materiálu, neodpovídající specifikace zákazníka a zkrácení životnosti výrobku.
- **Transport** – jedná se o nutnou přepravu materiálu na pracoviště; zbytečná, nelogická a komplikovaná přeprava materiálu prodlužuje dobu výroby a tím zvyšuje náklady.
- **Nekvalita** – nedostatečná kvalita výrobku vede v lepším případě k opravě chyb vadnou výrobou; v horších případech může nekvalita vézt až k naprosté likvidaci výrobku; v takovýto okamžik jde o dvojitou ztrátu; zanikne hodnota původního výrobku a musí se investovat další zdroje do opětovné výroby.
- **Nadbytečné zpracování** – je vše, co se ve výrobním procesu přímo odehrává, ale nezvyšuje přidanou hodnotu výrobku.
- **Nadbytečné pohyby** – neefektivní pracovní kroky, nevyhovující uspořádání a ergonomie pracoviště přispívají k nárůstu času zpracování a tím i k nárůstu nákladů (Dickmann, 2015).

Bývá uváděn i osmý druh plýtvání, **mrhání talentem**, za což je považována nedostatečná, pozdní nebo promarněná identifikace potenciálu pracovníka. Jde o nevyslyšené nápady, schopnosti a zlepšení přispívající k posunu společnosti (MANAGEMENTMANIA, 2018).

1.4 Jidoka

Jidoka je japonský výrobní princip, pomocí kterého dochází k zastavení výrobního procesu v případě chyby, za kterou se považuje jakákoliv odchylka od standardu výroby. Dojde k zastavení celého výrobního procesu, zjištění příčiny, analýzy a odstranění odchylky od standardu. Po obnově výrobního procesu dochází ke stanovení dlouhodobého opatření pro odstranění chybové příčiny. Zamezí se tak ztrátám na materiálu a času. Cílem je dosáhnout nulové chybovosti (Lhotský, 2005).

Nastavit výrobní proces k automatické eliminaci nebo identifikaci chyby je základem principu chybovost. Tento seberegulační princip se nazývá Poka-Yoke. Aby se výrobní proces obešel bez chyb, musí se tyto chyby včas identifikovat a trvale odstranit dříve, než se dostanou do okamžiku, kdy se zvyšuje přidaná hodnota produktu. Ve výrobní praxi se může jednat o různé přípravky, pracovní pomůcky, šablony, kamerové systémy apod., které na první pohled odhalí odchylky od standardu a tím zabrání dopadu chyb (Takeda, 2012).

1.5 Flow – tok

Výroba v jednotném toku umožňuje minimalizovat průběžnou dobu výroby a zaručí kontinuální zvyšování přidané hodnoty výrobku. Výhodou jsou nízké skladové zásoby a rozpracovanost výroby, protože sled procesů na sebe logicky navazuje. Existuje celá řada dalších výhod (Guber, Kamüller, 2018):

- nízká průběžná doba výroby;
- vysoká produktivita a vytížení výrobní plochy;
- předpoklad ke standardizaci;
- strukturovaný tok informací a materiálu;
- jednodušší plánování výrobních kapacit;
- okamžitá transparence dodržení termínů, chybovosti a rozpracovanosti výrobku;
- vyšší bezpečnost práce.

Optimální variantou takovéto výroby je tok jednoho kusu (angl. *one-piece flow*). V ideálním případě pak materiál bez prodlevy putuje ve výrobní dávce jednoho kusu po jednotlivých výrobních krocích. Velikost výrobní dávky je pak hlavním rozdílem mezi tokem ve výrobní

dávce větší než jednoho kusu a tokem jednoho kusu (Rother, 2017). K přehlednějšímu porovnání slouží Tab. 1:

Tab. 1: Rozdíly a výhody toku jednoho kusu a dávkové výroby

Dotčené oblast	Tok jednoho kusu	Dávková výroba
Operátoři	Pracují jako tým ve výrobním systému. Okamžité odhalení problému předcházejícího operátora. Vyšší morální zapojení.	Pracují jako jednotlivci. Není příliš snaha spolupracovat s jinými částmi výrobního procesu. Nevidí dopad svých chyb.
Výrobní produktivita	Vysoká – soubor operací pracuje v systému tahu. Snadné rozpoznání pracovní efektivity.	Nutnost vytvářet zásoby v případě, že se změní některé požadavky. Velké množství prací nepřidávající hodnotu.
Vedení a úsilí	Tým přebírá zodpovědnost za provedenou práci a dodržení dohodnutého pracovního času. Jakýkoliv problém je ihned zřetelný.	Nutnost konstantního dohledu 100 % pracovníků. Problémy se eskalují až po zjištění významného problému.
Zákazník	Pracovní cyklus je velmi rychlý a snadno předvídatelný. Rychlejší odhalení chyb a možnost zavedení nápravného opatření.	Výrobní cyklus je příliš dlouhý a nevariabilní. Zavedení nápravných opatření je zdlouhavé.
Obchodní partneři, prodejci, IT	Velmi rychlá odpověď výrobního procesu na požadavky přepracování.	Velký problém je jakýkoliv druh přepracování. Většina výroby je v určitém stádiu rozpracovanosti.

Zdroj: CIE-GROUP, 2019

Z Tab. 1 je vidět, že ze systému toku jednoho kusu profituje společnost napříč úseky a ovlivňuje výrobní ukazatele. Především působí i externě pozitivně na zákazníka.

1.6 Princip tahu

Princip tahu (angl. *pull principle*) se ve výrobě využívá ve spojitosti s přepravou výrobku mezi jednotlivými procesními kroky ve správný okamžik a požadovaného množství s patřičnou kvalitou. Vyrábí se pouze, pokud existuje potřeba. Jedná se o řetězový efekt, kdy pracoviště vyrábí pouze za předpokladu, že následující pracoviště odebere požadované množství výrobku (Brenner, 2015). Výroba je díky tomu flexibilní a dokáže okamžitě reagovat na potřeby zákazníka. Nevznikne kvůli tomu nadbytečná výroba, udržuje se nízký stav rozpracovanosti a optimalizují skladové zásoby.

Příkladem tohoto systému tahu je nástroj kanban, kdy je pomocí vizualizace znázorněna spotřeba a případná potřeba další dávky materiálu ke spotřebě. Nejčastěji je využit systém signalizačních štítků. Japonské slovo kanban lze v některých případech překládat do češtiny

jako „štítek“. Principu lze naprosto efektivně využít pouze při jasné signalizaci a transparentci (Guber, Kamüller, 2018).

Optimálním tažným systémem je systém Just in Time (JIT, česky „právě včas“), který je postaven na základě procesního řetězce. Impuls k tahu materiálu na další pracoviště nevychází od první operace, ale vychází od poslední. Tímto se zaručí například to, že se nevynechá žádný potřebný výrobní krok. Další výhody JIT dle Ohna (2005) jsou:

- plánování, zakázková výroba;
- eliminace zásob;
- snížení nadprodukce;
- odstranění zbytečných pohybů;
- zvýšení plynulého toku ve výrobě;
- odstranění nadbytečných zaměstnanců;
- realizace jasné a dlouhodobé strategie.

1.7 Taktování

Taktování výroby se odvíjí od času taktu (angl. *Takt Time*). Jednotlivé výrobní takty jsou stejně dlouhé a mají definovaný sled operací. Po uplynutí času taktu se výrobek posune v řetězci na takt další, až dojde k vyhotovení finálního výrobku posledním taktem (Guber, Kamüller, 2018).

Matematicky lze tedy čas taktu vyjádřit jako podíl skutečného, efektivního operačního času a poptávky zákazníka. Efektivní operační čas je plánovaný dostupný čas bez plánované údržby, přestávek, úklidu a plánovaných výrobních schůzek. Čas taktu je níže znázorněn ve vzorci (1) (Rother, 2017).

$$\text{Čas taktu} = \frac{\text{efektivní operační čas}}{\text{poptávané množství zákazníka}} \quad (1)$$

V souvislosti s vyrovnáním výroby v rámci taktování prováděno tzv. „balancování linky“ (angl. *line balancing*), kdy se pracovní úkony časově rovnoměrně rozdělí na jednotlivá procesní stanoviště. Délka trvání těchto úkonů se udává v čase cyklu (angl. *Cycle Time*).

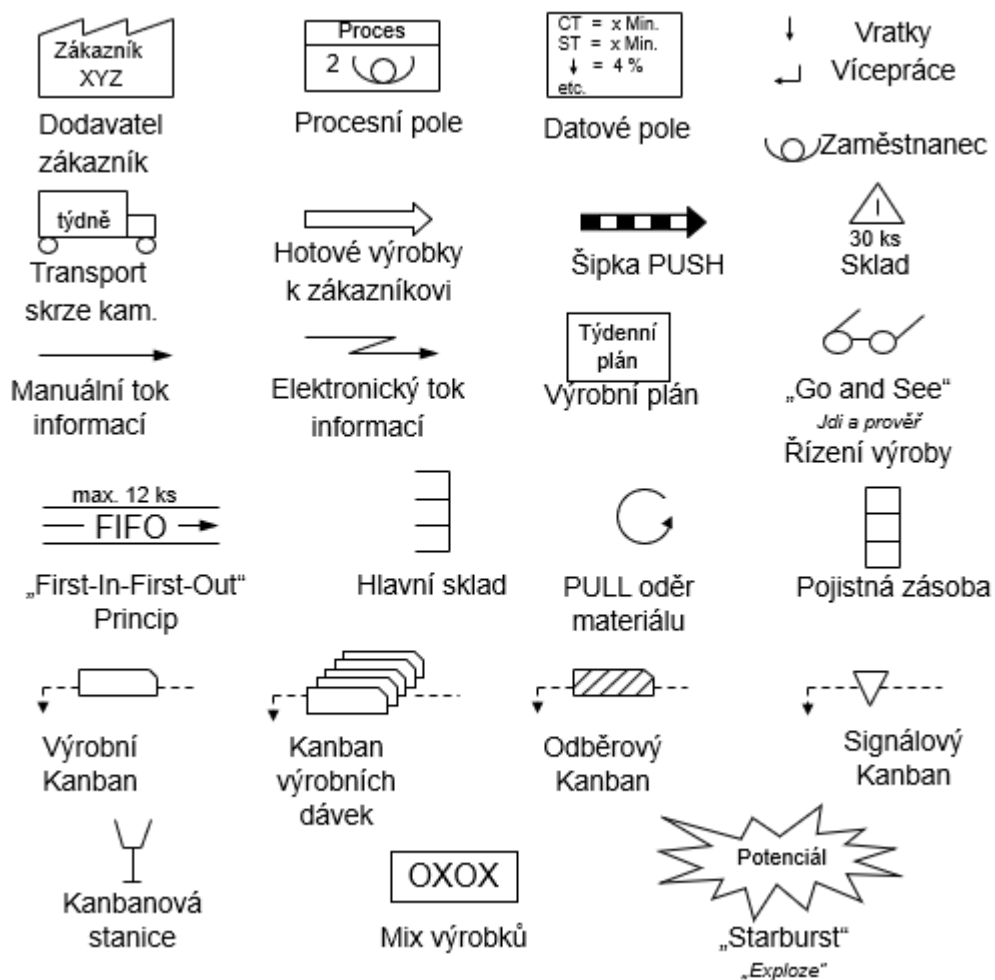
Čas cyklu začíná okamžikem, kdy produkt dorazí na dané pracoviště, a končí okamžikem, kdy je na daném pracovišti provedena poslední výrobní operace. Výrobek se pak vždy dle času taktu posune dále (Scholl, 1999).

1.8 Mapování toku hodnot

Mapování toku hodnot (angl. *Value Stream Mapping*) ve výrobě slouží k vizuální transparentnosti procesů zvyšujících přidanou hodnotu produktu a pohybu těchto výrobků v podobě vstupního materiálu, rozpracované výroby a hotového produktu (Rother, 2017). Cílem je zachytit a časově vyjádřit průběžnou dobu výroby a všechny vstupní faktory v procesu. Hlavními faktory jsou materiál a informace. V případě materiálu se jedná o všechny procesy od příjmu až po expedici materiálu. Informační toky začínají objednávkou, pokračují výrobními instrukcemi a končí opět vývozy.

Pomocí této metodiky lze identifikovat a znázornit plýtvání. Výsledkem mapování toku hodnot je identifikace průběžné doby výroby produktu. Průběžná doba výroby se odvíjí na základě rychlosti obratu materiálu, a tudíž rychlosti zpracování výrobního kroku. K snížení průběžné doby výroby je tedy nutno optimalizovat procesy. Mapování toku hodnot není metodou zlepšování, ale pouze nástrojem měřící efekt zlepšování ve výrobě (Rother, 2017).

Jak již z názvu plyne, jedná se o mapu, která využívá řadu symbolů pro rychlou, snadnou a srozumitelnou interpretaci skutečností. Níže lze naléznout na Obr. 2 seznam symbolů využívaných ve skupině TRUMPF.



Obr. 2: Symboly mapy hodnotového toku
Zdroj: vlastní zpracování.

Postup u mapování toku hodnot spočívá v identifikaci produktové rodiny a vytvoření mapy současného stavu, ve které lze zjistit potenciály ke zlepšení v podobě viditelného plýtvání. Postupuje se od posledního procesního kroku k prvnímu, aby bylo zaručeno, že mapa obsahuje veškeré výrobní kroky. Dalším krokem je vytvoření a implementace budoucího stavu pomocí mapování toku hodnot. Jedná se o optimalizovaný stav, kdy je odstraněno plýtvání ze současného stavu (Klevers, 2007).

1.9 Výroba světové úrovně

V čím dál ostřejším konkurenčním boji v rámci globalizace se podniky musí specializovat a nastavit základní směr strategického fungování pomocí principů k dosažení výroby světové úrovně (angl. *World Class Manufacturing*). Jedná se o všeobecný základ výrobních systémů.

Dle Keřkovského (2009) by se výrobní společnosti měly řídit dle těchto základních strategií:

- **výrobní strategie** – součástí strategie jsou výrobky špičkové kvality dosažené pomocí kontinuálního zlepšování kvality s důrazem na komunikaci mezi zákazníkem, konstruktérem, technologem a dodavatelem.
- **Strategie uspořádání výrobního procesu a materiálových toků** – komponenty této strategie jsou krátké materiálové toky, pohyb za účelem přidané hodnoty a minimalizace operací bez přidané hodnoty.
- **Strategie rozmístění výroby** – je umístění výroby pro optimální náklady s nejlepšími podmínkami pro služby zákazníkovi.
- **Strategie zásobování** – systém dodavatelů je integrován do výrobního systému a zavází JIT.
- **Strategie řízení lidských zdrojů v oblasti výroby** – důraz je kladen na vysokou participaci a motivaci, vysokou kvalifikaci a flexibilitu, podpora vzájemné důvěry, otevřenou komunikaci a týmového ducha zaměstnanců.
- **Plánování výroby** – maximalizace využití kapitálu, racionální plánování a pozornost věnovaná stabilitě výrobního procesu jsou známky dobrého plánování výroby.
- **Přístup k řízení zásob** – držení minimálních zásob, JIT, minimální rozpracovanost a průběžná inventarizace zásob jsou součástí správného přístupu.
- **Přístup k řízení jakosti** – vysoká kvalita je dosažena řízením a participací pracovníků. Jedná se o jeden z hlavních nástrojů k snižování nákladů a zvyšování zisku.
- **Řízení údržby** – preventivní a menší opravy jsou prováděny pracovníky.

Výrobu světové úrovně lze interpretovat jako základní skelet, podle kterého se řídí výrobní strategie světových společností. Principy jsou podobné a částečně shodné s některými principy TPS.

2 Outsourcing

Důležitou součástí pro transformaci třítaktové montáže na montáž čtyřtaktovou je outsourcing podsestav, proto následující kapitola pojednává o teoretickém teoretické bázi k této metodice.

Definice významu slova outsourcing pochází z anglického jazyka složením tří slov outside resource a using, což v češtině znamená využití vnějších zdrojů. Základem je kompletní nebo částečné vyjmutí procesní činnosti z řetězce vnitřních procesů a přenesení jejího výkonu, kompetence a odpovědnosti na externí společnost. Předpokládá se, že tato externí společnost vykonává tuto specifickou procesní činnost ze svých zdrojů. Tato metoda přináší své výhody a rizika (Dvořáček, Tyll, 2010).

Outsourcing, či zajištění dodavatelským způsobem, je vhodné pro tzv. sekundární procesy (činnosti). Strategickou analýzou společnosti se dají identifikovat tyto primární a sekundární procesy. Primární představují hlavní předmět podnikatelské činnosti a sekundární slouží jako podpora k udržení procesů primárních. Porterův generický hodnotový řetězec organizace pomáhá tyto procesy následovně dělit na (Dvořáček, Tyll, 2010):

- **primární činnosti**, mezi které patří řízení vstupních operací, výroba a provoz, řízení výstupních operací, marketing, odbyt a servisní služby;
- **sekundární (podpůrné) činnosti**, mezi které patří obstaravatelská činnost, technologický rozvoj, řízení pracovních sil, infrastruktura podniku.

Primární činnosti jsou přímo spojeny s procesy přidávající bezprostřední přidanou hodnotu konečnému výrobku při fyzické výrobě. (Dvořáček, Tyll, 2010).

2.1 Výhody a nevýhody outsourcingu

Invest Northern Ireland (2018) a Gustav a Vávrová (2007) uvádí následující hlavní výhody outsourcingu:

- **soustředění na hlavní předmět podnikání** – outsourcing uvolní vázané kapacity a dovolí společnosti se soustředit na hlavní firemní strategii.
- **Zvýšená efektivita** – správná volba společnosti při outsourcingu může zvýšit efektivitu výrobního procesu, protože se předpokládá, že daná společnost je expertem v této oblasti.
- **Kontrolované náklady** – úspora spojená s outsourcingem dovolí podniku alokovat investice do jiných strategických oblastí.
- **Zvýšený dosah** – outsourcing umožní přístup ke společnostem, který byl nebyl jinak možný.
- **Vyšší konkurenceschopnost** – dochází k růstu dovedností a zkušeností na základě uvolněných prostředků do strategických úseků.
- **Technologie** – přístup k novým technologiím, kterými disponuje dodavatel.
- **Odpovědnost** – úbytek odpovědnosti za řízení určité oblasti.
- **Transparence** – lepší transparentnost nákladů a jejich evidence.
- **Kompetence** – možnost soustředění na vlastní kompetenci firmy na trhu.

Na druhou stranu uvádí Invest Northern Ireland (2018) a Gustav a Vávrová (2007) i nevýhody spojené s outsourcingem:

- **termíny** – neplnění dodacích termínů může ohrozit konečný termín dodání.
- **Bezpečnost** – sdílení vnitropodnikových informací a znalostí může vést k jejich úniku třetí straně.
- **Ztráta flexibility** – můžou nastat odchylky v rámcové smlouvě na základě různých výkyvů.
- **Personální problémy** – náhlé změny v personálu můžou vést k problémovým situacím.

- **Nestabilita** – společnost zastřešující outsourcingovou činnost může ukončit svoji aktivitu.
- **Externí vztahy** – nutnost vytváření nových externích vztahů, její řízení a kontrola.
- **Informace** – možnost úniku informací mimo podnik.
- **Kvantifikace** – obtížná kvantifikace přínosů.
- **Strukturalizace** – nutnost řešit otázku strukturalizace a pracovních sil.
- **Stagnace** – riziko stagnace zaměřením na úzkou oblast činností.

Je na daném managementu společnosti zvážit výhody a rizika outsourcingu a na základě toho učinit strategické rozhodnutí, zda proces outsourcingu podstoupit (Dvořáček, Tyll, 2010).

3 Případová studie ve společnosti TRUMPF Liberec, spol. s r.o.

Případovou studii společnosti lze rozdělit do čtyř částí. První část představuje skupinu TRUMPF GmbH + Co. KG a TRUMPF Liberec, spol. s r.o., kde je uvedeno krátké shrnutí historií těchto podniků. Dále je vypsáno jejich výrobní portfolio a v případě TRUMPF Liberec, spol. s r.o. jeho hlavní předmět podnikání.

V druhé části autor píše o systému lean ve skupině TRUMPF – SYNCHRO. Je znázorněn SYNCHRO dům s jeho jednotlivými dílčími úseky. Na základě příkladu využití průtokových linek (angl. *flow-line*) napříč společností dochází ke srovnání hodnot TPS a SYNCHRO.

Následující třetí část pojednává o analýze současného stavu třítaktové montáže ToolMaster. Analýza se zaměřuje na mapování toku hodnot, rozbor jednotlivých výrobních činností, layout pracoviště, stanovení poptávky zákazníka a na celkové shrnutí poznatků z této analýzy.

Konečná čtvrtá část na počátku popisuje cílový stav hodnotového toku a na základě toho doporučuje potřebné změny k dosažení tohoto stavu. Stěžejní pro dosažení cílového stavu je outsourcing a balancování montážní linky. Závěr části tvoří porovnání výchozího a cílového stavu.

3.1 Představení skupiny TRUMPF GmbH + Co. KG

TRUMPF je německá rodinná technologická společnost, která byla založena v roce 1923 jako původně mechanická dílna a vyvinula se na celosvětově vedoucí firmu v oblasti výrobní techniky. V současnosti se společnost zabývá i vývojem vlastního IT řešení v souvislosti s průmyslem 4.0 s názvem TruConnect. TRUMPF působí na všech světových trzích. Hlavní sídlo skupiny TRUMPF je v Ditzingenu nedaleko německého Stuttgartu. Skupina TRUMPF obsahuje 66 dceřiných společností a poboček téměř ve všech evropských zemích, v Severní a Jižní Americe i v Asii. Výrobní sídla se nachází v Německu, Číně, České republice, Francii, Velké Británii, Japonsku, Mexiku, Polsku, Rakousku, Singapuru, Švýcarsku a v USA. V obchodním roce 2017/18 společnost dosáhla s 13 420 pracovníky po celém světě obrátu 3,56 miliard euro (TRUMPF, 2019a).

Mezi hlavní produkty firmy patří stroje na zpracování plechu:

- 2D laserové řezací stroje;
- 3D laserové řezací a svařovací stroje;
- lasery na řezání trubek;
- vysekávací stroje;
- kombinované vysekávací a laserové stroje;
- ohýbací lisy;
- automatizace a skladová technika;
- 3D tiskárny na kovový prach.

Mimo strojů zpracovávající plech nabízí společnost i různé doplňující služby. Například platforma TruConnect spojuje stroje, lidi a informace do jedné sítě napojené na přání zákazníka. TruConnect se zaměřuje na nevýrobní procesy a jejich body propojení, skrze které komunikují a předávají si informace. Jedná se o digitální verzi v harmonii se SYNCHRO. Optimalizací těchto procesů pak lze dosáhnout nižší celkové průběžné doby výroby až o 80 % (TRUMPF, 2019b).

3.2 Představení společnosti TRUMPF Liberec, spol. s r.o.

V České republice je TRUMPF zastoupen dvěma dceřinými společnostmi. TRUMPF Praha, spol. s r.o. je servisní a prodejní centrum. TRUMPF Liberec, spol. s r.o. (dále TRUMPF Liberec) je výrobním závodem, který mimo výrobu vlastních strojních zařízení, dodává komponenty strojů do dalších dceřiných firem. TRUMPF Liberec byl založen v roce 2006. Společnost slaví tedy v roce 2019 13 let působení. Ke konci hospodářského roku 2017/18 pracovalo ve firmě 105 zaměstnanců. Ve stejném hospodářském roce dosáhla společnost obrátu 560 mil. Kč a zisku 93 mil. Kč. Zhruba polovina zaměstnanců pracuje ve výrobě a druhá ve správě. TRUMPF Liberec má vlastní konstrukční oddělení zabývající se vývojem hlavního produktu TruStore. Nabízí tedy lepší perspektivu oproti standardním montovnám.

Mezi hlavní výrobní program společnosti TRUMPF Liberec patří:

- komponenty pro paletový výměník laserového řezacího stroje TruLaser;
- zadní dorazy ohýbacích lisů TruBend;
- automatizovaný skladový regálový systém na plech TruStore a PalletMasterTower;
- automatizovaný skladový systém ohýbacích nástrojů ToolMaster.

Výroba je zaměřena převážně na zpracování plechů a profilů, ze kterých jsou svářeny přesné svařence, které jsou následně obráběny, lakovány a vstupují na konečnou montáž nebo jsou odváženy do dceřiných společností skupiny TRUMPF.

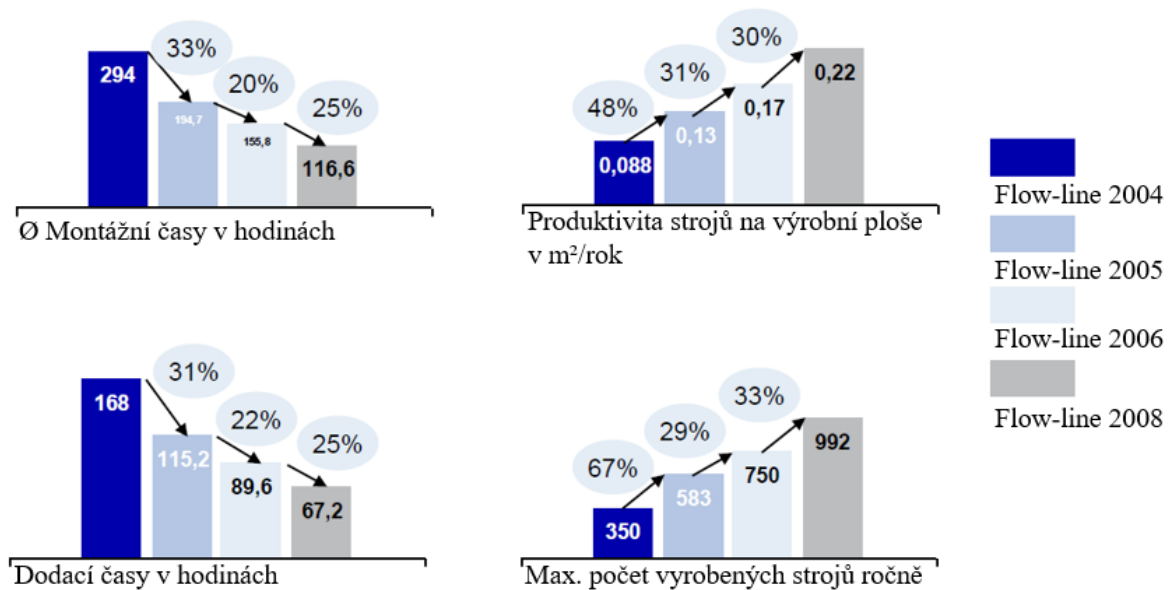
Hlavním předmětem podnikání je výroba konstrukčních kovových výrobků (IS ARES, 2019). V roce 2018 získala společnost certifikaci ISO 90001: 2015, dle které implementuje a udržuje úspěšný systém managementu kvality (TRUMPF, 2019c). Tato skutečnost tvoří základ pro standardizaci procesů a je tímto nedílnou součástí SYNCHRO ve společnosti TRUMPF Liberec.

3.3 SYNCHRO – vývoj lean ve skupině TRUMPF

Ve skupině TRUMPF vznikla potřeba zabývat se štíhlými procesy z nouze. Tímto otřesem byla celosvětová ekonomická situace počátkem 90. let, kdy pádem Sovětského svazu došlo k oslabení trhu se stroji zpracovávající plech. Skoro 40 let trvající růst obrátu spadl ve vybraných odvětvích průmyslu až na 50 % své hodnoty. Propad ve společnosti TRUMPF byl pouze 15 %, ale přesto začala společnost na ekonomickou situaci patřičně reagovat. Poznatkem celé situace bylo zjištění, že nestačí pouze zásobovat trh inovativními výrobky, ale vést firmu jako takovou inovativně a neustále se vyvíjet. SYNCHRO je právě tímto inovativním směrem, kterým skupina TRUMPF směřuje. Tento pojem je odvozen ze slova synchronizace. Jedná se o ideální synchronizaci lidí, strojů, metodik, procesů a trhu. Faktická změna se musí odehrát všude napříč společnostmi (Guber, Kamüller, 2018).

V SYNCHRO jde o široké spektrum různých iniciativ za účelem optimalizovat výrobky, zlepšit postavení na mezinárodním trhu, nastavit nová témata v oblasti managementu a synchronizovat procesy v organizaci, což lze považovat za definici lean v rámci skupiny TRUMPF (Guber, Kamüller, 2018).

Jak je vidět z Obr. 3, jsou mezi lety 2004 a 2008 naměřeny první výsledky SYNCHRO ve výrobě TruLaser.

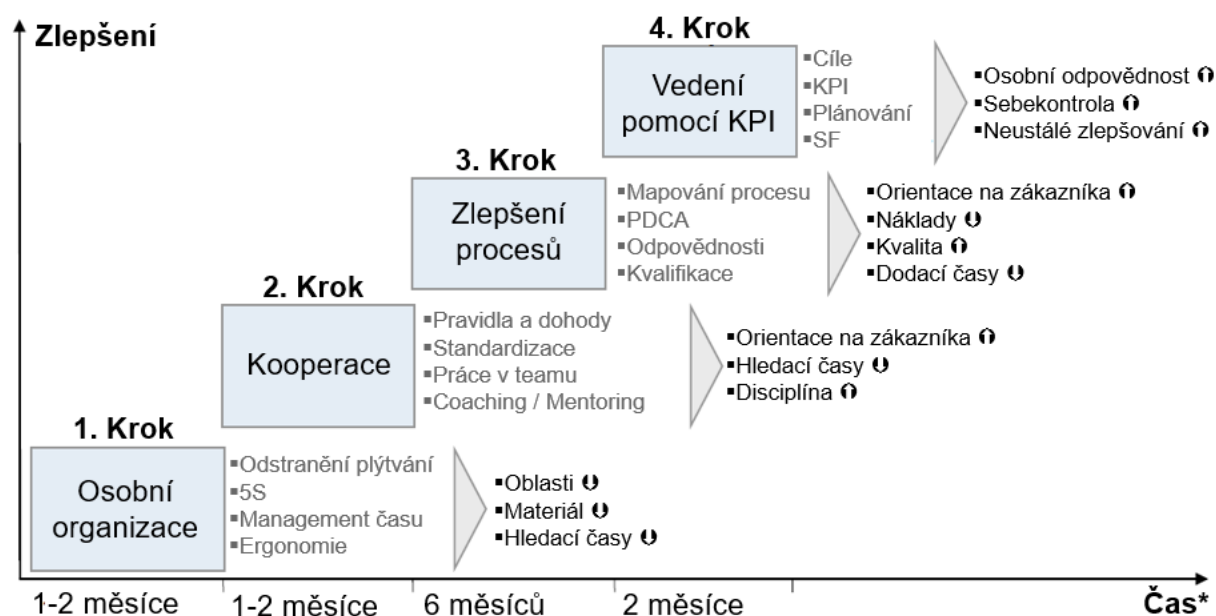


Obr. 3: Vliv SYNCHRO na výrobu TruLaser
Zdroj: vlastní zpracování.

Pomocí základních principů odstraňujících plýtvání, toku jednoho kusu a taktování došlo ke snížení průměrných montážních času a ke zkrácení dodacích časů. Zároveň stoupalo vytížení pracovní plochy a počet vyrobených kusů za rok.

3.3.1 Zavedení SYNCHRO

Implementace SYNCHRO se dělí na čtyři etapy, které jsou pro lepší představu znázorněny na Obr. 4.



*Odlíhuje se na základě velikosti a komplexnosti oddělení

Obr. 4: Implementační etapy

Zdroj: vlastní zpracování.

Prvním krokem bylo vytvoření standardu pracovišť za účelem eliminace plýtvání. Druhá etapa přesahovala mimo oddělení a nastavuje standard komunikace mezi odděleními. Třetí etapa se charakterizuje snahou zlepšování procesů skrze systematické řešení problémů a zvýšením transparence procesu. Posledním, čtvrtým krokem je nastavení cílů a ukazatelů v Shop Floor Managementu, což je systém kaskádovitých schůzek mezi členy jednotlivých úseků, sestavený za účelem přenášet denně informace, vytvořit transparenční, vést tým a systematicky řešit problémy (Guber, Kamüller, 2018).

3.3.2 SYNCHRO dům

Základním cílem SYNCHRO je nastavit systém zvyšující přidanou hodnotu výrobku a nastavit tento systém na potřeby zákazníka. Odstraněním plýtvání se dosáhne tohoto stavu. Naskytuje se však otázka „Jak?“ cíle dosáhnout. Na tuto otázku lze nalézt odpověď v SYNCHRO domu, který zachycuje obrazně podstatu, jak dosáhnout cíle. V následujících kapitolách jsou jednotlivá patra SYNCHRO domu detailněji popsána.



Obr. 5: SYNCHRO dům
Zdroj: vlastní zpracování.

SYNCHRO – 100 %

Z Obr. 5 je vidět, že v nejvyšším patře SYNCHRO domu stojí vize sto procentní tvorby přidané hodnoty, kusový výrobní tok, kvalita a bezpečnost.

- **100 % Přidaná hodnota** – Všechny činnosti slouží přímo k zvýšení přidané hodnoty.
- **100 % Kusový výrobní tok** – Všechny výrobky a informace se pohybují v jednom nepřetržitém toku na jeden kus výrobku.
- **100 % Kvalita** – Nedochozí k nekvalitě.
- **100 % Bezpečnost** – Neexistuje nebezpečí úrazu a nedochází k žádným úrazům.

Zvolenou formulací těchto cílů lze zpochybnit, zda je možné dosáhnout těchto hodnot. V realitě tomu tak nemusí být. Účel této formulace je spíše udat směr, kterým se má společnost vydat. Hovoříme o ideálním stavu.

SYNCHRO – Excellence

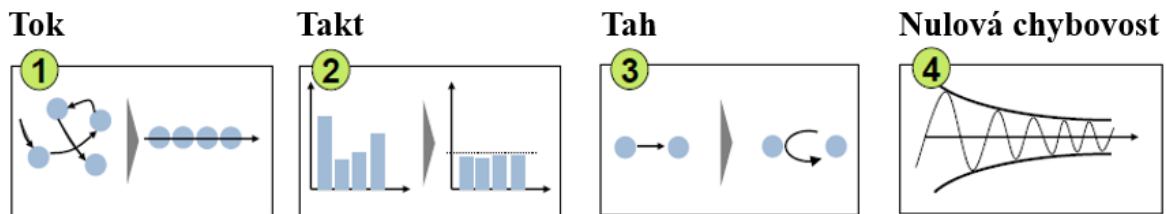
Členění zásad tvořící pilíře a základnu domu podléhá podstatě excellence. V pojetí skupiny TRUMPF se excelencí rozumí snaha dosáhnout výborného výkonu, výborných procesů, výborného managementu a výborného přístupu zaměstnanců. Cílem excellence je systematicky a neustále zlepšovat kvalitu a tím výsledky, což v konečném důsledku zvýší konkurenceschopnost podniku.

- **Excellence procesu** spočívá ve snaze maximalizovat efektivitu přímých a nepřímých procesů v řetězci všech procesů. Nelze vyloučit ani jeden procesní článek, protože by byl oslaben celý řetězec. U přímých výrobních procesů hovoříme o dodržování principu toku, taktu, tahu a principu nula chyb. Dospělo se k výsledku, že bez správného managementu a přístupu nelze zaručit excelenci procesu.
- **Excellence managementu** je v silné spojitosti s vedením lidí. Správný management stanovuje cíle, definuje úkoly a deleguje povinnosti. Vytvoření transparency, vedení na místě a práce s cílovými stavy usnadňují řešení každodenních situací managementu. Transparency je nejvýznamnější součástí, protože bez vytvoření transparency neexistuje způsob, jak měřit výsledek. Co nelze změřit, nelze zlepšit.
- **Excellence přístupu** tvoří základní fundament SYNCHRO domu, bez kterého ostatní zásady nelze zcela uplatnit. Čelit krizovým situacím, přijímat výzvy, vytrvat, nechat se inspirovat úspěchem ostatních a přijmout konstruktivní kritiku jsou základy růstového myšlení. Je to předpoklad pro úspěšnou práci s lidmi nad systematickým řešením problémů, ochoty vidět plýtvání a neustálému vývoji zaměstnanců. Patří sem i jiné odborné lean základy, jako je například plýtvání.

SYNCHRO dům vizualizuje jednotlivé základní pilíře, na kterých stojí lean principy skupiny TRUMPF. Je to jednoduché schématické znázornění, které skrývá podstatu snažení nastavit lean napříč celou TRUMPF skupinou (Guber, Kamüller, 2018).

3.3.3 SYNCHRO principy excelence ve výrobě

Čtyři principy tvořící pilíř excelence výrobního procesu v SYNCHRO domě jsou hlavní součástí štíhlého přístupu společnosti TRUMPF. Tvoří je hodnoty z Obr. 6 níže.



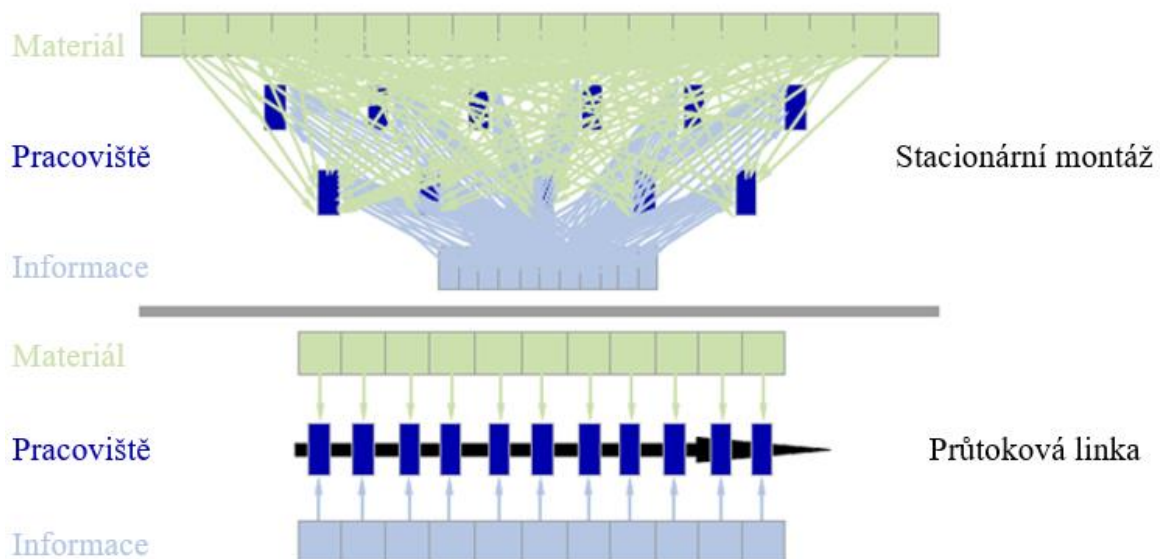
Obr. 6: Vizualizace excelence procesu v TRUMPF

Zdroj: vlastní zpracování.

Je patrné, že se tyto principy shodují s principy z všeobecné teorie lean. Tok, takt, tah a nulová chybovost jsou zastoupeny i v TPS. Následující část se proto zabývá specifikací těchto principů na základě průtokové linky, což je výrobní linka řízená na základě tahu.

Příklad taktované průtokové linky v SYNCHRO

Jedním z okamžitě viditelných aspektů standardizovaného toku linky je transparence skrze vizualizaci. Níže je na Obr. 7 vidět rozdíl mezi linkou stacionární výroby a průtokovou linkou.



Obr. 7: Výhody průtokové linky

Zdroj: vlastní zpracování.

Jednotlivé výrobní kroky dostanou takto materiál a patřičné informace vždy v potřebný okamžik, jako tomu je u JIT. Pokud pracoviště průtoková linka operuje i v taktu, jedná se v rámci SYNCHRO o nejtíhlejší metodu systematické výroby. Existuje pouze počáteční impuls za začátku procesu, kdy v dalších krocích dochází k tahu výrobků řetězcem taktů.

Poslední princip nulové chybovosti je prostřednictvím Jidoka součástí znázorněného Obr. 7. Chyby jsou díky přesně dané specifikaci jednotlivých taktů transparentní a dochází k jejich odstranění. Pouze pokud je výrobek bez závady, smí se v taktu posunout. Taktované průtokové linky jsou široce zastoupeny ve skupině TRUMPF, jak lze vidět z Obr. 8 níže.



Flow-line TruMatic



Flow-line TruPunch



Flow-line TruLaser



Flow-line TruBend

Obr. 8: Průtokové výrobní linky v TRUMPF
Zdroj: vlastní zpracování.

Na základě příkladu průtokové linky je vidět, že popsané hodnoty z TPS jsou integrovány do systému SYNCHRO, které stojí na výrobní filozofii Toyoty (Guber, Kamüller, 2018).

3.4 Představení strojního zařízení ToolMaster

ToolMaster je automatizovaný sklad horních a spodních ohýbacích nástrojů ohýbacího lisu TruBend. Stroj je napojen pomocí rozhraní na horní a spodní část ohýbacího stroje. Jedná se o rozšíření, které umožní zákazníkovi transparentně spravovat a automaticky vyskladnit nebo zaskladnit celé produktové spektrum ohýbacích nástrojů pro stroje TruBend. Dělí se na vrchní a spodní otočný zásobník, který vykonává otočný pohyb a pomocí magnetů na pojízdné kolejnici přepravuje nástroje. ToolMaster pojme až 60 kusů největších vrchních nástrojů a 48 kusů ekvivalentních spodních nástrojů. Stroj se hodí pro podniky, které pracují s malými výrobními dávkami, které jsou různorodé druhem ohybu a silou plechu. Vývojové středisko stroje je usídleno v TRUMPF Maschinen Austria GmbH + Co. KG v rakouském Paschingu nedaleko Lince.

Hlavní výhodou automatizovaného skladu ToolMaster je úspora času potřebného k výměně nástrojů, s kterou je spojena i úspora nákladů, kdy výměna jednoho ohýbacího nástroje trvá v průměru 14 sekund. Mimo snížení času výměny nástrojů se snižuje i čas spojený s hledáním a několikanásobnou manipulací s ohýbacími nástroji (TRUMPF, 2018, C).

Další výhodou je úsporné skladování na minimální ploše. Běžné skladování ohýbacích nástrojů v podobě přepravních beden, europalet nebo speciálně navržených transportních obalů vyžaduje určité množství plochy na základě velikosti portfolia ohýbacích nástrojů podniku. Tato řešení vyžadují manipulaci. Obaly nemusí na první pohled prozradit stav nástroje a případné poškození, tento fakt je odhalen až při jeho výměně, kdy ohrozí sled výroby. Pomocí stroje ToolMaster tyto nevýhody odpadají. Design stroje umožňuje totiž vizuální náhled na nástroje a tím i transparentci, zda je nástroj poškozen. Dalším bezpečnostním opatřením je softwarová kontrola stavu nástrojů. Efektivní skladování v zásobnících pak maximalizuje výrobní plochu podniku.



Obr. 9: ToolMaster

Zdroj: TRUMPF (2019d)

V neposlední řadě stojí operátor. Mimo snížení času výměny nástrojů a maximalizaci výrobní plochy, umožní stroj zaměstnanci vykonávat v mezičase vyskladnění a naskladnění nástrojů další pracovní činnosti. Pomocí této automatizace je snížena i fyzická námaha spojená s běžnou ruční výměnou nástrojů. Snižuje se tím i riziko pracovního úrazu a zvyšuje komfort zaměstnance.

3.4.1 Soupis podsestav

ToolMaster se skládá z několika podsestav, které lze rozdělit do skupin dle jejich funkce:

- **motory pneumatických válců** – základní funkcí je stlačení plastových válců pístem, ohýbací nástroj se poté uvolní ze skladovací pozice a lze s ním manipulovat.
- **Nosná konstrukce** – podsestava drží na místě vrchní pneumatický válec.
- **Otočné rameno** – aby byl vrchní ohýbací nástroj vyskladněn nebo naskladněn ve správné orientaci, je zapotřebí nástroj otáčet. Dochází k tomu pomocí otočného ramene, které se nachází na přemostění.

- **Řetězové pohony** – pohony přenáší točivý moment motorů na plastové řetězy pohybující nástroje.
- **Transportní řetězy** – Jednotlivé plastové články řetězu jsou spojeny a vloženy do šnekového zásobníku.
- **Pojezdové magnety** – magnety se přichytávají elektromagnetickou silou k ohýbacím nástrojům a transportují je, jsou řízeny na bázi technologie Bluetooth bezdrátově.
- **Vzduchová jednotka** – kontrolu nad vzduchovými rozvody zajišťuje tato centrální jednotka.
- **Desky zásobníku** – jsou desky tvořící kruhovou podstavu pro skladovací pozice, které jsou osazeny komponenty k udržení a uvolnění ohýbacích nástrojů.
- **Rámy opláštění** – kostra vnějšího opláštění je tvořena dvěma hlavními rámy z kvádrovitých profilů.

Podsestavy se odlišují komplexností a okamžikem instalace v průběhu taktované montáže do stroje. Jedná se od jednoduchých smontovaných profilů až po citlivě odladěné mechanické komplety. Často jsou jednoduché podsestavy nenáročné z hlediska montáže, ale jsou časově namáhavé. Jedná se o podsestavy ideální k outsourcingu s nízkým ohrožením úniku klíčových informací o společnosti.

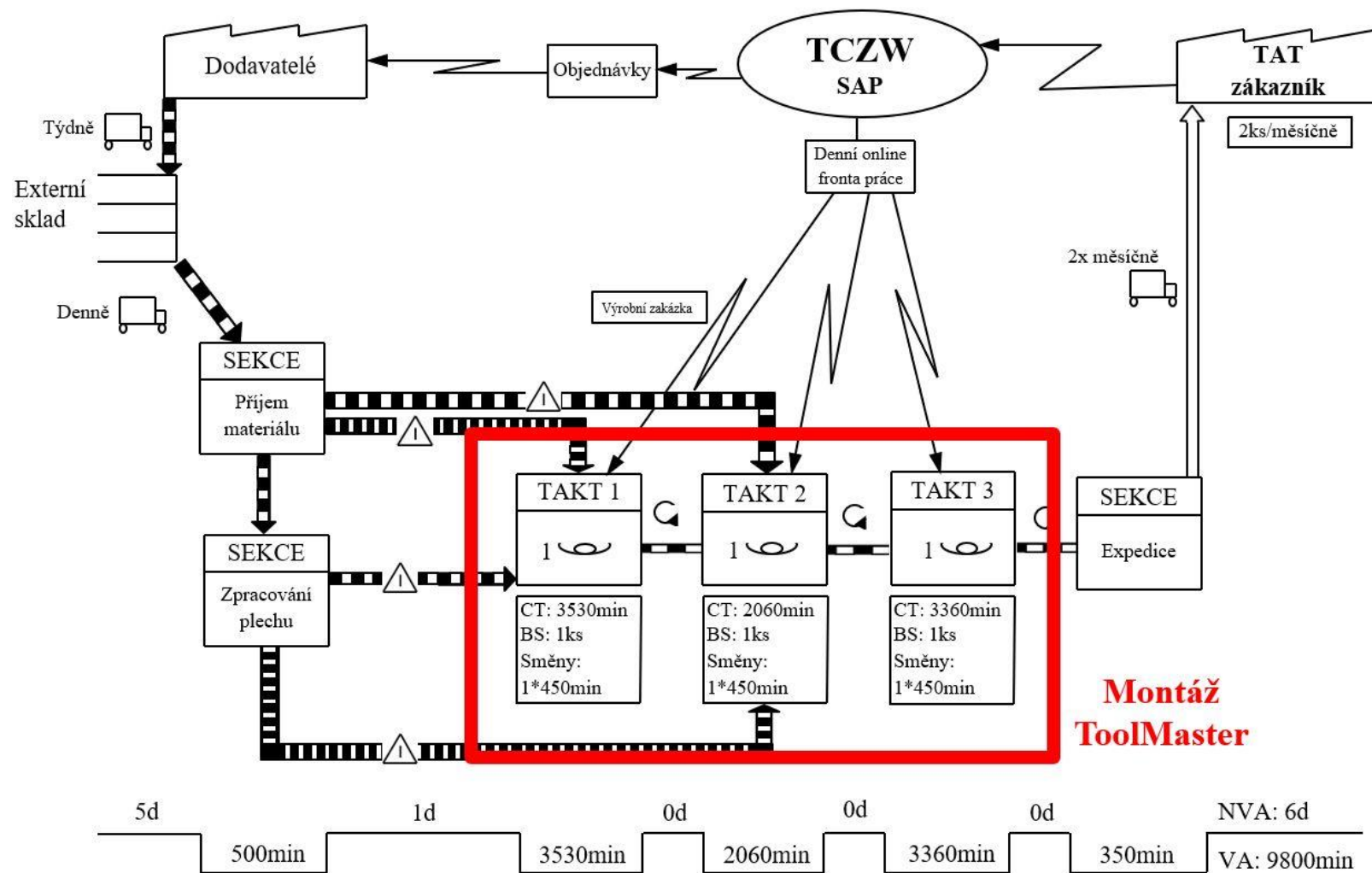
3.5 Analýza třítaktové montáže stroje ToolMaster

V této části bakalářské práce dojde k analýze původní, třítaktové, prototypové montáže ToolMaster v závodě TRUMPF Liberec, kde se nahlédne na výchozí podmínky, layout pracoviště, rozpis činností a vyhodnocení mapy toku hodnot.

Projekt ToolMaster byl přesídlen z původního vývojového střediska v TRUMPF Maschinen Austria GmbH + Co. KG do společnosti TRUMPF Liberec, kde došlo k počáteční prototypové výrobě. Projekt byl převzat včetně výrobních postupů, původního systému taktování, layoutu a zásob materiálu z vývoje.

3.5.1 Mapa hodnotového toku pro původní stav výroby

Pro ucelený pohled na původní stav výroby byla autorem práce vytvořena mapa hodnotového toku z Obr. 10. Mapa vizualizuje informační a materiálový tok výroby původního stavu třítaktové montáže strojního zařízení ToolMaster. Cílem je pouze vizualizovat danou situaci.



Obr. 10: Value stream mapa třítaktové montáže
Zdroj: vlastní zpracování.

Informační toky začínají požadavky zákazníka, kterým je TAT (TRUMPF Austria). Elektronicky je vystavena objednávka včetně konfigurace stroje. Tyto objednávky jsou zpracovány v systému SAP a na základě toho jsou vystaveny objednávky dodavatelům. Dochází k tisku výrobní zakázky obsahující veškeré informace ke strojnímu zařízení. Jedná se o termíny, operace, seznam materiálu a kódy zpětného hlášení k identifikaci časů s přidanou hodnotou (angl. *value add*) a časů bez přidané hodnoty (angl. *non-value add*). Lze je také interpretovat jako výrobní kroky přímé a nepřímé (podpůrné).

Materiálové toky začínají týdenním závozem do externího skladu TRUMPF Liberec, který spravuje spediční společnost Schmalz und Schön, která na základě fronty práce z informačního systému SAP vyskladňuje materiál do výroby. Materiál se převáží denně autem a je v sekci příjmu rozdělen do patřičných úseků. Část výrobků míří přímo na pracoviště ToolMaster, kde je skladována. Druhá část postupuje dále do úseku zpracování plechu a je poté odvezena na patřičný takt ToolMasteru. Jedná se například o hlavní nosný rám uvnitř stroje. Hotový výrobek je poté zabalen a vyvezen zákazníkovi.

3.5.2 Montážní proces třítaktové výroby

Celkově probíhá výroba ve třech takttech. Náplň jednotlivých taktů lze vidět v Tab. 2.

Tab. 2: Rozpis operací 3 taktové montáže ToolMaster

	Operace	Název
TAKT 1	10	Montáž věnce, motorů a pneumatických válců
	20	Montáž horního věnce
	30	Instalace spodních upínacích desek
	40	Instalace horních upínacích desek
	50	Instalace zásobníku + pohonů + řetězů
TAKT 2	60	Instalace parkovacích stanic + laserů
	70	Instalace magnetů
	80	Instalace otočného ramene
	90	Montáž nosného rámu
TAKT 3	100	Montáž pneumatické skříně + hl. vypínače
	110	Montáž ovládacího panelu
	120	Montáž krytů
	130	Montáž elektro skříně + el. zapojení
TAKT 4	140	Přejímka ToolMaster
	150	Montáž světelné závory

Zdroj: vlastní zpracování na základě technologického postupu.

Takty na sebe logicky navazují a postupně vytvářejí hotový výrobek. Veškeré podsestavy jsou montovány pracovníky na příslušném taktu, než jsou osazeny do strojního zařízení.

Takt 1

Montáž začíná usazením betonové podstavy na kolejnicový systém, po kterém je stroj postupně manuálně posouván mezi takty. Podstava je osazena ozubeným věncem, na který se instaluje šest předmontovaných desek zásobníku, ve kterých jsou později upnuty ohýbací nástroje. Na podstavě stojí kovový nosný rám držící celou horní polovinu stroje. Tento rám je osazen dvěma kovovými deskami, na které je namontován další ozubený věnec s dalšími šesti předmontovaných desek zásobníku.

Přichází na řadu upevnění horních a spodních motorů horního a spodního zásobníku nástrojů. Následuje instalace motoru pneumatického válce, který dokáže uvolnit ohýbací nástroje z parkovacích pozic. Stroj je poté osazen šnekovitým zásobníkem (včetně jeho plastového řetězu). Poté mohou být namontovány řetězové pohony. Posledním krokem je montáž parkovacích stanic laserů a pojezdových magnetů.

Takt 2

Prvním krokem je instalace předmontovaného otočného ramene. Centrální součástí je předmontáž pneumatické skříně, hlavního vypínače a ovládacího panelu k manipulaci se strojem. Hlavním cílem tohoto taktu je složení profilů nosného rámu a krytování celého strojního zařízení. Jedná se o činnost vyžadující velké množství času na základě velkého počtu krytů a profilů. Součástí krytování jsou i okna z plexiskla umožňující náhled do strojního zařízení ToolMaster.

Takt 3

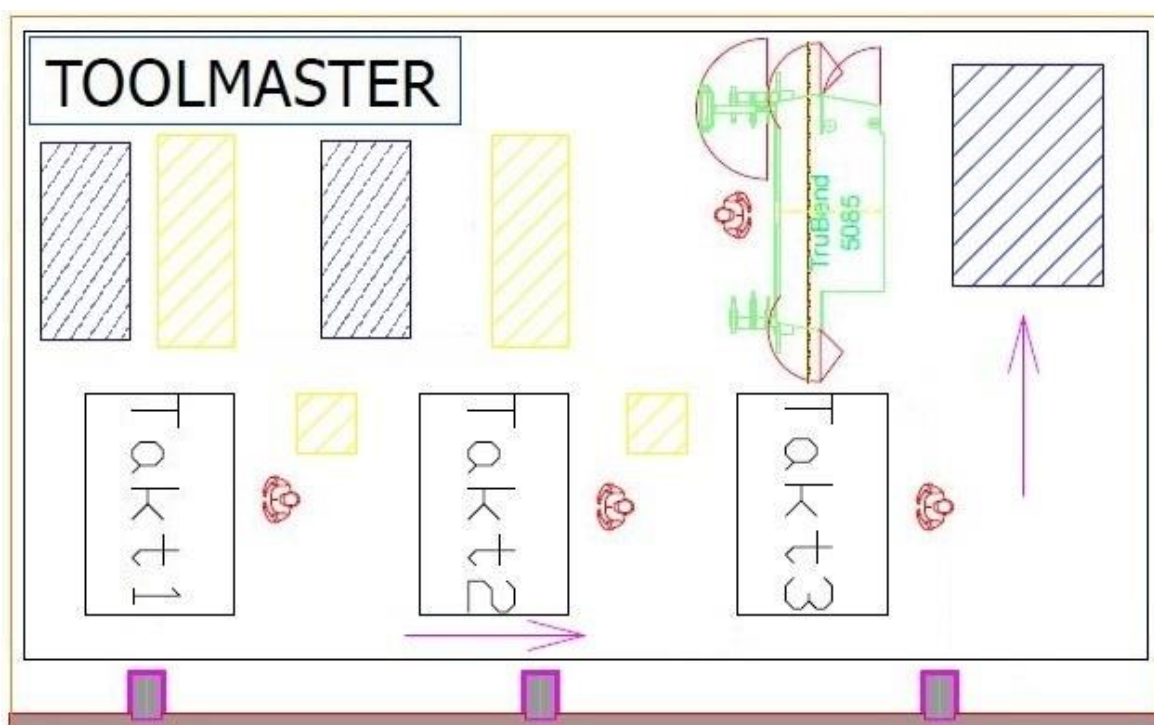
Poslední takt se zabývá elektro skříní a rozvedení kabeláže po celém strojním zařízení. Nejnáročnějším předposledním krokem je přejímka stroje. ToolMaster se musí vodorovně vyrovnat vůči testovacímu ohraňovacímu lisu, je nutné seřadit horní a spodní skladové pozice do jedné kolmice vůči sobě, nastavení odchylek a případné vypořádání podložkami, označení skladovacích pozic nálepkami, nastavení výšek parkování, nastavení distančních

laserů a magnetů a finální kontrola aretací všech komponentů dle předepsaných utahovacích momentů.

Teprve poté může být zahájen dlouhodobý test, kdy je manuálně zkoušena jedna stanice za druhou, což je časově velmi náročné. Třetí takt je uzavřen instalací systému bezpečnostních světelných závor. Balení a nakládka stroje je uskutečněna oddělením expedice.

3.5.3 Layout třítaktové montáže

Pracoviště ToolMaster je strukturováno na základě taktované toku jednoho kusu.



Obr. 11: Původní layout třítaktové montáže
Zdroj: vlastní zpracování.

Jak je vidět z Obr. 11, je tok materiálu znázorněn fialovými šipkami. Montáž začíná prvním taktem a končí taktem třetím. Poté je stroj vyjmut z kolejového transportního systému jeřábem a připraven k balení a nakládce. Materiál je zčásti skladován na modře zvýrazněné ploše mezi takty. Balení a nakládka stroje je uskutečněna oddělením expedice. Pracovníci mají na montáži podestav k dispozici ponky, odhlašovací stanoviště a vozíky s náradím pro montování stroje, které jsou zvýrazněné žlutě. Poslední součástí pracoviště je ohraňovací lis TruBend 5085 pro testovací účely přejímky.

3.5.4 Poptávka zákazníka

Původní zahajovací perioda startuje se třemi a krátce na to se čtyřmi pracovníky. Na každém taktu pracuje jeden pracovník. Výjimku tvoří třetí takt, kde je zapotřebí dvou pracovníků na otestování strojního zařízení. Navíc musí tito pracovníci splnit podmínky dle vyhlášky č. 50/78 Sb. - § 4, 6 a 8, aby mohli dle zákona vykonávat práci na zapojených elektrických zařízeních.

Na základě prvovýroby testovacím zákazníkům je poptávka stanovena na dva stroje měsíčně. Operační čas pracovníků je 450 min, který po odečtení všech přestávek a meetingů činí 400 minut, což je efektivní operační čas. Výroba funguje v jednosměnném provozu. Znamená to při počtu 20 pracovních dní a při dostupném efektivním operačním času 8 000 minut.

$$\text{Čas taktu} = \frac{400 \text{ minut} \times 20 \text{ pracovních dní v měsíci}}{2 \text{ kusů}} = 4000 \text{ minut}$$

Pod dosazení do vzorce je čas taktu stanoven na 4 000 minut. Za každý tento časový úsek se musí tedy vyrobit jeden stroj.

3.5.5 Rozbor montážních taktů

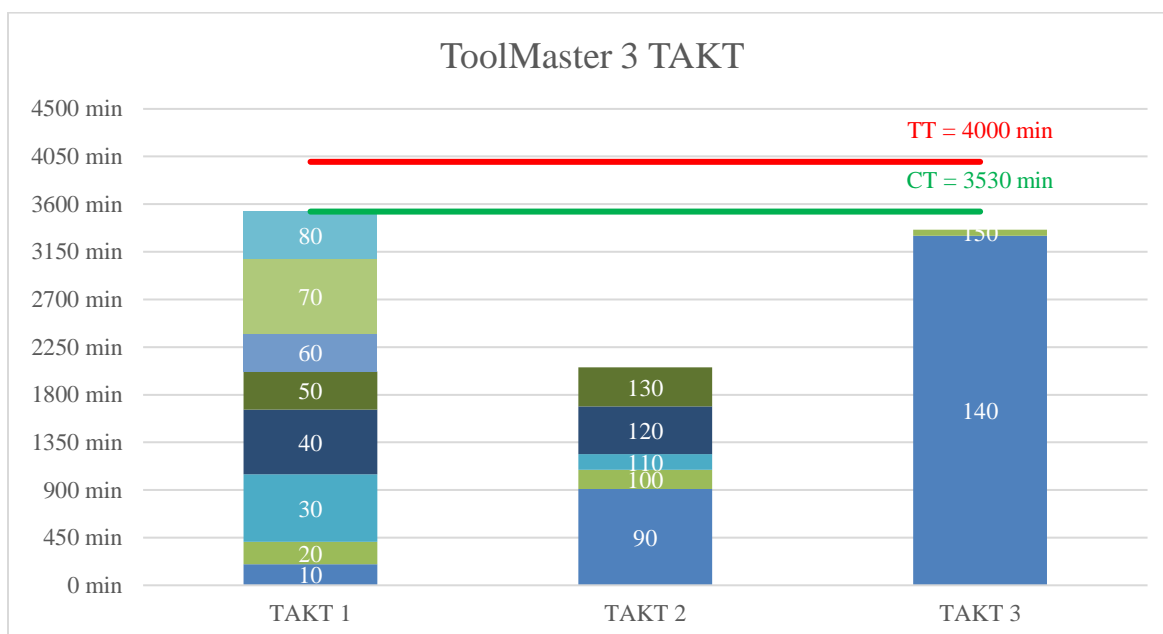
Časová náročnost jednotlivých taktů je znázorněna v Tab. 3, kde jsou sečteny časy jednotlivých operací.

Tab. 3: Rozpis činností 3 taktové montáže ToolMaster

		TAKT 1		TAKT 2		TAKT 3
Operace	10	200 min	90	910 min	140	3 300 min
	20	210 min	100	180 min	150	60 min
	30	640 min	110	150 min	SUMA:	3 360 min
	40	610 min	120	450 min		
	50	360 min	130	370 min		
	60	360 min	SUMA:	2 060 min		
	70	700 min				
	80	450 min				
	SUMA:	3 530 min				

Zdroj: vlastní zpracování na základě naměřených časů oddělení technologie výroby.

Jak vyplývá z Tab. 3, nejdelší čas cyklu je 3 530 minut. Udává tímto výrobní tempo. Grafické znázornění nabízí Obr. 12 níže.



Obr. 12: Původní třítaktová výroba

Zdroj: Vlastní zpracování.

Je zřejmé, že výrobní takty jsou silně nevyvážené. Rozdíl mezi prvním a druhým taktom je 1 470 minut. Tímto je sice splněn čas taktu, ale pracovníci z druhého taktu musí čekat na takt první. Možné řešení je momentální využití pracovníků v jiném montážním úseku výroby.

3.5.6 Shrnutí poznatků z analýzy

Z analýzy plyne, že původní stav třítaktové montáže strojního zařízení ToolMaster není optimální. Hlavní nedostatky lze shrnout následovně:

- materiál je z velké části skladován na výrobní ploše.
- Materiál je objednávan přímo na stroje a nejsou tím zajištěny pojistné zásoby.
- Montáž podsestav je vykonávána pracovníky, kteří mají vykonávat finální montáž.
- Čas cyklu jednotlivých taktů je v nerovnováze.

Je potřeba stanovit další postup pro odstranění těchto slabých míst. Optimální způsob, jak slabá místa eliminovat, je opět pomocí vizualizace z mapy toku hodnot, kde jsou na nedostatky z výchozího stavu stanovena protiopatření v podobě lean nástrojů a outsourcingu.

3.6 Cílová čtyřtaktová montáž stroje ToolMaster

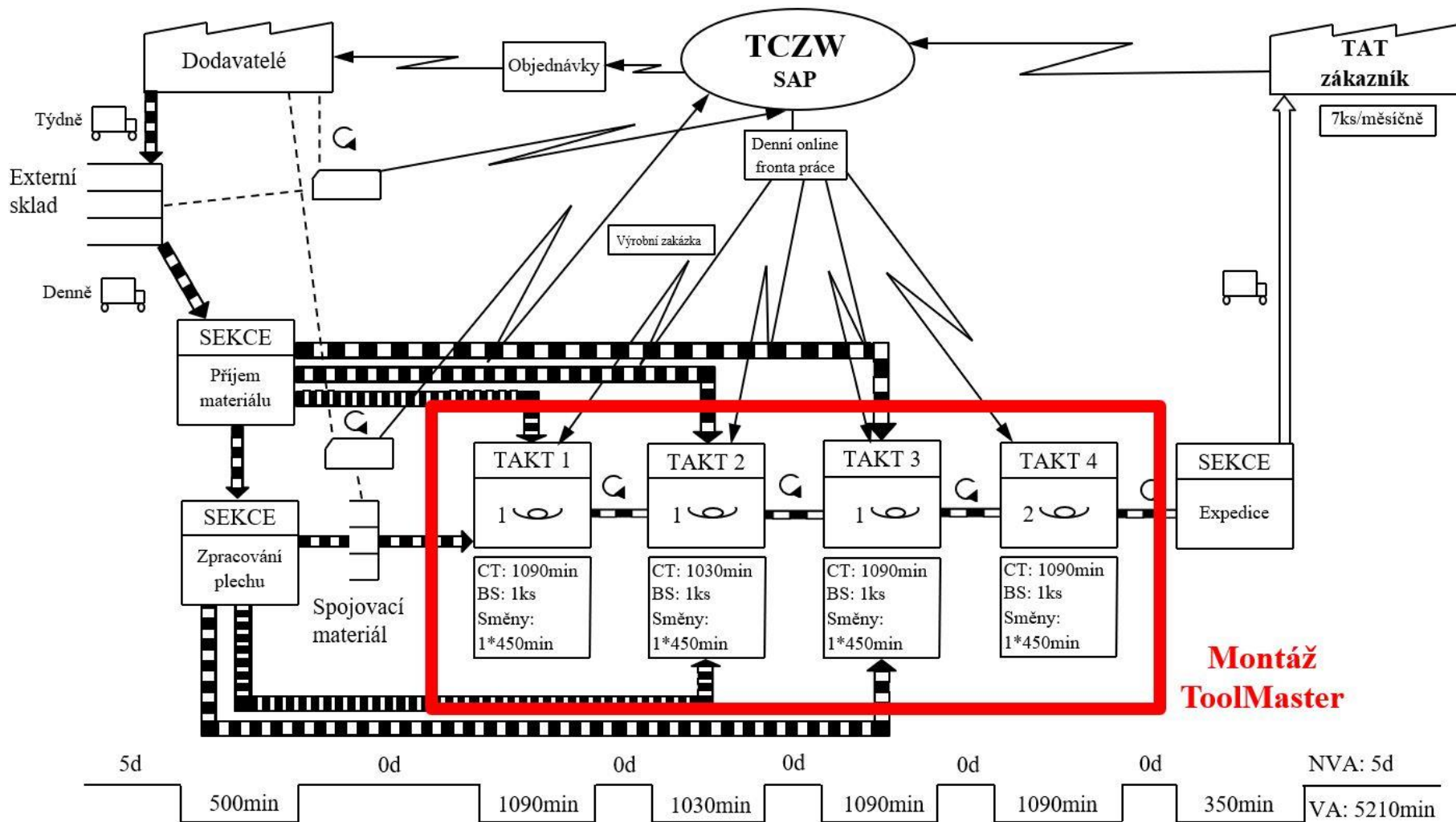
Z analýzy z předchozí kapitoly plyne, že je potřeba se zaměřit na dispozici materiálu, montáž podsestav a balancování montážní linky taktů ToolMaster. V následující části je navrženo, jak dosáhnout cílového stavu odstraněním slabin z analýzy třítaktové montáže.

3.6.1 Cílová mapa toku hodnot

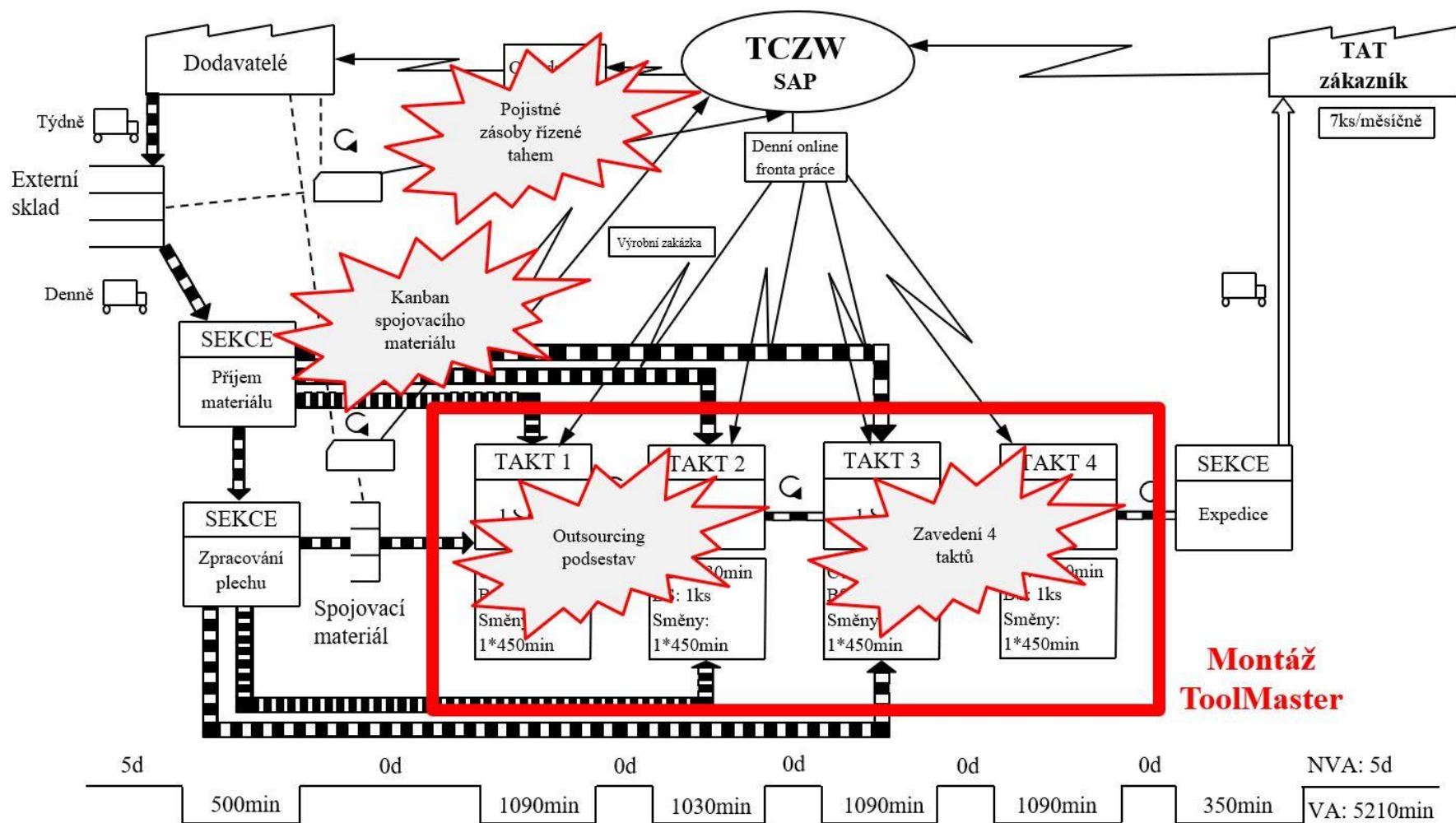
Prvním krokem správného nastavení budoucího stavu je načrtnutí cílového stavu pomocí mapování toku hodnot. Na základě vypsaných nedostatků z analýzy třítaktové montáže ToolMaster vyplývá následující cílová mapa toku hodnot z Obr. 13 a Obr. 14. Zatímco Obr. 13 je pouze znázorněním cílového stavu, Obr. 14 již zachycuje cílový stav včetně impulsů ke zlepšení, které jsou vidět v buňkách podobajících se výbuchu. Jde o:

- pojistné zásoby řízené tahem;
- kanbanový regál spojovacího materiálu;
- outsourcing podsestav;
- zavedení čtyřtaktové montáže.

Jedná se o hlavní oblasti, které budou v následujících kapitolách dále rozvedeny.

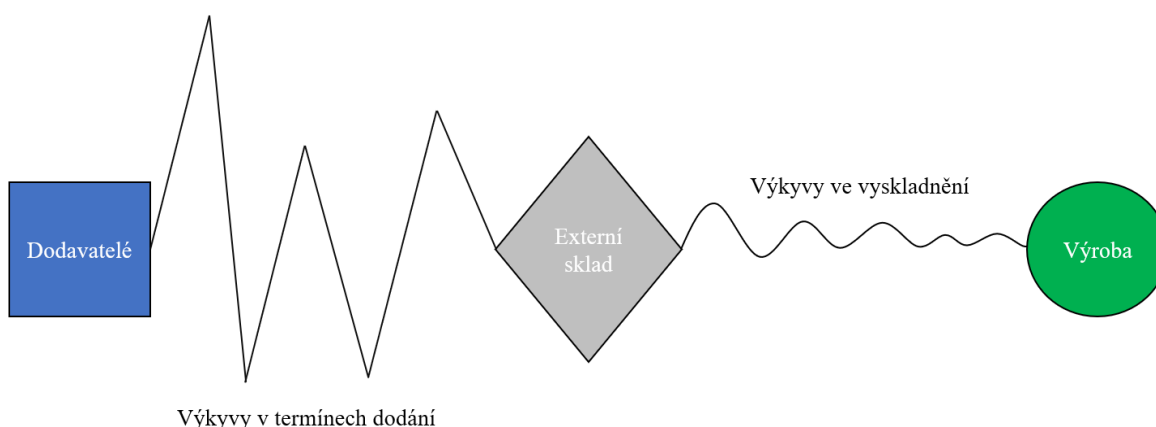


Obr. 13: Mapa hodnotového toku čtyřtaktové montáže
Zdroj: vlastní zpracování.



Obr. 14: Mapa hodnotového toku čtyřtaktové montáže s návrhy na zlepšení
Zdroj: vlastní zpracování.

Obr. 13 je znázorněním cílového stavu. Obr. 14 zachycuje cílový stav včetně impulsů ke zlepšení. Prvním navrhovaným ohniskem optimalizace z Obr. 14 jsou skladové zásoby v podobě meziskladu založeného na principu tahu. Dojde k nastavení pojistných zásob a odběrových kanbanů v rámci externího skladu výroby. Systém tahu je autonomní forma řízení zásob. Využití najde v nakupovaných dílech i ve spojovacím materiálu, který je nutný pro montáž a měl by se nacházet v jeho bezprostřední blízkosti. Nicméně pokud se musí držet zásoby, tak nejlépe v podobě vstupního materiálu před zpracováním. Dalším cílem skladu je zachytit případné výkyvy v termínech dodání, jak lze interpretovat z Obr. 15.



Obr. 15: Princip fungování externího skladu v projektu ToolMaster
Zdroj: vlastní zpracování.

Případné výkyvy ve vyskladnění jsou obvykle nižší než výkyvy v termínech dodavatelů. K vychystání materiálu dochází JIT, takže není třeba držet částečné zásoby na pracovišti. Nejvýznamnější částí cílového stavu je pak outsourcing podsestav a balancování montážní linky na základě změněné poptávky.

3.6.2 Outsourcing

Outsourcing podsestav je nutný v souvislosti se změnou poptávky zákazníka. Z původních dvou strojních zařízení měsíčně má v cílovém stavu dojít k navýšení až na sedm strojních zařízení měsíčně. Po dosažení nové poptávky sedmi kusů do vztahu je vypočten čas taktu.

$$\text{Čas taktu} = \frac{400 \text{ minut} \times 20 \text{ pracovních dní v měsíci}}{7 \text{ kusů}} \cong 1\,143 \text{ minut}$$

Čítec je stále stejný, protože se rámcové podmínky nemění. Stále je podmínkou vyrábět pouze v jednosměrném provozu ve frekvenci jednoho měsíce.

Podle rozhodnutí montážního teamu, dispečera výroby a technologa došlo k vytipování vhodných podsestav k outsourcingu. Tímto se uvolní potřebný čas k dosažení zákaznického taktu. Dodavatelé těchto podsestav jsou strojírenské společnosti podobného charakteru, jako je TRUMPF Liberec. Jedná se o sestavy v Tab. 4.

Tab. 4: Seznam vyskladněných podsestav

	Operace	Podsestava	Délka operace před vyskladněním	Délka operace po vyskladnění	Rozdíl
TAKT 1	30 + 40	Spodní a horní desky	1 250 min	490 min	760 min
TAKT 2	50	Plastový řetěz	360 min	95 min	265 min
	50	Pohony	360 min	95 min	265 min
	60	Parkovací stanice	320 min	200 min	120 min
	70	Magnety	700 min	180 min	520 min
	80	Rameno	450 min	240 min	210 min
	90	Nosný rám	910 min	410 min	500 min
TAKT 3	140	Optimalizace softwaru	3 300 min	2 270 min	1 030 min
				SUMA:	3 670 min

Zdroj: vlastní zpracování na základě naměřených časů oddělení technologie výroby.

Tyto sestavy jsou svázeny JIT z externího skladu k patřičným taktům. Celkově dojde k časové úspoře 3 670 minut.

Výjimku tvoří červeně operace 140. Nejedná se o žádnou outsourcovanou činnost, nýbrž o optimalizaci testovacího softwaru. V původním stavu se musely nástroje manuálně testovat operátorem. Každá skladovací pozice musela být otestována nejmenším a největším nástrojem. Po optimalizaci softwaru toto není již nutné provádět manuálně. Program samostatně testuje největší a nejmenší nástroje bez nutnosti zásahu přijímacího technika.

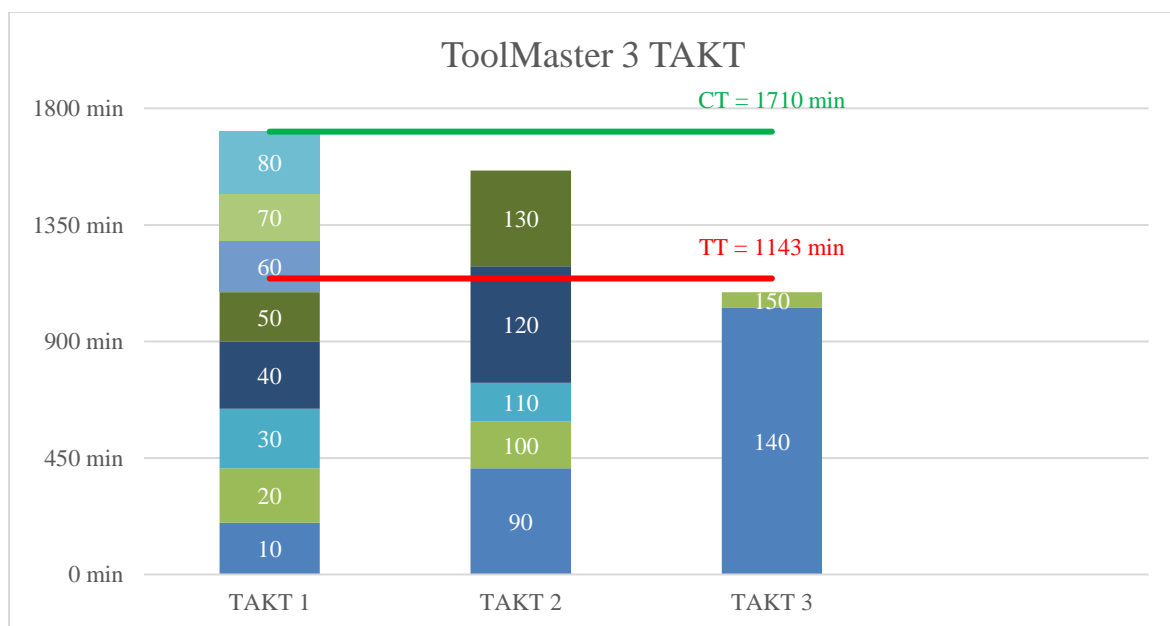
Čas cyklu jednotlivých taktů po outsourcingu je vidět v Tab. 5.

Tab. 5: Stav třítaktové montáže po outsourcingu podsestav

		TAKT 1		TAKT 2		TAKT 3
Operace	10	200 min	90	410 min	140	1030 min
	20	210 min	100	180 min	150	60 min
	30	230 min	110	150 min	SUMA:	1090 min
	40	260 min	120	450 min		
	50	190 min	130	370 min		
	60	200 min	SUMA:	1560 min		
	70	180 min				
	80	240 min				
	SUMA:	1710 min				

Zdroj: vlastní zpracování na základě naměřených časů oddělení technologie výroby.

Nejdelší čas cyklu je na prvním taktu s celkově 1 710 minutami. Stále jsou takty zjevně v nerovnováze (viz také Obr. 16).



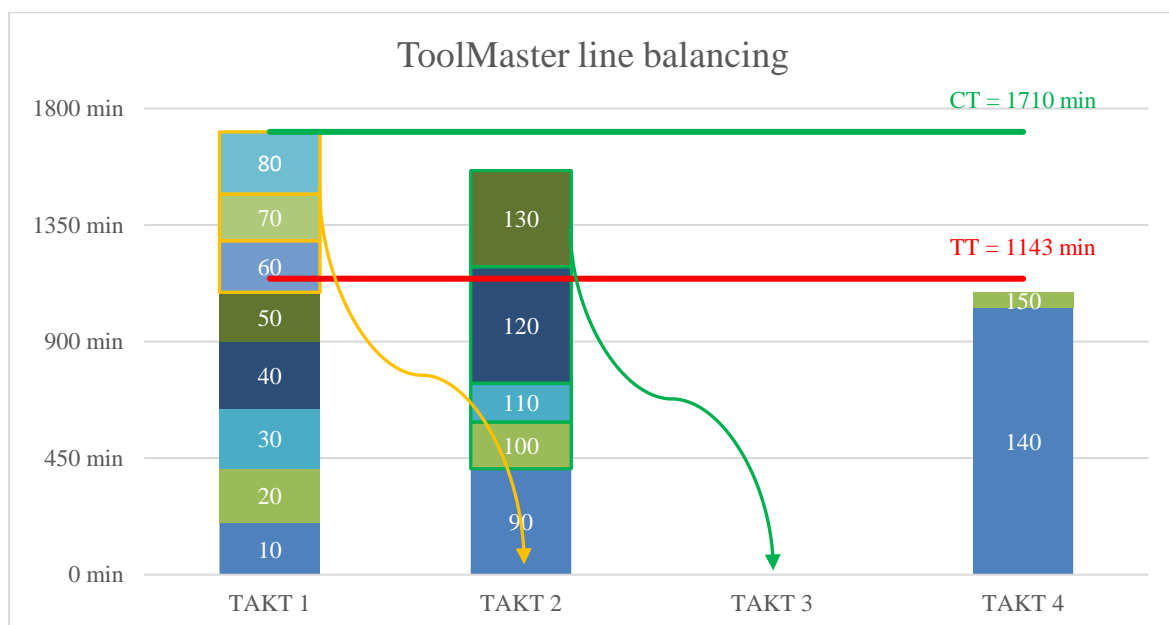
Obr. 16: Třítaktová montáž ToolMaster po outsourcingu

Zdroj: vlastní zpracování.

Z vizualizace stavu montáže po outsourcingu podsestav je z Obr. 16 patrné, že čas cyklu neodpovídá času taktu, a je proto potřeba provést optimalizaci taktování pomocí balancování montážní linky.

3.6.3 Balancování montážní linky ToolMaster

Podmínkou vytvoření nového taktu je nábor dalšího zaměstnance, aby takty nezávisle na sobě mohly fungovat. Přesunutím operací 60, 70 a 80 z prvního na druhý takt a posunem operací 100, 110, 120 a 130 na takt nový, tak vznikne čtyřtaktová montáž. Přesun operací je vizuálně přiblížen na Obr. 17.



Obr. 17: Znárodnění balancování montážní linky ToolMaster
Zdroj: vlastní zpracování.

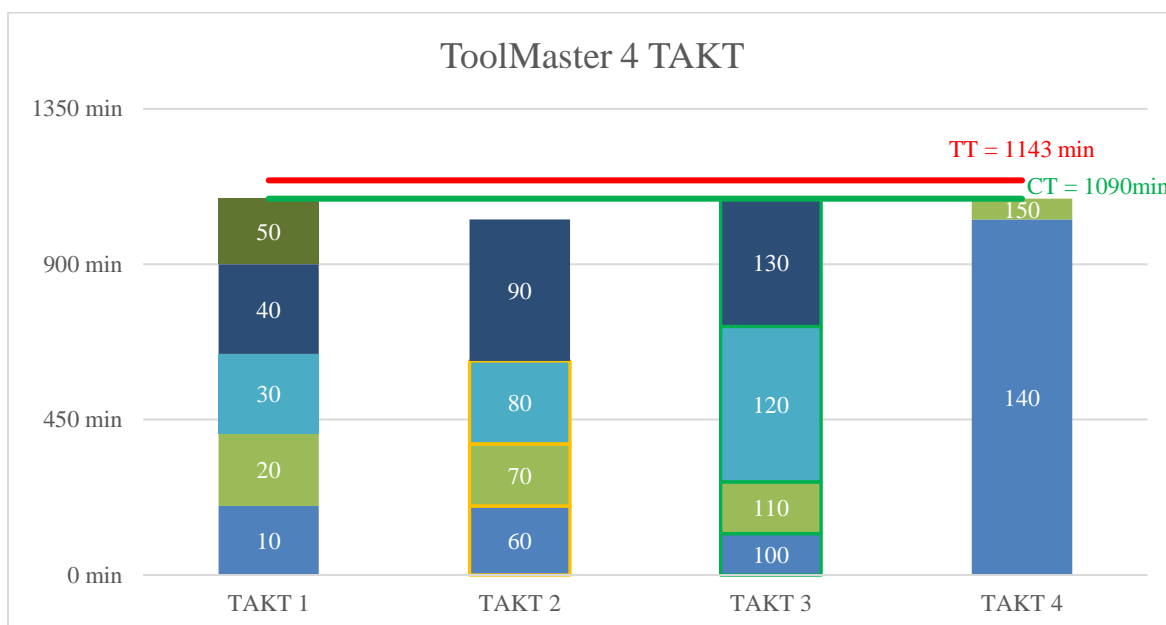
Jak je vidět v Tab. 6, tak je čas cyklu jednotlivých výrobních taktů skoro vyrovnaný. Jedinou výjimku tvoří druhý takt, který je oproti ostatním o 60 minut rychlejší.

Tab. 6: Seznam vyskladněných podsestav dle taktů

		TAKT 1		TAKT 2		TAKT 3		TAKT 4
Operace	10	200 min	60	200 min	100	120 min	140	1030 min
	20	210 min	70	180 min	110	150 min	150	60 min
	30	230 min	80	240 min	120	450 min	SUMA:	1090 min
	40	260 min	90	410 min	130	370 min		
	50	190 min	SUMA:	1030 min	SUMA:	1090 min		
	SUMA:	1090 min						

Zdroj: vlastní zpracování na základě naměřených časů oddělení technologie výroby.

Finální podoba čtyřtaktové montáže včetně nově rozložených výrobních operací vypadá dle Obr. 18 vizuálně následovně.

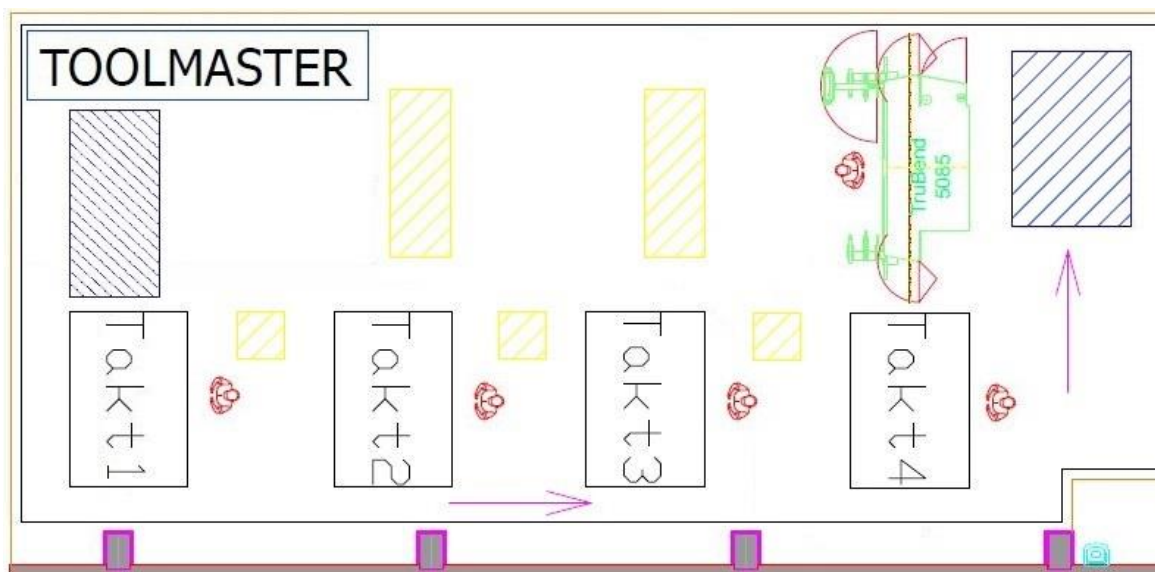


Obr. 18: Konečné rozvržení čtyřtaktové montáže ToolMaster
Zdroj: vlastní zpracování.

Nejdelší čas cyklu trvá 1 090 minut a je tímto pod časem taktu 1 143 minut. Rozdíl činí 53 minut, který lze využít jako rezervu při prostojích. V případě, že prostoj nastane na jiném z taktů, lze časový skluz dohnat pomocí volné kapacity z ukončeného taktu.

3.6.4 Layout čtyřtaktové montáže

Se změnou třítaktové montáže na montáž čtyřtaktovou je potřeba provést i změny v layoutu. Nejzásadnější změnou je nutné zvětšení výrobní plochy, aby mohla montáž fungovat pod principem průtokové linky, kde právě jasným oddělením výrobních ploch jsou zaručeny optimální podmínky výroby. Okamžitá vizualizace, viditelnost chyb a stav výrobního procesu jsou jedny z výhod kusového toku. Nákres layoutu čtyř taktové montáže ToolMaster lze vidět na Obr. 19.



Obr. 19: Layout čtyřtaktové montáže ToolMaster

Zdroj: vlastní zpracování.

Oproti původní třítaktové montáži je tento layout prostornější o jedno další pracoviště. Materiál je navážen JIT v dávkách k okamžitému zpracování na patřičný takt, nedochází takto ke zbytečnému skladování. Spojovací materiál je uskladněn na pracovišti a řízen odběrovým kanbanem. Na pracovištích probíhá pouze instalace podsestav bez nutnosti předmontáže.

3.7 Obecné porovnání výchozího a cílového stavu

Pro lepší vizualizaci změn na montážním pracovišti ToolMaster byla zpracována Tab. 7.

Tab. 7: Srovnání původního a cílového stavu

Oblast	Původní stav – třítaktová montáž	Cílový stav – čtyřtaktová montáž
Výše poptávky	2	7
Počet taktů	4	5
Celkový montážní čas	8 950 min	4 360 min
Počet zaměstnanců	4	5
Pojistné zásoby	NE	ANO
Zásoby řízené tahem	NE	ANO

Zdroj: vlastní zpracování.

Z cílového stavu plyne větší procesní stabilita díky pojistným zásobám a více plynulý tok materiálu řízený tahem. Zvyšuje se počet zaměstnanců, ale celkový montážní čas se snížil z původních 8 950 minut na 4 360 minut. To je úspora o 48 %. Základním impulsem této

změny je zvýšená poptávka ze dvou na sedm kusů strojního zařízení ToolMaster měsíčně. Nyní zbývá vše vyčíslit v Kč.

3.8 Nákladové porovnání výchozího a cílového stavu

Z Tab. 4: lze vyčíslit ušetřené minuty při outsourcingu výrobních podsestav. Nelze však interpretovat, jaký finanční přínos toto má pro celý projekt. Z tohoto důvodu dojde k vyjádření uspořených nákladů jednotlivých podsestav. Detailní rozpad je vidět v Tab. 8.

Tab. 8: Ušetřené náklady outsourcingem

	Operace	Podsestava	Ušetřené minuty	Ušetřené minuty * tarif pracoviště (24,32 Kč / minutu)	Výrobní náklady -18 %	Úspora * poptávaný počet strojních zařízení (7 kusů / měsíčně)
TAKT 1	30 + 40	Spodní a horní desky	760 min	18 483 Kč	3 327 Kč	23 289 Kč
TAKT 2	50	Plastový řetěz	265 min	6 445 Kč	1 160 Kč	8 120 Kč
	50	Pohony	265 min	6 445 Kč	1 160 Kč	8 120 Kč
	60	Parkovací stanice	120 min	2 918 Kč	525 Kč	3 677 Kč
	70	Magnety	520 min	12 646 Kč	2 276 Kč	15 934 Kč
	80	Rameno	210 min	5 107 Kč	919 Kč	6 435 Kč
	90	Nosný rám	500 min	12 160 Kč	2 189 Kč	15 322 Kč
	SUMA:		3 670 min	64 205 Kč	11 557 Kč	80 898 Kč

Zdroj: vlastní zpracování na základě naměřených časů oddělení technologie výroby a informací finančního oddělení.

Finanční oddělení stanovilo výrobní tarif pracoviště montáže ToolMaster na 24,32 Kč za minutu. Ve výrobním tarifu jsou zahrnuty fixní a variabilní náklady na pracoviště. Interní pravidlo společnosti TRUMPF Liberec stanovuje při vyskladnění výroby podmínku, při které budoucí podnik zastřešující tuto výrobní činnost musí mít minimálně o 18 % nižší náklady než výroba v TRUMPF Liberec. Pokud se toto pravidlo aplikuje na outsourcingované výrobní podsestavy ToolMaster, tak minimální nákladová úspora v sumě pro všechny podsestavy činí 11 557 Kč za každý vyrobený stroj. Při poptávce sedmi kusů měsíčně se jedná o 80 898 Kč. V rámci jednoho hospodářského roku jde o 970 776 Kč.

Další úsporou jsou minuty získané optimalizací softwaru. Po vynásobení minut výrobním tarifem se jedná o 25 050 Kč za každý vyrobený stroj. Při poptávce sedmi kusů měsíčně se jedná o 175 347 Kč. V rámci jednoho hospodářského roku jde o 2 104 166 Kč.

Pokud se přičtou k dosažené úspoře i minuty získané optimalizací testovacího softwaru, tak se jedná při současné poptávce o úsporu 3 011 942 Kč za hospodářský rok.

Nelze zcela jistě finančně odhadnout případnou náročnost v rámci zvýšené administrativy a dopravy, protože se například tarify jednotlivých dopravců mohou velmi odlišovat. Jednalo by se v rámci outsourcingu o povinnost budoucího dodavatele tuto činnost zajistit. Nelze odhadnout, jak by v tomto případě postupoval. Musela by se stanovit dohoda, která by stanovila jasné finanční hranice.

Závěr

Bakalářská práce se zabývala taktováním skladové automatizace ohýbacích nástrojů ToolMaster. Hlavním cílem byla analýza současného stavu třítaktové montáže a návržení cílového stavu čtyřtaktového stavu.

Bakalářská práce byla logicky rozdělena do dvou částí, teoretické a aplikační. Počátek práce se zabýval vyjmenováním definic a historií lean managementu. Záměr byl představit výrobní systém TPS a stěžejní principy lean managementu pro práci.

Aplikační část práce obsahuje případovou studii ve vybraném podniku. Nejprve byla představena mateřská společnost TRUMPF GmbH + Co. KG a poté její dceřiná společnost TRUMPF Liberec, na níž se autor dále zaměřil. Pro hlubší pochopení spojitosti společných cílů mateřské a dceřiné společnosti by autor doporučil podrobnější analýzu jejich hodnot.

Autor provedl srovnání principů lean managementu s interpretací systému štihlé výroby v TRUMPF Liberec – SYNCHRO. Bylo zjištěno, že se principy shodují.

Následně bylo autorem práce znázorněno strojní zařízení ToolMaster a jeho výhody pro zákazníky. Byly uvedeny jeho jednotlivé podsestavy, které jsou důležité pro následující pasáže o montáži stroje. Dále se práce zabývala analýzou původního třítaktového stavu montáže strojního zařízení ToolMaster. Součástí analýzy bylo vyhotovení mapy toku hodnot, která zobrazila slabiny ve výrobním procesu. Byl popsán layout, obsah a rozbor operací v taktech a zákaznický takt.

Po shrnutí poznatků z analýzy původního stavu došlo k vytvoření cílového stavu. Vizuelní znázornění pomocí mapy hodnotového toku bylo prvním krokem. Z mapy plynul další postup potřebný k docílení čtyřtaktové montáže. Z důvodu změny zákaznického taktu ze dvou strojních zařízení na sedm měsíčně byl sestaven plán k outsourcingu podsestav. Pouze outsourcingem nešlo dosáhnout potřebného času taktu. Dalším krokem bylo balancování montážní linky. Tímto bylo dosaženo cílového stavu – čtvrtaktové montáže stroje ToolMaster.

Pomocí outsourcingu a optimalizací testovacího softwaru došlo k celkové úspoře 3 011 942 Kč za hospodářský rok, a to při poptávce sedmi kusů měsíčně. Balancováním

montážní linky byl následovně stabilizován čas taktu potřebný pro uspokojení zákaznické poptávky.

Autor práce doporučuje dbát dle Sinka (2013) při další budoucí integraci na důkladné vysvětlení důvodů, proč jsou změny nutné v rámci spolupráce s pracovníky. Strojové postupování dle ukazatelů bez jasného vysvětlení, proč se směřuje tímto směrem, může negativně ovlivnit celkový výsledek. Jedině odpovědí na otázky „proč, jak a co?“ lze správně nasměrovat team k lepším výsledkům a k sebemotivaci. V rámci bakalářské práce nebyl bohužel prostor do této tematiky vstoupit hlouběji.

Je nutno poznamenat, že během zhotovení bakalářské práce došlo k poklesu poptávky strojního zařízení ToolMaster. Poptávka spadla na jeden kus měsíčně, kvůli špatně naplánovanému přechodu na novou generaci, která je nyní velice žádaná. Druhá generace ToolMaster se nachází v současnosti stále ve stádiu vývoje. Zákazníci jsou však ochotni vyčkat, protože stroj nabízí větší výhody než generace první.

Navržený cílový stav montáže je realizován. K jeho konečné podobě v rozšíření na oddělené nové taktové pracoviště mělo dojít při stěhování do nově stavěné výrobní haly v Liberci. Vzhledem k prudkému úpadku poptávky po strojním zařízení ToolMaster první generace je nejisté, jak se bude dále s výrobou pokračovat. Důležité je, že zaměstnanci z tohoto výrobního úseku naleznou uplatnění v rámci ostatního výrobního portfolia TRUMPF Liberec.

Seznam citací

- API. 2015. *Výrobní systém nebo přežitek?* [online]. Slaný: API [cit. 2019-03-20].
Dostupné zde: <https://www.e-api.cz/25756n-vyrobni-system-budoucnost-nebo-prezitek>
- BRENNER, Jörg. 2015. *Lean Production. Praktische Umsetzung zur Erhöhung der Wertschöpfung*. 3. vyd. Berlin: Springer. ISBN 978-3-446-44263-4.
- CIE-GROUP: 2019. *Tok jednoho kusu* [online]. Plzeň: CIE-GROUP [cit. 2019-03-20].
Dostupné zde: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/tok-jednoho-kusu/>
- DVOŘÁČEK, Jiří a Ladislav TYLL. 2010. *Outsourcing a offshoring podnikatelských činností*. Praha: C. H. Beck. ISBN 978-80-7400-010-2.
- GUBER, Florian a Mathias KAMÜLLER. 2018. *SYNCHRO. Das Buch: Der lange Weg zur Exzellenz bei TRUMPF*. Deutschland: LOG_X. ISBN 978-39-322-9868-4.
- GUSTAV, Tomek a Věra VÁVROVÁ. 2007. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-1479-0.
- DICKMANN, Philipp. 2015. *Schlanker Materialfluss: mit Lean Production, Kanban und Innovationen*. 3. vyd. Berlin: Springer. ISBN 978-3-662-44868-7.
- Invest Northern Ireland. 2018. *Outsourcing: Advantages and disadvantages of outsourcing* [online]. 2018. Belfast: Invest Northern Ireland [cit. 2019-03-20]. Dostupné zde: <https://www.nibusinessinfo.co.uk/content/advantages-and-disadvantages-outsourcing>
- IS ARES. 2019. *Výpis z Registru ekonomických subjektů ČSÚ v ARES* [online]. 2019. Praha: MF CR [cit. 2019-03-01]. Dostupné zde: https://www.info.mfcr.cz/cgi-bin/ares/darv_res.cgi?ico=27393526&jazyk=cz&xml=1
- KEŘKOVSKÝ, Miloslav. 2009. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. Praha: C. H. Beck. ISBN 978-80-7400-119-2.
- KLEVERS, Thomas. 2007. *Werstrom – Mapping und Werstrom – Design*. Mnichov: Redline GmbH. ISBN 978-363-6030-979.

LHOTSKÝ, Oldřich. 2005. *Organizace a normování práce v podniku*. Praha: ASPI. ISBN 80-7357-096-5.

LIKER, Jeffrey a James FRANZ. 2011. *The Toyota Way to Continuous Improvement: Linking Strategy and Operational Excellence to Achieve Superior Performance*. New York: McGraw-Hill. ISBN 978-00-714-7746-8.

MANAGEMENTMANIA.COM. 2016. *Plytvání (muda)*. *MANAGEMENT MANIA* [online]. Plzeň: ManagementMania.com [cit. 2018-10-31]. Dostupné zde: <https://managementmania.com/cs/plytvani>

OHNO, Taiichi. 2005. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Cambridge, Mass.: Productivity Press. ISBN 978-091-5299-140.

PFEIFFER, Werner a Enno WEIß. 1994. *Lean Management: Grundlagen der Führung und Organisation lernender Unternehmen*. 2. vyd. Berlin: Erich Schmidt. ISBN 3-503-03678-4.

ROTHER, Mike. 2017. *Toyota kata: systematickým vedením lidí k výjimečným výsledkům*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0435-2.

SCHOLL, Armin. 1999. *Balancing and Sequencing of Assembly Lines*. 2.vyd. Heidelberg: Physica-Verlag Heidelberg. ISBN 978-3-7908-1180-3

SHOOK, John Y. 2018. *Principles of lean*. [online]. Cambridge: Lean Enterprise Institut [cit. 2018-10-31]. Dostupné zde: <https://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>

TAKEDA, Hitoshi. 2012. *Das synchrone Produktionssystem*. 7. vyd. Mnichov: Franz Vahlen. ISBN 978-38-006-4607-4.

TAYLOR, David a David BRUNT. 2010. *Manufacturing Operations and Supply Chain Management: The Lean Approach*. 3. vyd. London: Cengage Learning. ISBN 978-1-861-52604-5.

TRUMPF. 2019a. *Profil společnosti* [online]. Ditzingen: TRUMPF [cit. 2019-02-24]. Dostupné zde: https://www.trumpf.com/cs_CZ/spolecnost/skupina-trumpf/profil-spolecnosti/

TRUMPF. 2019b. *TruConnect. Your Smart Factory* [online]. Ditzingen: TRUMPF [cit. 2018-03-24]. Dostupné zde: https://www.trumpf.com/de_INT/produkte/smart-factory/

TRUMPF. 2019c. *Quality Certificate* [online]. Ditzingen: TRUMPF [cit. 2018-03-24].

Dostupné zde:

https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Master/Corporate/Quality/Certificate_ISO_9001_TRUMPF_Group.pdf

TRUMPF. 2019d. *ToolMaster Bend* [online]. Ditzingen: TRUMPF [cit. 2019-03-01].

Dostupné zde: https://www.trumpf.com/cs_CZ/produkty/stroje-systemy/automatizace/automatizace-ohranovacich-lisu/toolmaster-bend/

WOMACK, James P., Daniel T. JONES a Daniel ROOS. 2007. *The Machine That Changed the World*. New York: Simon & Schuster. ISBN 978-1-847-37055-6.