



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE PRACOVIŠTĚ MONTÁŽE V PŘEDVÝROBĚ ZA POUŽITÍ PRINCIPŮ ŠTÍHLÉ VÝROBY

RATIONAL LAYOUT OF THE ASSEMBLY LINE IN THE PRE-MANUFACTURING STAGE AND LEAN
PRINCIPLES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michal Škrdla

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Michal Škrdla
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Optimalizace pracoviště montáže v předvýrobě za použití principů štíhlé výroby

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta je navrhnout optimální uspořádání montážního pracoviště pro současný nebo plánovaný výrobní program ve společnosti OTIS, a.s. Kritéria pro výsledné uspořádání by měla být v souladu s podnikovými cíli.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza současného rozmístění pracovišť, množstevní toky a produktové skupiny
2. Analýza toku materiálu, časové snímky
3. Mapování taktu jednotlivých operací
4. Návrh možných variant řešení
5. Zhodnocení variant (vč. jejich předpokládaných nákladů a přínosů)
6. Výběr pro podnik optimální varianty včetně zpětnovazebních mechanismů

Seznam literatury:

HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.

HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.

SAMEK, J. Modely optimálního rozmístění výroby. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.

SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.

ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce mapuje současný stav montážního pracoviště předvýroby v daném podniku. S využitím principů štíhlé výroby popisuje a následně eliminuje veškeré formy plýtvání, které se na pracovišti vyskytují. Součástí projektu je návrh nového rozložení výrobní buňky, vybalancování provozu a standardizování práce operátorů v procesu. Cílem projektu je dosažení plánovaného objemu výroby při stejných nebo nižších provozních nákladech.

Klíčová slova

Štíhlá výroba, Výrobní systém Toyota, Časové snímky práce, Špagetový diagram, Eliminace plýtvání, Takt výrobní buňky, Průběžná doba, Jednokusový tok, Balancování, Standardní práce

ABSTRACT

This thesis deals with the current state of assembly workplace for prefabrication in selected company. Using lean manufacturing principles it describes and subsequently eliminating all forms of waste that occur in the workplace. Part of the project is to design a new layout of the manufacturing cell, operation balancing and standardize the work of operators in the process. The project aims to achieve the planned production volumes at the same or lower operating costs.

Key words

Lean manufacturing, TPS – Toyota production system, Time observation, Spaghetti diagram, Waste elimination, Takt time, Lead time, One-piece flow, Line balance rate, Standard work

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DLE ČSN ISO 690

ŠKRDLA, M. *Optimalizace pracoviště montáže v předvýrobě za použití principů štlé výroby*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 98 s.

Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Optimalizace pracoviště montáže v předvýrobě za použití principů štlé výroby* vypracoval samostatně s použitím uvedených zdrojů. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem ve své práci neporušila autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

26. 5. 2016

Datum

.....
Bc. Michal Škrdla

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Janu Strejčkovi, Ph.D., MBA. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Děkuji společnosti Otis a.s. za možnost podílet se na zajímavém projektu a osvojit si tak nové praktické znalosti. Jmenovitě panu Ing. Radovanu Chytilovi za odborné konzultace, panu Dušanu Barbušiakovi za sdílení svých zkušeností a praktických znalostí a také všem pracovníkům z montážního pracoviště za ochotu a vstřícný přístup. Děkuji také své přítelkyni Lucii za trpělivost a podporu v závěrečné fázi studia.

OBSAH

ÚVOD	10
1 HISTORICKÝ VÝVOJ PRŮMYSLOVÉ VÝROBY	12
2 TPS – PRODUKČNÍ SYSTÉM TOYOTA	14
2.1 Pilíře.....	15
2.1.1 Just in Time	15
2.1.2 Jidoka.....	15
2.2 3M a 8 druhů plýtvání.....	16
2.2.1 Muda.....	16
2.2.2 Muri	18
2.2.3 Mura	18
2.3 Proces.....	18
2.3.1 Nepřetržitý tok.....	19
2.3.2 Pull-systém (Kanban)	20
2.3.3 Heijunka	20
2.3.4 Standardizace.....	21
2.4 Filozofie	22
2.4.1 Kaizen.....	22
2.4.2 Genchi Genbutsu	23
3 NÁSTROJE LEAN.....	24
3.1 Identifikace plýtvání	24
3.1.1 VSM (Value Stream Mapping)	24
3.1.2 Procesní analýza	24
3.1.3 Analýza a měření práce	25
3.1.4 Špagetový diagram	25
3.2 Eliminace plýtvání	26
3.2.1 5S.....	26
3.2.2 SMED.....	28
3.2.3 TPM.....	30
3.2.4 Poka-yoke	31
3.2.5 Andon	31
4 UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION	32
4.1 OTIS a.s.	32
4.2 Divize Escalators společnosti OTIS a.s.	34
4.3 Transport for London.....	35

5	POPIS VÝCHOZÍHO STAVU	37
5.1	Layout výrobní buňky.....	37
5.2	Produktové skupiny	38
5.2.1	Procesní matice.....	39
5.2.2	PQ analýza.....	39
5.3	Postup montáže	41
5.3.1	NPE/NCE	41
5.3.2	TFL	42
5.4	Sledovaná zakázka	47
6	MĚŘENÍ.....	48
6.1	Časové snímky	48
6.2	Špagetový diagram	49
7	ANALÝZA	52
7.1	Výrobní kapacita.....	52
7.2	Takt Time.....	53
7.3	Index vyváženosti	54
7.4	Lead Time	54
7.5	Plytvání na pracovišti.....	55
7.6	Využití operátorů	55
8	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ.....	57
8.1	Jednokusový tok	57
8.2	Eliminace úzkého místa	59
8.2.1	Volba varianty řešení.....	59
8.2.2	Nová technologie.....	60
8.3	Re-layout a optimalizace toku	63
8.4	Plánování výroby	68
8.5	Balancování	69
8.6	Standardní práce	72
9	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	73
	ZÁVĚR.....	75
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	77
	SEZNAM OBRÁZKŮ	80
	SEZNAM TABULEK	81
	SEZNAM SYMBOLŮ VELIČIN A ZKRATEK.....	82
	SEZNAM PŘÍLOH	85

ÚVOD

Už dávno neplatí, že cena zboží, výrobků a služeb je pro zákazníka vždy určující a primární faktor. Postupně se v důsledku výskytu nekvalitní produkce začal prosazovat faktor, který jasně definuje kvalitu. Cena a kvalita se však u mnoha hráčů na trhu ustálila na rovnocenné úrovni. Proto je dnes stále více určujícím faktorem konkurenční výhoda v podobě flexibility. Samotná definice flexibility pak zřetelně prokazuje, co je nutné dodržet. Flexibilita = schopnost pružně reagovat na požadavky zákazníka.

Potřeba rychlých, pružných procesů, jež poskytují zákazníkům to, co chtějí, když to chtějí, v nejvyšší jakosti a s přijatelnými náklady je to, co definuje koncept „štíhlé“ výroby, který se v posledních desetiletích stal fenoménem nejen ve světě průmyslu.

Tato práce je součástí rozsáhlé reorganizace předvýroby, která probíhá v břevlaské pobočce společnosti Otis a.s. již od léta loňského roku.

Na začátku byla předvýroba nastavená tak, aby mohla s rezervou absorbovat požadavky výroby, a to včetně všech neočekávaných požadavků a změn. Všechny tyto rezervy a nahodilosti bylo možné zvládnout pouze s dostatečným časovým předstihem a velkou rozpracovaností. Výsledkem však bývá nemalé plýtvání.

Tlak ze strany zákazníka na cenu a dobu dodání tak logicky navádí k zefektivnění výroby – nastavení optimálního toku materiálu bez dlouhých přepravních vzdáleností, optimalizaci výrobních kapacit a plánování předvýroby s maximálním využitím zdrojů bez zbytečných zásob a vysoké míry rozpracovanosti.

Reorganizace probíhá již od léta loňského roku a je rozdělena do tří etap. První etapa spočívá v přípravě podmínek pro druhou etapu – např. redukci strojů, nastavení nového způsobu řízení toku materiálu a uvolnění prostorů pro nové stroje. Druhá etapa spočívá v nahrazení starých strojů novými a změně toku materiálu směrem k výrobě a koridoru. Nezanedbatelná je i koncepční změna, která spočívá v nové filozofii plánování zakázek. Celý projekt bude završen etapou optimalizace a korekce kapacit, toků a rozpracovanosti tak, aby byla naplněna myšlenka „štíhlého“ konceptu výroby.

„Dělat věci správně nebo dělat ty správné věci je přece rozdíl.“

1 HISTORICKÝ VÝVOJ PRŮMYSLOVÉ VÝROBY

Předpoklad pro vznik „štíhlého“ pojetí výroby položil už Eli Whitney se svým konceptem zaměnitelných dílů roku 1799. O sto let později Frederick W. Taylor rozpracoval časové studie a zavedl pojem standardní práce. Další postavou byl Frank Gilbreth, tvůrce pohybových studií a procesní analýzy. [20]

Avšak za prvního člověka, který na těchto principech sestavil komplexní výrobní strategii je považován Henry Ford, který spojil koncepci vyměnitelných dílů, standardní práce a kontinuální linky, aby roku 1913 vytvořil hromadnou pásovou výrobu. [7] [20]

Samotná koncepce *lean production* resp *lean manufacturing* nebo v překladu „štíhlá“ výroba však pochází z japonské Toyoty. Firma neměla tolik příznivé podmínky pro rozvoj jako americký Ford z důvodu nízké poptávky, řádově nižší produktivity a nedostatku finančních zdrojů pro nákladné investice. Aby se společnost mohla Fordovi vyrovnat, musela přijít s novou koncepcí a své úsilí zaměřila na minimalizaci zbytečnosti v procesech, z čehož se později zrodila TPS – Toyota Production System.

U zrodu TPS stál Taiichi Ohno, který v roce 1947 jako vedoucí projektu, s cílem eliminovat prostoje a zbytečnosti a zvýšit produktivitu, vymyslel linku s víceobsluhou, tzn., že jeden pracovník mohl obsluhovat více strojů různých druhů. [2]

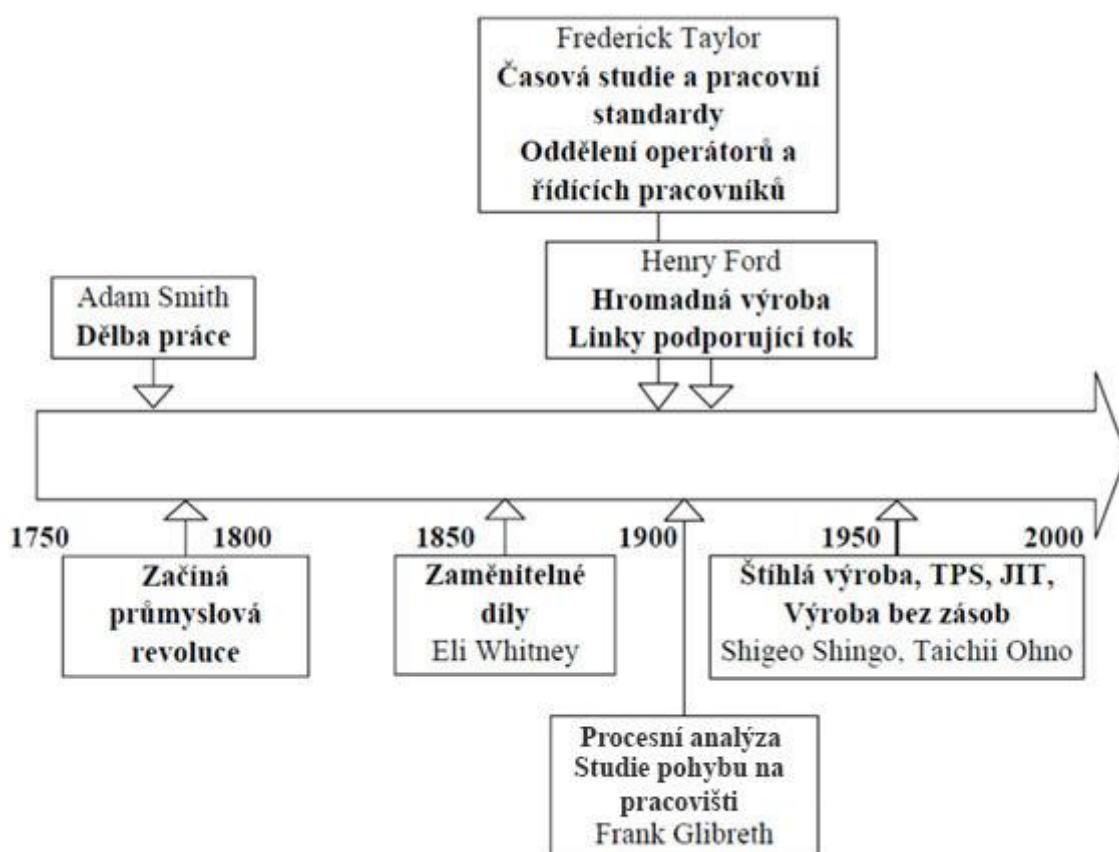
V padesátých a šedesátých letech k TPS přispěl Shigea Shinga (1909-1990) v oblasti redukce nastavovacích časů (SMED), která umožnila vyrábět v mnohem menších dávkách. [20]

Tyto revoluční myšlenky se zásadně odlišily od principu hromadné výroby a naznačily zcela jinou cestu budoucího vývoje. Produktivita se zvýšila dvakrát až třikrát, společnosti se podařilo přežít dlouholetou recesi v průmyslovém odvětví po ropné krizi v roce 1973 a jako jedna z mála dokázala stále vyrábět se ziskem. Podíl Japonska na celosvětové produkci automobilů v tomto období vzrostl z 8 % na 29 %.

Po roce 1975 celému světu došlo, že v Toyotě vymysleli něco neobvyklého, co stojí za povšimnutí. V sedmdesátých a osmdesátých letech začaly americké a evropské firmy posílat své experty do Japonska ve snaze osvojit si znalosti konceptu TPS. Avšak pouze firmy, které implementovaly komplexní systémy, mohly počítat s dobrými výsledky. (Kawasaki, GE). [20]

Největší zásluhu o rozšíření celé filozofie a metodologie štíhlého konceptu společnosti má James P. Womack, profesor na Massachusetts Institute of Technology, který mezi lety 1984 a 1989 vedl se svými kolegy projekt, financovaný vládními institucemi a velkými automobilovými společnostmi (International Motor Vehicle Program). Výsledky projektu, který měl za cíl prozkoumat techniky TPS a porovnat je se západním konceptem hromadné výroby za účelem revitalizace automobilového průmyslu, publikovali v legendární knize *"The machine that changed the world: the story of lean production"*, vydané v roce 1990. [20] [2] [7]

Zde také vznikl dnes všeobecně užívaný název konceptu. Oproti modelu hromadné výroby (*mass production*) byl japonský model označen jako „štíhlá“ výroba (*lean production*). [20] [2]

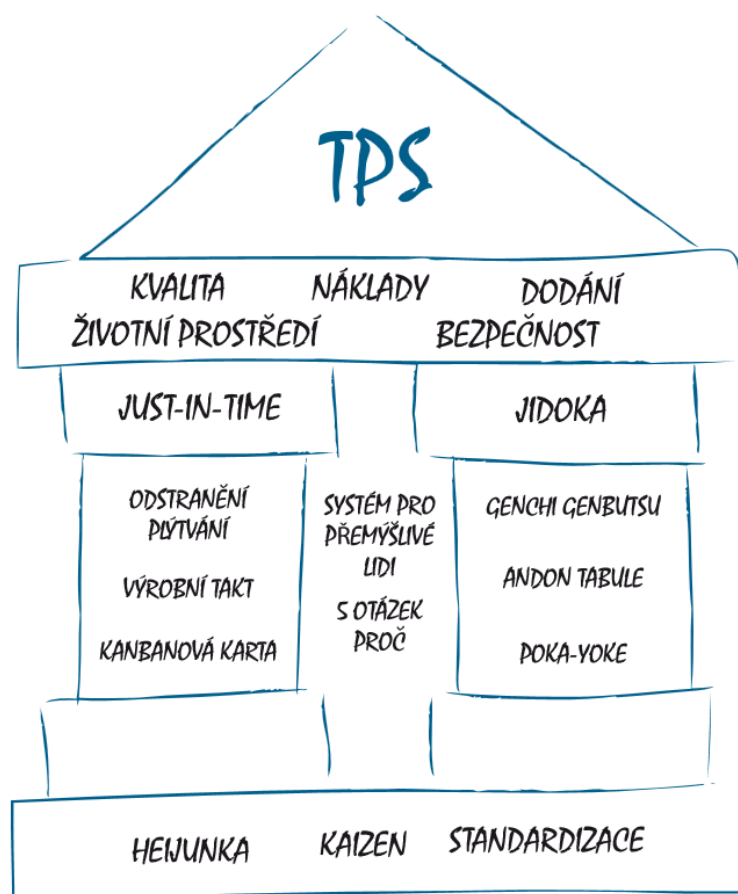


Obr. 1.1: Historický vývoj štíhlé výroby [23]

2 TPS – PRODUKČNÍ SYSTÉM TOYOTA

Produkční systém firmy Toyota (Toyota Production System, TPS) je jedinečným přístupem společnosti Toyota k výrobě. Tento systém je základem toho, co vzniklo v rámci hnutí „štíhlé“ výroby, která byla v posledních desetiletích impulsem ke globální transformaci v podstatě všech odvětví, která přebírala filosofii a nástroje v řízení výroby firmy Toyota. Hlavní myšlenkou tohoto hnutí je maximalizace vytvořené hodnoty pro zákazníka a minimalizace ztrát resp. plýtvání.

Podstatou „štíhlé“ výroby je způsob myšlení, který se soustředí na zajištění nepřerušovaného toku materiálu procesem přidáváním hodnoty, tzv. jednokusového toku, na systému tahu, jenž působí od poptávky zákazníka zpět, a na podnikové kultuře neustálého zlepšování a respektu k lidem - zaměstnancům. [1]



Obr. 2.1: Výrobní systém firmy Toyota (TPS) [8]

Zakladatel a tvůrce TPS „štíhlost“ podniku definoval následovně:

„Jediné, co děláme, je to, že sledujeme čas od okamžiku, kdy nám zákazník zadá objednávku, k bodu, v němž inkasujeme hotovost. A tento čas zkracujeme, když odstraňujeme ztráty, které nepřidávají hodnotu. (Ohno, 1988)“ [1]

2.1 Pilíře

Na **Obr. 2.1** vidíme schéma tzv. domečku TPS. Základ fungování tohoto systému je standardizace procesů a operací, kaizen – filozofie neustálého zlepšování a heijunka – vyrovnaní výroby. Tyto pojmy si popíšeme později v této kapitole. Dva základní pilíře tvoří metodika Just-in-Time a princip Jidoka.

2.1.1 Just in Time

JIT je definován jako soubor zásad, nástrojů a technik, které firma využívá, aby dosahovala vyšší efektivity a flexibility. Podle těchto technik lze vyrábět a dodávat v malých množstvích, s krátkými dodacími lhůtami a flexibilně tak reagovat na přání zákazníka, od kterého se odvíjí veškeré dění v podniku. [1]

V procesu je pojem zákazník chápán nejen jako konečný odběratel ale také jako proces následující. Jinak řečeno každý krok výrobní linky nebo každý podnikový proces je považován za zákazníka a mělo by jim být dodáváno přesně to, co potřebují, a to v přesném čase potřeby. Musí platit tato plynulá návaznost procesů, aby fungoval systém JIT. [6]

2.1.2 Jidoka

Princip Jidoka neboli „automatizace s lidským dotykem“ je druhým z pilířů výrobního systému Toyota. Automatizace je velmi důležitým prvkem ve výrobě, pokud usilujeme o minimalizaci ztrát. Kde je to jen možné, snažíme se o co nejvyšší stupeň autonomie pracoviště. Stroje ve výrobě jsou vybaveny takovými funkcemi, díky kterým obsluha nemusí pasivně sledovat chod stroje, protože tímto nezvyšuje hodnotu produktu a jedná se tak o plýtvání. Těmito funkcemi rozumíme samovolné zastavení chodu a signalizaci obsluze v případě nutné asistence nebo poruchy. Obsluha stroje se tak může věnovat

jiným činnostem, které přináší hodnotu. Mezi technická řešení patří instalace různých spínačů, počítačů a pojistek. [8] [9]

Tento princip je podporován čtyřmi důležitými prvky, které si popíšeme později:

- genchi genbutsu,
- andon tabule,
- standardizace,
- poka-yoke. [16]

2.2 3M a 8 druhů plýtvání

Základním předpokladem pro celý výrobní systém Toyoty je snaha o eliminaci 3M:

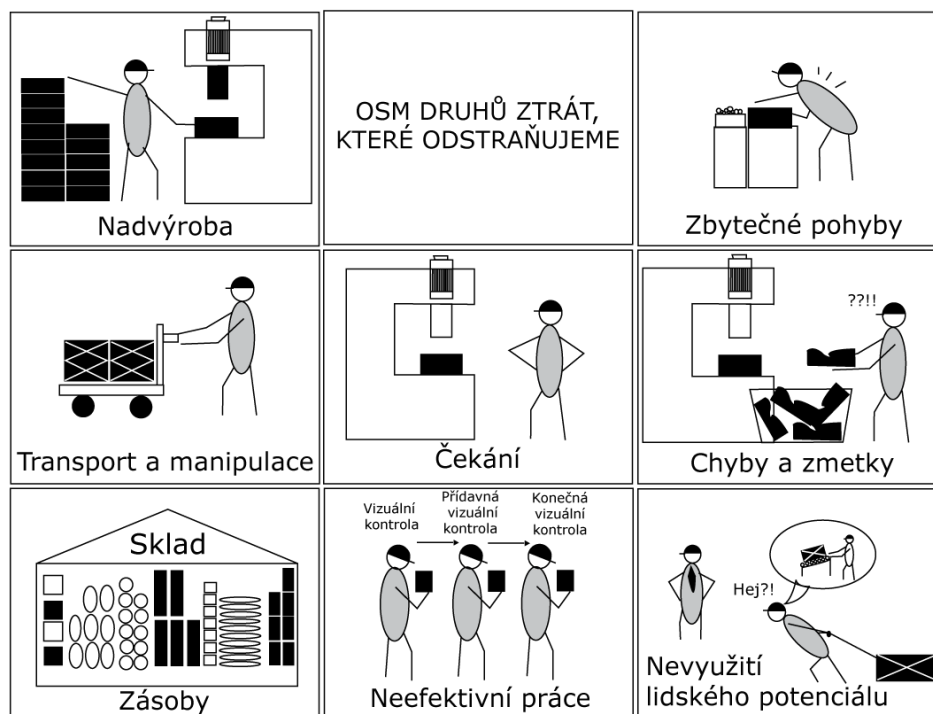
- Muda – nulová přidaná hodnota,
- Muri – nadměrné přetěžování lidí nebo zařízení,
- Mura – nevyrovnanost.

2.2.1 Muda

Za plýtvání lze označit vše, co se v podniku vykonává, stojí peníze a přitom nepřidává výrobku nebo službě žádnou hodnotu, za kterou je zákazník ochoten zaplatit. Plýtvání je trvalým zdrojem ztrát a zbytečných nákladů, které vedou k neefektivitě podniku a samozřejmě ke snižování zisku. Eliminace plýtvání neznamena pouze finanční profit, ale i zlepšení pracovního prostředí, zvýšení bezpečnosti práce atd. [9] [11]

- Nadvýroba.** Výroba položek bez zakázky, která následně vyvolává další ztráty v podobě přezaměstnanosti, skladových a dopravních nákladů v důsledku skladových zásob.
- Čekání (disponibilní čas).** Zbytečné postávání dělníků a dohlížení na automatizovaný provoz, čekání na další krok v procesu, nástroj, dodávku, součást atd., popřípadě nemají co dělat v důsledku vyčerpání zásob, poruchy zařízení, zpoždění procesu, prostojů a dalších kapacitních problémů.

- c) **Doprava nebo přemístování, které není nezbytné.** Přesuny materiálů, dílů nebo hotových výrobků ze skladu a do skladu, příp. mezi procesy, rozložení pracovních prostorů na velké vzdálenosti atp.
- d) **Nadměrné či nepřesné zpracování.** Provádění zbytečných úkonů při zpracování. Neefektivita kvůli špatně zvoleným nástrojům nebo chybného konstrukčního řešení výrobku. Produkce vyšší jakosti, než je nutné.
- e) **Nadbytečné zásoby.** Nadbytečné zásoby surovin, rozpracované výroby nebo hotových produktů jsou příčinou skladových a dopravních nákladů, prodlev, zastarávání či poškození zboží. Snaha o kompenzaci jiných problémů v podobě nevyvážené výroby, opožděných zásilek od dodavatelů, vad, prostojů a dlouhých seřizovacích časů.
- f) **Zbytečné pohyby.** Zbytečná chůze a další ztrátové pohyby zaměstnanců při práci jako je hledání nástrojů, dílů atd., jejich přemístování, podávání, odkládání a rovnání.



Obr. 2.2: Osm druhů plýtvání [9]

- g) **Vady.** Produkce vadných kusů a jejich opravy. Předělávky, vyřazování zmetků, náhradní výroba, kontrola a dohled znamenají ztrátové časy a zbytečné manipulace a úsilí.
- h) **Nevyužitý potenciál zaměstnanců.** Ztráty vlastní tvořivosti zaměstnanců, jejich nápadů, dovedností, navržených zlepšení a příležitosti k učení v důsledku toho, že se nezajímáme o své zaměstnance nebo jim nenasloucháme. [1] [17]

2.2.2 Muri

Muri neboli využívání strojů nebo lidí nad jejich standardní meze. Přetěžování je spojeno se zvýšenou poruchovostí strojů, únavou a nepozorností pracovníků a tím pádem vede ke snížení jakosti a bezpečnosti práce. To znamená, že konečným důsledkem je mimo jiné plýtvání – muda. [4]

2.2.3 Mura

Mura představuje nevyrovnanost výroby, jako důsledek nepravidelného harmonogramu výroby (nestálý příjem zakázek) nebo vnitřních problémů (prostoje, zmetky, poruchy). Jednou je práce nad možnosti strojů a pracovníků a potom je práce málo. Důsledkem tohoto jevu je nutnost držení záložních kapacit pro situace vyšších úrovní výroby. Když jsou však úrovně nižší, volné zdroje představují plýtvání. Pro uplatnění „štíhlé“ výroby je vyrovnanost a stabilita výrobního systému nezbytností. [4]

2.3 Proces

Zásadní význam pro výrobní systém Toyoty měla od samotného začátku pružnost. Osvojili si poznatek, že pokud se soustředíme na udržování pružnosti procesů, zkracování průběžných dob a eliminaci plýtvání, získáme tak ve skutečnosti vyšší jakost, lepší schopnost reagovat na požadavek zákazníka, vyšší produktivitu a lepší využití zařízení, prostoru a lidí. K udržení efektivního procesu je mimo jiné (Jidoka, 5S,...) nezbytné osvojení si následujících principů.

2.3.1 Nepřetržitý tok

Tok znamená, že ve chvíli, kdy získáme zakázku, je spuštěn proces obstarávání surovin, potřebných pro naplnění dané zakázky. Suroviny poté proudí do výrobního závodu dodavatele, kde se vytváří díly, které jsou ihned předávány do montážního závodu, kde je objednávka kompletována. Poté okamžitě putuje k zákazníkovi. [1]

Vytvoření nepřetržitého toku všude tam, kde je to v rámci výrobních podmínek možné, je vhodným výchozím místem pro kteroukoli firmu, která usiluje o zavedení „štíhlosti“. Tok je podstatou myšlenky „štíhlosti“, neboť **pomáhá zkracovat průběžné doby výroby a identifikovat různé formy plýtvání.**

V duchu „štíhlého“ myšlení je ideální velikost dávky jeden kus – **ideál jednokusového toku.** Díky tomuto ideálnímu toku můžete eliminovat nadvýrobu a zásoby rozpracované výroby. Z prvního pohledu se tento systém může zdát problematický. Pokud dojde k poruše jediného článku řetězce, zastaví se celá výroba. Když se na to podíváme z druhé stránky, tak právě díky tomu nejlépe a nejrychleji odhalíme nedostatky ve výrobním procesu a donutíme pracovníky okamžitě řešit daný problém. [1]

Nyní si shrneme přínosy jednokusového toku:

- a) **Zajišťuje jakost.** Každý pracovník provádí dohled a je mnohem snazší objevit a napravit případné vady.
- b) **Vytváří skutečnou flexibilitu.** Přechod na jinou kombinaci výrobků s cílem přizpůsobit se požadavkům zákazníka může být v podstatě okamžitý.
- c) **Zajišťuje vyšší produktivitu.** V buňce soustředěné na jednokusový tok se vyskytuje velice málo činností, nepřidávajících hodnotu, např. zbytečné přemísťování.
- d) **Šetří podlahovou plochu.** V podstatě se zde nevyskytují sklady rozpracované výroby.
- e) **Zvyšuje bezpečnost.** Menší dávky nevyžadují manipulaci za pomoci těžké techniky, která je častou příčinou nehod.
- f) **Zlepšuje morálku.** Lidé vykonávají více práce přidávající hodnotu a mohou také okamžitě vidět výsledky jejich práce, což přináší pocit uspokojení z dobře odvedené práce.

g) **Snižuje náklady vázané v zásobách.** Uvolněný kapitál lze investovat do čehokoli jiného. [1]

Podaří-li se nám nastavit jednokusový tok v rámci výrobní buňky, musíme si definovat tempo, jakým by měla buňka pracovat. Zde zavádíme pojem **takt výrobní linky**. Takt neboli rytmus pracovní linky je tempo poptávky zákazníků – tempo, v němž zákazníci nakupují daný produkt. [1]

2.3.2 Pull-systém (Kanban)

Kromě konceptu hromadné výroby, s kterým přišel Henry Ford, se manažeři Toyoty při vytvoření TPS inspirovali také u amerických supermarketů, kde jsou jednotlivé položky sortimentu doplňovány právě ve chvíli, kdy jsou z regálu téměř vyprodány. To znamená, že doplňování materiálu je vyvoláno jeho spotřebou. Když tuto myšlenku promítneme do výrobního provozu, znamená to, že následující operace signalizují své potřeby předchozím operacím. Systém tahu přispívá k eliminaci nadprodukce a je základní zásadou přístupu Just-in-Time. [1] [18]

Jako ukazatel spotřeby a signalizace k doplňování se ve výrobním systému Toyoty využívá kanban. Kanban je japonské slovo pro „štítek“, „kartu“ či „znamení“ a představuje nástroj řízení toku a zpracovávání materiálu. Tyto karty se pohybují závodem a předávají předchozímu kroku signál v okamžiku, kdy je třeba doplnit jeho díly. Tím se vytváří „tah“, přenášený zpětně na předchozí stupně až k začátku výrobního cyklu. Na základě systému kanban se sleduje a koordinuje využívání a doplňování zásob dílů a nástrojů, odvozují se pak plány a pravidla zásobování, propočítávají se maximální povolená množství a podobně. Tento systém je v mnoha činnostech efektivnější než systém dle pevných harmonogramů. Je opakem tzv. push systému (systém tlaku). [1] [18] [19]

2.3.3 Heijunka

Nejběžnějším přístupem k implementaci „štíhlých“ nástrojů je soustředění na eliminaci muda, protože tyto ztráty je snadné rozpoznat a odstranit. Firmy však zapomínají na obtížnější procesy, mezi které patří stabilizace a vyrovnaní výrobního systému. Toyota právě pro tyto účely zavedla koncepci známou jako Heijunka. [1]

Heijunka je vyrovnávání výroby jak z hlediska objemu, tak i z hlediska kombinace výrobků. Výrobky nejsou zhotovovány podle skutečného toku objednávek zákazníků, nýbrž se vezme celkové množství objednávek za určité období, aby se vyrovnaným způsobem rozdělilo tak, že na každý den bude připadat výroba stejného množství i stejné kombinace výrobků. [1]

2.3.4 Standardizace

Standardizovaná práce je souborem návodů, dokumentace a přesných procedur pro každého operátora ve výrobním procesu. Je tvořena třemi prvky – taktovacím časem, přesným sledem výrobních operací a standardizovaným množstvím zásob, které má mít pracovník při ruce, aby mohl danou práci dokončit. [20]

Význam standardů je pro firmu Toyota naprostým základem. Jejich role je však mnohem hlubší než jako vzor pro zajišťování opakovatelnosti a efektivnosti úkolů. Jak prohlásil sám Taiichi Ohno, zakladatel TPS:

„Kde nejsou standardy, nemůže dojít ke zlepšení.“

Standardizaci je třeba chápat jako základ pro neustálé zlepšování, ne jako neměnnou normu a nejlepší možné řešení pro daný pracovní výkon. Proces je třeba nejdříve standardizovat čili stabilizovat, a teprve potom můžeme uvažovat o dalším vylepšení, které se případně zanesou do nového standardu atd. [1] [20]

Dalším přínosem standardizace je pokles nežádoucí kolísavosti výkonu, usnadnění zaškolení nových operátorů nebo minimalizace nehod a stresu na pracovišti, a také je nezbytným podpurným faktorem pro zajišťování jakosti. [20]

Při standardizaci pracoviště se můžeme setkat s následujícími standardními formuláři:

- *Process Capacity Sheet* – výpočet kapacity jednotlivých strojů v jedné výrobní jednotce,
- *Standard Work Combination Table* – kombinace manuálního pracovního času, pohybu a strojového času ve výrobní sekvenci,
- *Standard Work Chart* – pohyb operátorů a materiálu vzhledem ke strojům a v rámci procesního rozvržení,

- *Work Standards Sheet* – soubor technických dokumentů popisujících výrobní operace,
- *Job Instruction Sheet* – detailní popis pracovních operací pro zaškolení operátora. [20]

2.4 Filozofie

Trvalý úspěch firmy Toyota nestojí pouze na implementaci nástrojů k zefektivnění pracoviště a na metodách zlepšování jakosti, které firmu ve světě proslavily, ale pramení z hlubší podnikatelské filozofie, která si zakládá na porozumění lidem a jejich motivačním faktorům. Mnoho firem se v minulosti neúspěšně snažilo o zavedení štíhlé výroby. Důvod neúspěchu pramení v povrchnosti této implementace. Většina firem se příliš důrazně soustředí právě na nástroje, jako jsou metody 5S nebo Just-in-Time, aniž by „štíhlost“ chápaly jako celistvý systém a způsob myšlení, který musí prostoupit kulturu organizace, a to od nejvyššího manažera až po posledního dělníka. [1]

2.4.1 Kaizen

Kaizen je definován různě. Některé společnosti jej chápou jako nástroj, jehož cílem je do několika týdnů navrhnout a implementovat zlepšení v dané oblasti. Pravá podstata je však mnohem hlubší. Nejedná se o nástroj „štíhlé“ výroby, ale o životní filozofii, ať už v oblasti profesního, společenského nebo osobního rozvoje, a její osvojení vyžaduje mnoholetý trénink. [6] [18]

Termín kaizen pochází z japonštiny. Jeho podstatou je neustálé zlepšování a zdokonalování, do kterého je zapojen každý – od manažerů až po dělníky. Představuje propastný rozdíl mezi japonskými a západními organizacemi. Vysvětluje, proč japonské firmy nemohou zůstat dlouho beze změny a naproti tomu americká nebo evropská továrna se nezmění ani za čtvrt století. [5] [3]

Víra v neustálé zdokonalování je hluboce zakořeněna v japonské mentalitě. Staré japonské přísloví říká: „*Jestliže jste někoho neviděli tři dny, dobře se na něj podívejte, jakou prošel změnou.*“ Stejně tak můžeme chápat základní sdělení strategie kaizen,

které říká, že ani jeden den by neměl proběhnout bez toho, aby kdekoli ve společnosti nedošlo alespoň k nějakému zdokonalení. [5]

2.4.2 Genchi Genbutsu

Genchi Genbutsu je jedna z klíčových filozofií a zásad, kterými se přístup Toyoty liší od jiných manažerských přístupů. Tato zásada říká „*jděte a přesvědčte se na vlastní oči, abyste důkladně poznali situaci*“. Genchi v doslovném překladu znamená konkrétní místo a genbutsu určité materiály nebo výrobky. Mnohem populárnější se stal termín gemba neboli skutečné místo. [1]

Gemba je chápána jako místo, kde je výrobkům či službám dodávána hodnota pro zákazníka, který je ochotný za ni zaplatit. Toto místo můžeme chápat jako konkrétní pracoviště nebo výrobní linku. Gemba stojí na vrcholu celé organizace a je v centru všeho dění v podniku. Jednotlivé vrstvy managementu, včetně toho vrcholového, představují nezbytnou podporu samotným výrobním provozům. Je důležité, aby si manažeři udržovali kontakt s realitou a chápali co se na pracovišti děje. Díky tomu dokážou lépe řešit problémy, které v provozu nastanou. [4]

V praxi je ale gemba spíše vnímána jako zdroj problémů, poruch a reklamací, které management musí řešit. Na vrcholu pomyslného trojúhelníku pak stojí management a manažeři věří, že jejich úkolem je říkat pracovištím co mají dělat, místo toho, aby zaměstnancům na pracovištích naslouchali a učili se od nich. [4]

K udržení gemba na vrcholu struktury managementu jsou zapotřebí zapálení zaměstnanci, kteří znají svou úlohu, jsou hrdí na svou práci a chápou, jakým způsobem přispívají k úspěchu podniku. Je úkolem managementu, aby podnítil a podporoval tyto pocity u zaměstnanců. [4]

Závěrem je nutné dodat, že v duchu celkové koncepce TPS jsou to lidé, kdo vdechuje systému život. Respekt k lidem a rozvoj vlastních zaměstnanců a partnerů patří mezi zásady firmy Toyota. Cíle a filozofie firmy pak sdílejí všichni zaměstnanci. Sami dělníci aktivně předkládají zlepšovací návrhy, jsou v tom dokonce podporováni a povzbuzováni. [1]

3 NÁSTROJE LEAN

V této kapitole si popíšeme základní metody a nástroje k „zeštíhlení“ výroby v podniku. Jako první použijeme analytické metody, které popisují současný stav a odhalují veškeré formy plýtvání. Dalším krokem jsou metody a opatření, jejichž uplatnění vede k redukci resp. eliminaci daného typu plýtvání.

3.1 Identifikace plýtvání

3.1.1 VSM (Value Stream Mapping)

Přeloženo jako mapování hodnotového toku. Jedná se o komplexní metodu, která pomocí grafického znázornění a standardizovaných ikon, mapuje materiálový a informační tok od zákazníka k dodavateli, identifikuje a kvantifikuje plýtvání v celém hodnototvorném řetězci, informuje o velikosti a počtu skladů a meziskladů a v neposlední řadě dokáže odhalit úzká místa procesu. Úlohou hodnotového řetězce je znázornit, jak jednotlivé bloky činností přispívají k tvorbě hodnoty definované zákazníkem. Data jsou získávána přímo v provozu. [12] [13] [18]

Hodnotové řetězce jsou obvykle dokumentovány v podobě diagramů obsahujících časové a výkonnostní údaje. Výstupem je potom tzv. VA – index, který je poměrem časů přidávajících a nepřidávajících hodnot. [2] [12]

3.1.2 Procesní analýza

Procesní analýza je další ze základních metod pro mapování výrobních i nevýrobních procesů ve firmě. Jedná se o analytickou metodu, která sleduje výkonnost a účinnost kritických operací, obsahujících větší podíl činností nepřidávajících hodnotu. Výstupem je grafické znázornění sledu aktivit pomocí symbolů – tzv. procesní diagram. Půvabem kombinace metod VSM a procesní analýzy je možnost vidět souvislosti a návaznosti jednotlivých činností, procesů a překážek (plýtvání) mezi nimi. [11] [13]

Při provádění procesní analýzy sledujeme základní doporučené veličiny jednotlivých činností tj. vzdálenost, doba trvání, počet pracovníků. Podle potřeby můžeme přidat další atributy, např. doba transportu, velikost dávky, CT operace a další. [11]

3.1.3 Analýza a měření práce

Analýza a měření práce je poměrně jednoduchým a přitom velmi účinným nástrojem v boji proti plýtvání a neefektivnosti v procesech.

Analýza práce spočívá v detailním sledování pracovního postupu, zapojení selského rozumu a vyhodnocení vhodnosti dané operace, případné eliminace, sloučení a další zjednodušování úkonů. [14]

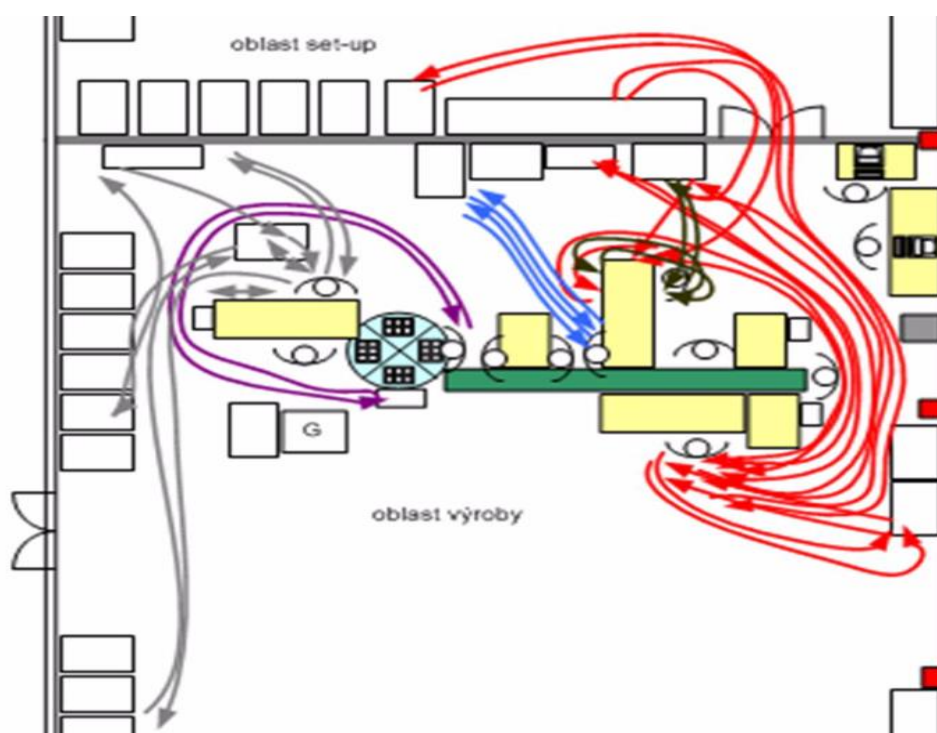
Cílem měření práce je určit co nejobektivnější normu spotřeby času. Mimo techniky jako je hrubý odhad či využití historických údajů, patří mezi nejpoužívanější metody časové studie, které jsou realizovány přímým měřením za pomoci stopek, potřebných formulářů, případně specializovaného zařízení či software. Druhou skupinu tvoří tzv. metody nepřímého měření práce, kde je norma určena z předem definovaných časů, které danému pohybu přísluší. [14]

Rozlišujeme dva základní přístupy v oblasti přímého měření. Pokud se zaměříme na sledování pracovníka, mluvíme o snímku pracovního dne, pokud je cílem určení času operace, mluvíme nejčastěji o tzv. chronometráži. [14]

Chronometráž slouží ke stanovení doby určité pracovní operace a patří mezi nejpoužívanější způsob stanovení výkonové normy. Metoda spočívá v rozdělení měřené činnosti do několika dílčích úkonů. Spotřeba času jednotlivých úkonů je potom zaznamenávána do připraveného formuláře. Díky rozdělení operací na jednotlivé úseky můžeme snadněji definovat problematická místa a přijmout opatření například v podobě balancování. [14]

3.1.4 Špagetový diagram

Špagetový diagram zachycuje veškeré pohyby pracovníka popř. materiálu na pracovišti v určitém časovém období. Pohyby se zakreslují do layoutu výrobní buňky. Tento způsob analýzy v kombinaci se snímkováním průběhu práce snadno odhalí množství zbytečných pohybů a je tak dobrým podkladem pro případný re-layout. [11] [22]



Obr. 3.1: Ukázka špagetového diagramu [11]

3.2 Eliminace plýtvání

3.2.1 5S

Metoda 5S je velmi známá technika, jejímž cílem je vytvoření tzv. štíhlého pracoviště. V podstatě jde o udržování pořádku a disciplíny pracovníků na pracovišti. Přehlednost, standardizované uspořádání a čistota zamezí vzniku nadměrného plýtvání (čekání, hledání,...) a přispěje k bezpečnosti práce. [9] [13]

Cíle této metody jsou následující:

- vizualizace a redukce plýtvání,
- zlepšení materiálového toku,
- zlepšení kvality a bezpečnosti,
- zlepšení podnikové kultury a postoje lidí,
- zlepšení pracovního prostředí.

Název je odvozen z pěti základních kroků metodiky, přičemž S je první písmeno počátečního slova, které vystihuje a pojmenovává daný krok. Často se uvádějí japonské názvy těchto kroků: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke. Ve stejném pořadí pak české ekvivalenty:

a) **Separovat**

Cílem je vytřídit na pracovišti předměty a pomůcky, aby zůstaly jen ty potřebné pro aktuální provoz v potřebném množství. Hromadění nepotřebných položek zákonitě vede k plýtvání (prostor není produktivně využíván, hledá se materiál, pracovníci provádějí zbytečné pohyby atd.). Velmi dobrou pomůckou je tzv. kartičková metoda. Je to označení jednotlivých předmětů kartičkou s číslem z důvodu jednoduchého přiřazení v kartě pracoviště. [10]

b) **Systematizovat**

Smyslem tohoto kroku je vhodné umístění označených položek. Všechny položky by měly být umístěny přehledně tak, aby je každý snadno našel a mohl je snadno vzít, použít a vrátit na definované místo. Umístění objektů je zaznamenáno do layoutu pracoviště stejně jako směr materiálového toku a jsou vypracovány mapy přístupových cest. V metodě 5S jsou rozpracována pravidla a doporučení např. pro značení podlah jednotlivými barvami, jsou uvedeny vhodné typy čar a symbolů pro různé účely. [10]

c) **Stále čistit**

Důsledky nečistého pracoviště jsou zřejmé – potlačení zákaznické důvěry, snížení bezpečnosti, vyšší míra zmetkovitosti, vyšší poruchovost nečistých strojů atd. Metoda 5S definuje přesná kritéria jak postupovat při sestavování podrobného plánu čištění. Je třeba určit, co se bude čistit, kdo bude danou činnost vykonávat, kdy a jak často a jaké prostředky k tomu použije. [10]

d) **Standardizovat**

Účelem této fáze je vytvoření standardu na pracovišti, díky němuž bude mít každý pracovník jasnou představu o tom, co, kdy, kdo a proč má dělat, čistit, udržovat, kontrolovat. [10]

e) Sebedisciplína

Důležité je nejen udržovat, ale hlavně zlepšovat aktuální stav. Vždy bude trvat určitou dobu, než se dodržování zavedených standardů stane pro všechny naprostou samozřejmostí. K dosažení úspěchu slouží vzájemné kontroly např. pomocí tzv. kontrolních karet, kde pracovníci svým podpisem potvrdí, že pracoviště převzali a předali ve standardním stavu. [10]

V literatuře je metoda 5S rozšiřována na 6S nebo dokonce 7S. Šestý krok předepisuje zásady bezpečnosti práce na pracovišti. Sedmý krok bere v potaz ekologii a ochranu životního prostředí. [9]

3.2.2 SMED

Single Minute Exchange of Die neboli metoda zkracování časů přetypování výrobních zařízení. Čas seřizování resp. přestavby je čas potřebný od ukončení výroby posledního kusu, odstranění původního nářadí a přípravků, příprava nového nářadí, nastavení a doladění parametrů procesů, zkušební běh, až po výrobu prvního dobrého kusu. [9] [13]

Program rychlých změn (SMED) má běžně dva základní cíle:

- Získat ztracenou část kapacity stroje jeho přestavováním. Toto má smysl zejména, když je daný stroj úzkým místem.
- Zajistit rychlý přechod z jednoho typu výrobku na druhý, a tím umožnit výrobu v malých dávkách, což znamená vyšší pružnost, nižší rozpracovanost výroby a kratší průběžné doby. [9]

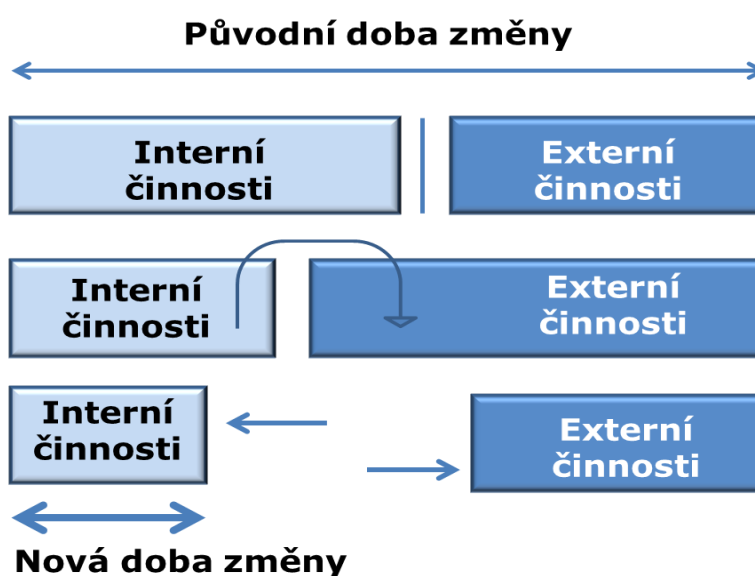
Metoda SMED je často i součástí programu TPM a používá se na pracovištích, která jsou úzkými místy a všude tam, kde se seřízení vykonává často a časy na seřízení tak představují významné ztráty z kapacity stroje nebo linky. [9]

Seřizování strojů záleží na typu operace a typu zařízení. Obecně se však skládá z následujících činností:

- příprava a kontrola nástrojů a materiálu (30 % času),
- montáž a výměna nástrojů a přípravků (5 % času),
- vlastní seřízení rozměrů a polohy nástrojů (15 % času),
- zkušební běh a následné úpravy (50 % času). [9]

Při redukci množství času na seřízení provedeme nejdříve důkladnou analýzu pozorováním přímo na pracovišti. Získané časy si rozdělíme na interní a externí činnosti. Interní činnost je vykonána nezbytně během vypnutí zařízení. Externí činnost lze vykonat během jeho provozu. Dalším krokem je redukce interních činností a jejich převedení na činnosti externí. Obvykle lze takto redukovat až 30-50 % času pro interní seřizování. [9]

Poté se zaměříme na samostatné redukce časů obou typů činností. Toho můžeme dosáhnout změnou organizace přestavby, standardizací postupu seřízení, tréninkem týmu, speciálními pomůckami a technickými úpravami stroje. [9]



Obr. 3.2: Redukce množství času na seřízení [9]

3.2.3 TPM

TPM (Total Productive Maintenance resp. Total Productive Management) je jeden ze základních prvků štlhlé výroby. Tento pojem je spojen s údržbou zařízení, ale přesnější je označení management produktivity výrobního zařízení. [3] [13]

Roční náklady na údržbu výrobních zařízení představují 5 – 10 % z obratu firmy a v průmyslově vyspělých státech odpovídají 12 – 15 % HDP. [3]

Koncept se snaží zrušit členění pracovníků na ty, kteří na stroji pracují a na ty, kteří jej opravují. Místo toho prosazuje zapojení všech pracovníků ve výrobním procesu do aktivit, směřujících k minimalizaci prostojů, nehod a výroby zmetků. Vychází z předpokladu, že právě obsluha stroje má možnost zachytit abnormality a budoucí poruchy stroje při práci. Obvykle se začíná zlepšením pořádku na pracovišti, čištěním stroje a kontrolou jeho stavu (uvolněné šroubové spoje, stav kabeláže, čištění a mazání třecích ploch apod.). Operátor se jednoduše učí porozumět stroji, který obsluhuje. Do TPM se kromě operátorů a pracovníků údržby zapojují také další profese, například technická příprava výroby. [3]

Jednou z hlavních oblastí, jak zvýšit produktivitu výrobních zařízení, je redukce přerušování jejich práce. Klasická údržba se naproti tomu zabývá především zastavením stroje jako důsledek poruchy. TPM používá pět základních činností k redukci přerušování provozu stroje:

- údržba optimálních podmínek pro práci zařízení,
- dodržování stanovených provozních podmínek,
- včasná odhalení a obnova poškozených prvků,
- odstraňování konstrukčních nedostatků zařízení,
- zdokonalování schopností operátora v oblasti obsluhy, údržby a diagnostiky. [3]

3.2.4 Poka-yoke

Pojem poka-yoke pochází z japonštiny a znamená „chybu vzdorný“. Jedná se o jednoduchou, ale kreativní a spolehlivou cestu k omezení chyb a udržení kvality. V podobě zařízení nebo jasných a přehledných metod značení nebo srozumitelných postupů práce, lze zabránit nebo zcela znemožnit pracovníkům dělat na pracovištích typické chyby způsobené zapomětivostí, nezkušeností, nedorozuměním apod. [8] [13]

3.2.5 Andon

Andon je informační nástroj na pracovišti, který pomocí světelných signálů informuje o aktuálním stavu provozu. Původ slova pochází z japonštiny a v překladu znamená „lampion“. Poprvé byl tento nástroj popsán v knize *Toyota Production System: Beyond Large-Scale*, kterou napsal Taiichi Ohno, zakladatel TPS, ve formě klasického semaforu, kdy zelená barva indikuje linku v běžném provozu, žlutá nutnou asistenci a červená výpadek. Dnešní systémy jsou mnohem propracovanější a využívají také zvukové signály a textové signalizační tabule. Smyslem tohoto nástroje je okamžité odhalení abnormalit, čímž se zvyšuje bezpečnost na pracovišti a efektivita při řešení výskytu nedostatků. [6]

4 UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

United Technologies Corporation (UTC) je americký nadnárodní konglomerát, který vznikl v roce 1975 z tehdejší United Aircraft Corporation. Ústředí společnosti sídlí ve Farmingtonu ve státě Connecticut. V současné době se člení na čtyři samostatné společnosti:

- Otis – výroba a instalace výtahů, eskalátorů a travelátorů,
- UTC Climate, Control & Security – protipožární a bezpečnostní systémy budov, vytápění a klimatizace,
- Pratt & Whitney – vývoj a výroba pohonu letadel,
- UTC Aerospace Systems – systémy a komponenty pro dopravní a armádní letecký průmysl [25]



Obr. 4.1: Nejvýznamnější značky spadající pod UTC

4.1 OTIS a.s.

OTIS a.s. je nejstarší divizí společnosti UTC. V roce 1853 Elisha Graves Otis založil první továrnu na výrobu výtahů a v roce 1900 na světové výstavě v Paříži představil svůj první eskalátor.

OTIS je světově nejvýznamnější výrobce a dodavatel výtahů, eskalátorů, pohyblivých chodníků a dalších horizontálních dopravních systémů. V současné době společnost zaměstnává přibližně 66 tis. lidí po celém světě. V provozu je více než 2,5 milionů výtahů a eskalátorů ve více než 200 zemích světa. Servis je poskytován pro více než 1,9 miliónu výtahů a eskalátorů. Mezi nejvýznamnější projekty se řadí instalace výtahů a eskalátorů na místa jako je Eiffelova věž v Paříži, Komplex Rappongi Hills v Tokiu nebo Sony Centrum v Berlíně. [21] [24] [26]

Poslání společnosti:

„Poskytovat vysokou kvalitu výrobků a služeb za konkurenceschopných nákladů a dodacích lhůt na trhu s eskalátory a pojízdnými chodníky.“ [26]

Vize společnosti:

„Být celosvětově jedničkou v poskytování služeb zákazníkům mezi všemi společnostmi, nejen mezi společnostmi výtahového průmyslu.“ [26]

Firemní hodnoty společnosti:

- Lidé
- Bezpečnost
- Kvalita
- Poctivost

Společnost OTIS a.s. se v ČR člení na:

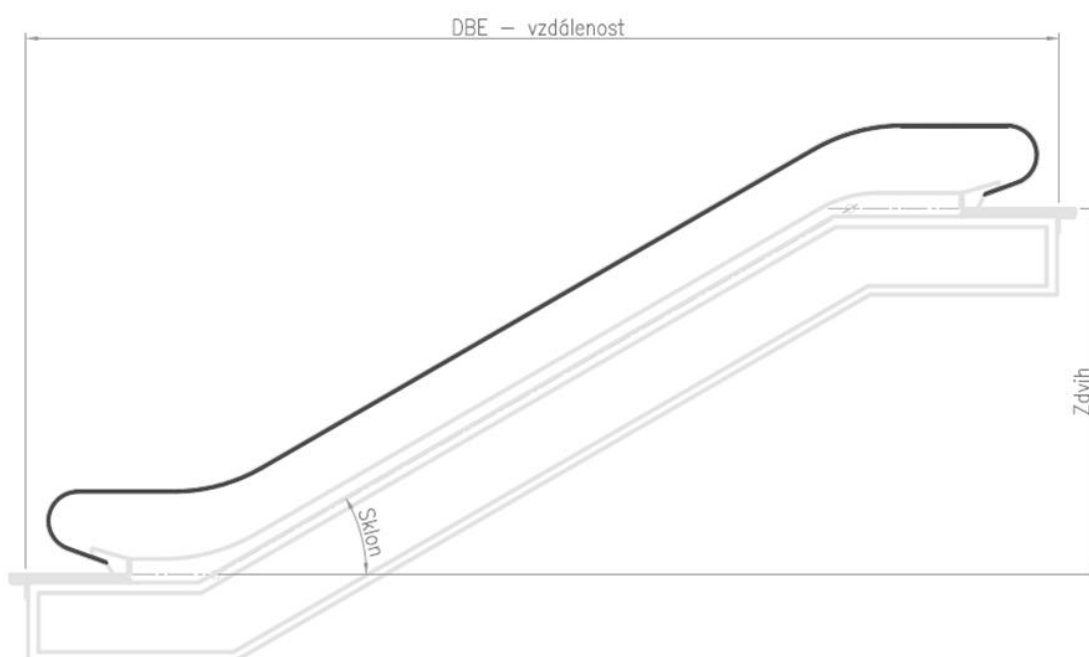
- divizi CLC MOD (modernizační centrum pro výtahy se sídlem v Břeclavi),
- divizi Escalators (návrh, vývoj, výroba a servis eskalátorů a pojízdných chodníků se sídlem v Břeclavi),
- Obchodní divize / Zóna (jedná se o montážní a servisní oblasti, tzv. zóny, které sídlí ve větších městech rozmístěných tak, aby pokryla celé území ČR, ústředí obchodní divize se nachází v Praze). [24]

4.2 Divize Escalators společnosti OTIS a.s.

Společnost OTIS a.s., divize Escalators byla založena v roce 2000 jako dceřiná společnost firmy OTIS International Holdings GmbH. Jedná se o nejmodernější výrobní závod společnosti, zabývající se návrhem, vývojem a výrobou eskalátorů a pohyblivých chodníků se sídlem v Břeclavi. Dále nabízí kompletní nebo částečné modernizace, servis vyráběných produktů a prodej náhradních dílů. [21] [24]

Eskalátory a pohyblivé chodníky se vyrábějí ve dvou základních provedeních:

- Veřejné (Public): NPE (eskalátory), NPT (travelátory),
- Komerční (Commercial): NCE (eskalátory), NCT (travelátory).



Obr. 4.2: Základní parametry eskalátoru [24]

Produkty typu NPE a NPT jsou určeny pro vysoce frekventovanou přepravu osob na veřejných místech, jako je letiště, metro, vlakové a autobusové nádraží a to ve venkovních i vnitřních provedeních. Produkty typu NCE a NCT jsou určeny pro méně frekventované oblasti, např. v hotelích, nákupních centrech, úřadech a dalších veřejných budovách. Tyto jednotky nabízejí zákazníkům velké množství variant a to zejména ve vzhledu produktu, aby konečná podoba vhodně zapadala do koncepce architekta a

projektanta dané budovy. Těžká provedení NPE a NPT jsou dána standardně šířkou a sklonem základní konstrukce. Ostatní parametry jsou vyžadovány zákazníkem podle odlišnosti v bezpečnosti provozu, vnějších klimatických podmínek a vzhledových požadavků konečného uživatele. [21] [24]

Mimo velké projekty, jako Metro Londýn, Metro Paříž nebo Metro Praha, dodává výrobní závod v Břeclavi eskalátory a pojízdné chodníky (travelátory) do mnoha dalších budov a míst po celé Evropě. Z posledních realizovaných projektů stojí určitě za zmínku dodávka eskalátorů do známého kina Le Grand Rex v Paříži, pojízdných chodníků do řetězce supermarketů Esselunga v Itálii, eskalátory a pojízdné chodníky do nového nákupního centra Le Jeu De Paume v Beauvais nebo do nové knihovny v Caen ve Francii. [27]



Obr. 4.3: Areál divize Escalators OTIS a.s. v Břeclavi [24]

4.3 Transport for London

Výroba eskalátorů pro londýnské metro a železnice tvoří v současné době největší objem práce v břeclavské továrně. Zatímco do poloviny roku 2015 se zde vyráběly jednotky pro londýnské metro London Underground a některé z nich byly i úspěšně zprovozněny, jako například stanice Bank Station, Embankment, Greenford, Kings Cross, druhou polovinu roku a celý rok 2016 se začínají montovat jednotky pro londýnské železnice Cross Rail. Na výrobní ploše jsou nyní eskalátory různých zdvihů, nejvyšší z nich pro stanici Whitechapel dosahují zdvihu až 23 metrů. Součástí náročné montáže těchto eskalátorů jsou interní inspekce kvality a celá montáž je zakončena zákaznickou inspekci za účasti koncového zákazníka. [27]

Transport for London (dále jen TfL) je dle interních směrnic firmy OTIS a.s. řazen do kategorie tzv. Major projektů. Liší se od běžné zakázky svou specifičností především v realizačním procesu a z hlediska technického zpracování.

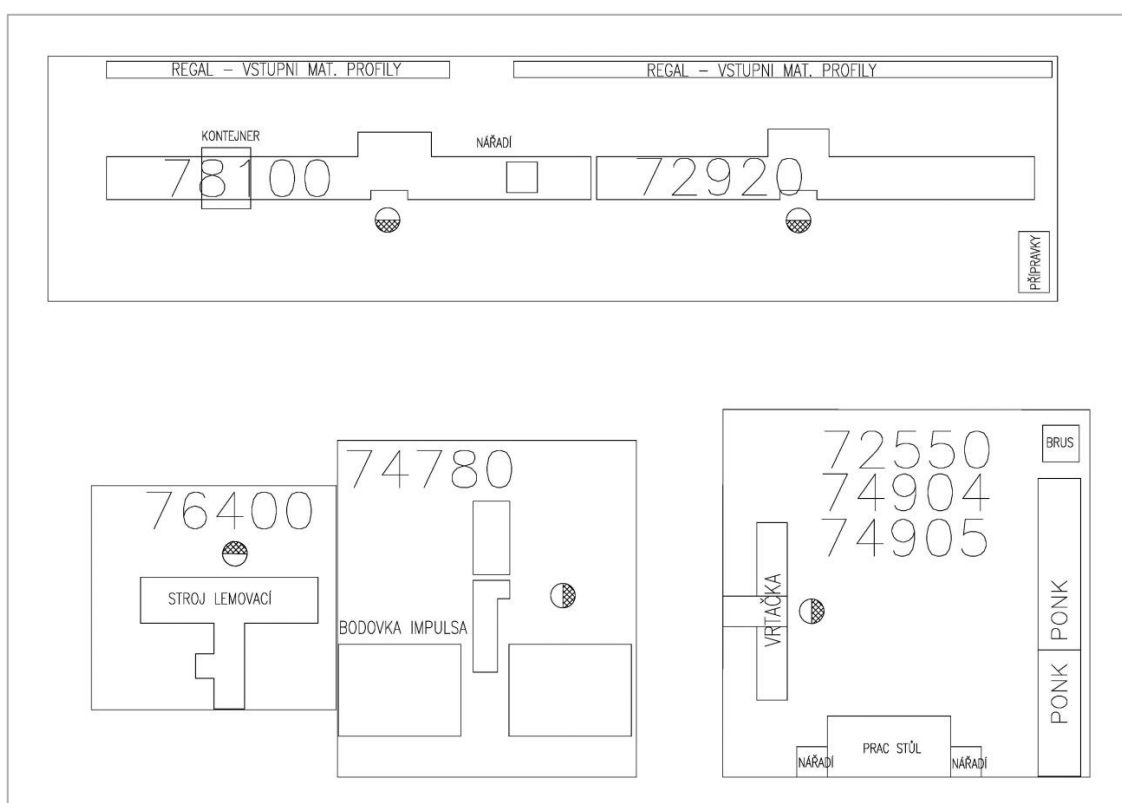
Projekt TfL vznikl na objednávku od společnosti Transport for London, který je koncovým zákazníkem zakázky. Tato společnost je veřejnou firmou, která je financována z rozpočtu města Londýn, proto se jedná o zakázku veřejnou. Zprostředkovatel této zakázky je obchodní zastoupení firmy OTIS UK. Tato pobočka realizuje montážní činnost, výstavbu produktu a poté služby spojené s údržbou. Břeclavská pobočka má na starosti proces výrobní.

Projekt byl spuštěn na začátku roku 2013 a podle harmonogramu by měl být dokončen v roce 2018. Zakázka je koncipována na dodání 107 eskalátorů typu NPE. Jak bylo uvedeno výše, nejedná se o běžný standardní produkt, ale o vysoce specializovaný produkt především v otázce technického řešení. Během roku 2013 byla dodána pilotní verze jednotky. Jedna jednotka je tvořena jedním eskalátorem. Pilotní jednotka projektu byla zákazníkem převzata a po ní následovaly další tři jednotky. V období 2014 až 2018 bude do londýnského metra dodáno zbylých 103 jednotek zakázky. [21] [24]

5 POPIS VÝCHOZÍHO STAVU

Sledovaným montážním pracovištěm je jedna ze dvou výrobních buněk předvýroby v podniku. Probíhá zde kusová výroba dílů, které zásobují hlavní montáž eskalátorů resp. pohyblivých chodníků. Výrobní buňka je sdíleným pracovištěm pro velké množství výrobních skupin. Výroba funguje na principu postupného předávání dávky, neexistují zde žádné pracovní standardy a o prioritě zakázek rozhoduje mistr.

5.1 Layout výrobní buňky



Obr. 5.1: Současný layout výrobní buňky

Vysvětlivky:

- 78100 – kotoučová pila
- 72920 – stroj na výrobu výstupků
- 76400 – lemovací stroj
- 74780 – impulsní svářečský stroj
- 72550 – sloupová vrtačka
- 74904, 74905 – pomocné pracoviště

Každý stroj v této výrobní buňce je obsluhován **jedním operátorem**. Žádná operace zde **není automatizována**.

5.2 Produktové skupiny

Vzhledem k tomu, že na pracovišti probíhá kusová výroba více různých dílů, musíme v první řadě, dle určitých pravidel, definovat dílec resp. dílce, kterými se pro následující analýzu budeme zabývat. K tomu využijeme následující nástroje:

- Procesní matici (angl. Process Matrix),
- PQ analýzu,
- Paretovo pravidlo.

Přehled nejvýznamnějších dílů, které se v buňce vyrábí, jsou uvedeny v **Tab. 5.1**. Údaje v tabulce vychází z plánované roční produkce pro rok 2016 rozšířené o 20% rezervu, která má pokrývat zmetkovitost a další výkyvy výroby.

Tab. 5.1: Přehled plánované roční produkce nejvýznamnějších reprezentantů

Okopové plechy			
Typ jednotky	Počet jednotek/rok	Počet ks na jednotku	Celkem ks / rok + 20 %
NCT	80	20	1920
NPE	160	22	4230
NCE	210	16	4040
TFL	40	70	3360
Vnitřní opláštění			
Typ jednotky	Počet jednotek/rok	Počet ks na jednotku	Celkem ks / rok + 20 %
NPE	160	30	5760
TFL	40	94	4520
TFL	40	15	720
TFL	40	40	1920
Dekoratívni úhelníky			
Typ jednotky	Počet jednotek/rok		Celkem ks / rok + 20 %
NCT	80		100
NPE	160		192

5.2.1 Procesní matice

Procesní matici (viz **Příloha B**) sestavíme pomocí výrobních postupů všech dílů a časových norem jednotlivých operací. Pro každý díl do tabulky rozepíšeme normy časů na každé operaci. Výstupem je přehled všech operací a normovaná pracnost pro každý díl.

Tyto údaje jsou důležité pro definici rodiny produktů, kde využíváme interní pravidlo společnosti „80-30“ (nezaměňovat s Paretovým pravidlem 80/20), které říká:

- operace pro dané díly se musí shodovat z alespoň 80 %,
- jednotková pracnost dílů se nesmí lišit o více než 30 %.

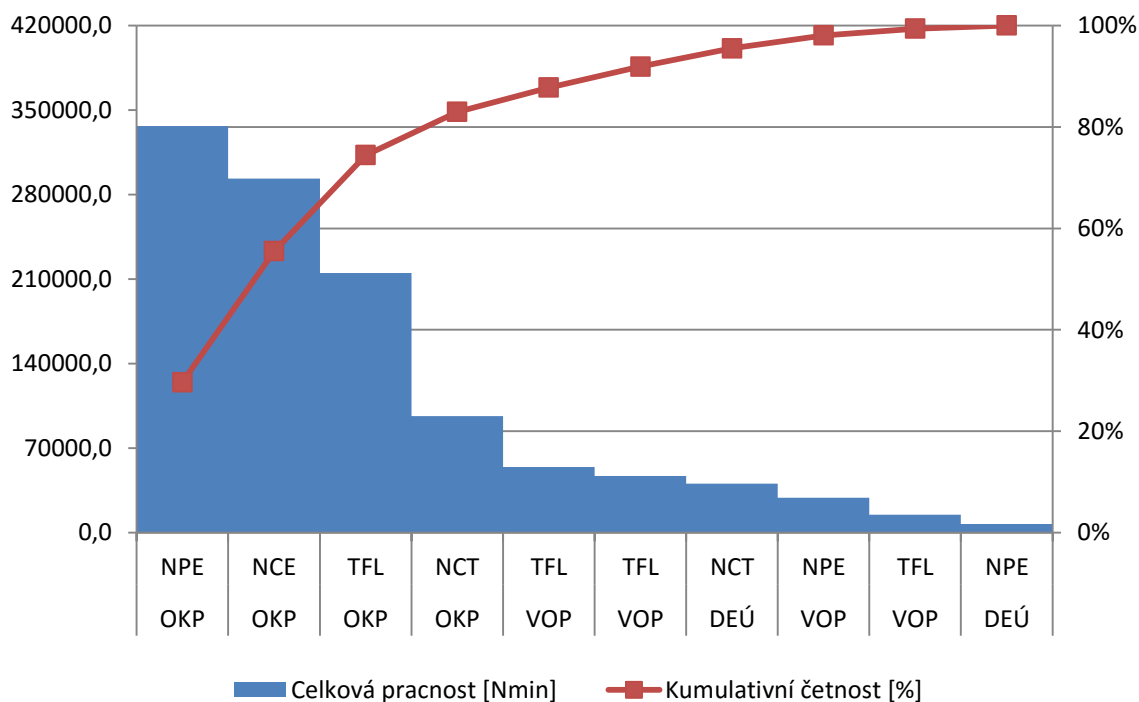
5.2.2 PQ analýza

Výsledky jednotkové pracnosti z přechozího kroku vložíme do následující tabulky a vynásobíme celkovou produkcí za rok. (P = Product, Q = Quantity)

Tab. 5.2: Normované časy výroby a kumulativní četnost

Typ součásti	Typ jednotky	Q [ks/rok]	Jednotková pracnost [Nmin]	Celková pracnost [Nmin]	Relativní četnost [Nmin]	Sdílená kapacita [%]	Kumulativní četnost [%]
OKP	NPE	4230	79,60	336708,0	336708,0	29,67%	29,67%
OKP	NCE	4040	72,55	293102,0	629810,0	25,83%	55,49%
OKP	TFL	3360	64,00	215040,0	844850,0	18,95%	74,44%
OKP	NCT	1920	50,35	96672,0	941522,0	8,52%	82,96%
VOP	TFL	1920	28,30	54336,0	995858,0	4,79%	87,75%
VOP	TFL	4520	10,41	47053,2	1042911,2	4,15%	91,89%
DEÚ	NCT	100	407,40	40740,0	1083651,2	3,59%	95,48%
VOP	NPE	5760	5,04	29030,4	1112681,6	2,56%	98,04%
VOP	TFL	720	20,80	14976,0	1127657,6	1,32%	99,36%
DEÚ	NPE	192	37,90	7276,8	1134934,4	0,64%	100,00%

Získáme celkový roční objem práce a procentuální podíl vytížení pracoviště. Údaje zaneseme do grafu.



Obr. 5.2: PQ diagram

Z grafu je patrné, že samotné okopové plechy vytěžují pracoviště z více než 80 %. Dle definice vytváří rodinu produktů díly NPE a NCE, protože Tfl se v některých fázích výroby liší. Postup montáže obou typů produktových skupin bude popsán v následující podkapitole. Okopové plechy NCT se používají na tzv. travelátory. Tyto a ostatní typy produktů dále neuvažujeme.

Ideální volbou pro analyzování pracoviště by byla rodina NPE/NCE okopových plechů. Musíme však brát ohled na současný program výroby, abychom byli schopni provést měření a získat potřebná data.

Z těchto důvodů volíme pro analyzování výrobní buňky **rodinu okopových plechů Tfl**.

- Celková roční produkce $Q = 3\,360$ ks/rok.
- Kapacitu výrobní buňky využívá z 19 %.



Obr. 5.3: Díly na eskalátoru [24]

5.3 Postup montáže

Vzhledem k tomu že se jedná o sdílené pracoviště, nemůžeme zcela opomenout ostatní významné představitele. Proto si nyní popíšeme postup montáže pro zvolenou rodinu TfL, ale také NPE/NCE, kterou musíme zohlednit u případného re-layoutu. Postup výroby je také graficky znázorněn.

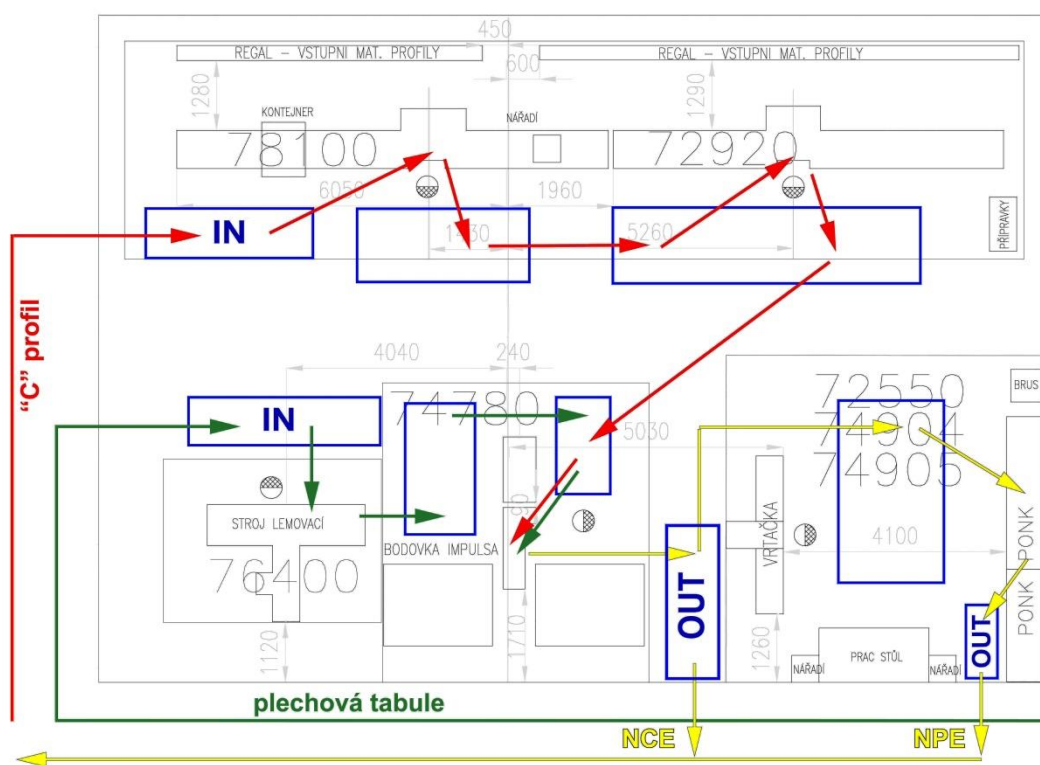
5.3.1 NPE/NCE

Oba okopové plechy NPE a NCE jsou součástí eskalátorů a jejich postup montáže je v podstatě totožný. Zkompletovaný dílec se skládá ze dvou komponent – z rovné plechové tabule a “C” profilu.

Profil se řeže na kotoučové pile na dané délky. Nařezané profily se přesunou na stanoviště pro výrobu výstupků. Výstupky na profilu slouží jako výchozí body pro výrobu spoje na další operaci – impulzním svařování.

Plechová tabule se na požadované rozměry řeže pomocí laseru (tato operace je mimo výrobní buňku). Poté co je dodán na výrobní buňku předvýroby se nejdříve vyrobí lem na lemovacím stroji. Tento lem slouží k překrývání okopových plechů přes sebe při montáži na eskalátor. Po olemování se plech také přesune na impulzní svařování, kde se plechová tabule a profily spojí.

V případě NCE jsou dílce kompletní a odchází z výrobní buňky. Díl NPE se přesune na pomocné pracoviště se svorníkovou svářečkou, kde se na okraj plechu navaří po třech svornících a poté odchází z výrobní buňky.



Obr. 5.4: Grafické znázornění postupu výroby okopových plechů typu NCE/NPE

Modré oblasti vyznačují prostor pro uložení materiálu na vstupu, výstupu a mezi operacemi.

5.3.2 TFL

Okopový plech Tfl je také typ NPE, avšak s odlišnými parametry dle specifických požadavků zákazníka.

Profily jsou řezány na kotoučové pile na dané rozměry dle zakázky.



Obr. 5.5: Kotoučová pila

Mezitím je plechová tabule olemována na lemovacím stroji. Lem je ustaven podle typu zakázky.



Obr. 5.6: Lemovací stroj

Přířezy profilu jsou předány na pomocné pracoviště, kde se pomocí metru, úhloměru a výrobní dokumentace naznačí rysky pro následné vrtání. Poté se podle rysky na profilu vyvrtají otvory na sloupové vrtačce.



Obr. 5.7: Sloupová vrtačka

Okopový plech tohoto typu se liší ve způsobu spoje plechového plátu a “C” profilu. Oba polotovary jsou nyní přesunuty na pomocné pracoviště.



Obr. 5.8: Pomocné pracoviště se svorníkovou svářečkou

Na plech se naskládají profily dle výrobní dokumentace a fixou se naznačí místa pro navaření svorníků.



Obr. 5.9: Plech připravený k navařování svorníků

Na takto připravený materiál jsou navařeny svorníky pomocí svorníkové svářečky.

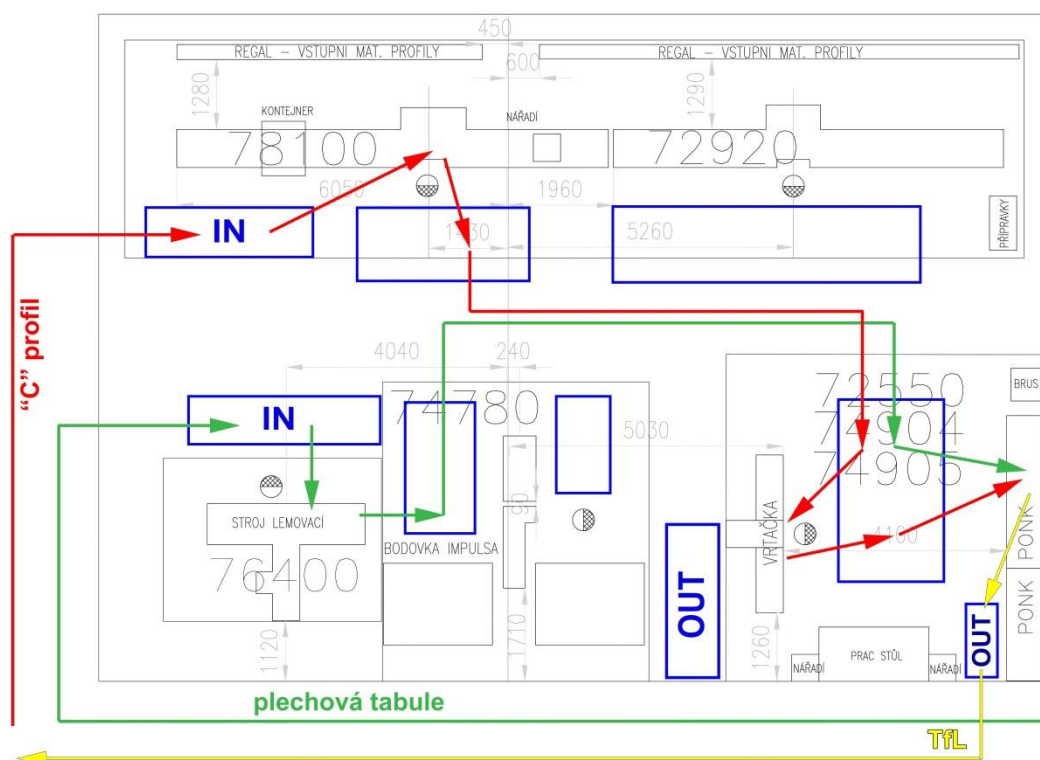


Obr. 5.10: Svorníková svářečka



Obr. 5.11: Navařené svorníky

Na svorníky se poté nasadí profily a matkou se každý utáhne pomocí akumulátorového kompaktního šroubováku. Okopový plech je hotový a odchází z výrobní buňky.



Obr. 5.12: Grafické znázornění postupu výroby okopových plechů pro zakázku TfL

5.4 Sledovaná zakázka

Pro následnou analýzu a měření volíme konkrétní zakázku, kterou budeme pozorovat.

Tab. 5.3: Sledovaná zakázka

Typ součásti	okopový plech
Typ jednotky	TfL
Polotovary	profil 6000 mm plechová tabule 2320 x 295,5 mm
Velikost	$d_v = 10 \text{ ks}$
Operace	op1_lemování op2_řezání op3_značení op4_vrtání op5_navaření svorníků

Polotovarem pro sledovaný dílec je “C“ profil délky 6000 mm a plechová tabule 2320 mm x 295,5 mm. Profil se řeže na délku 2290 mm. Díry průměru 10 mm se vrtají ve vzdálenosti 168,5 mm, celkem je v profilu navrtáno 14 otvorů. Tři nařezané profily jsou na plech umísťovány ve vzdálenosti 83 mm, 174 mm a 251 mm (od spodního okraje tabule k hornímu okraji profilu).

Technologický postup této zakázky je součástí příloh práce – **Příloha C**.

6 MĚŘENÍ

6.1 Časové snímky

Každá z operací byla podrobně analyzována pomocí časových snímků a měření práce. Z pozorování byly do formuláře vypsány všechny úkony a pohyby na dané operaci. Pomocí stopek a pozorování bylo provedeno jedno měření času při přípravě pracoviště a tři měření času manipulace s materiálem, potřebného pro výrobu jednoho okopového plechu resp. jeho komponent. Z těchto tří měření byly vybrány nejkratší časy pro každý úkon. Eliminujeme tím abnormality, které mohou při operaci nastat. Formuláře časových snímků jsou součástí příloh práce – **Příloha D**.

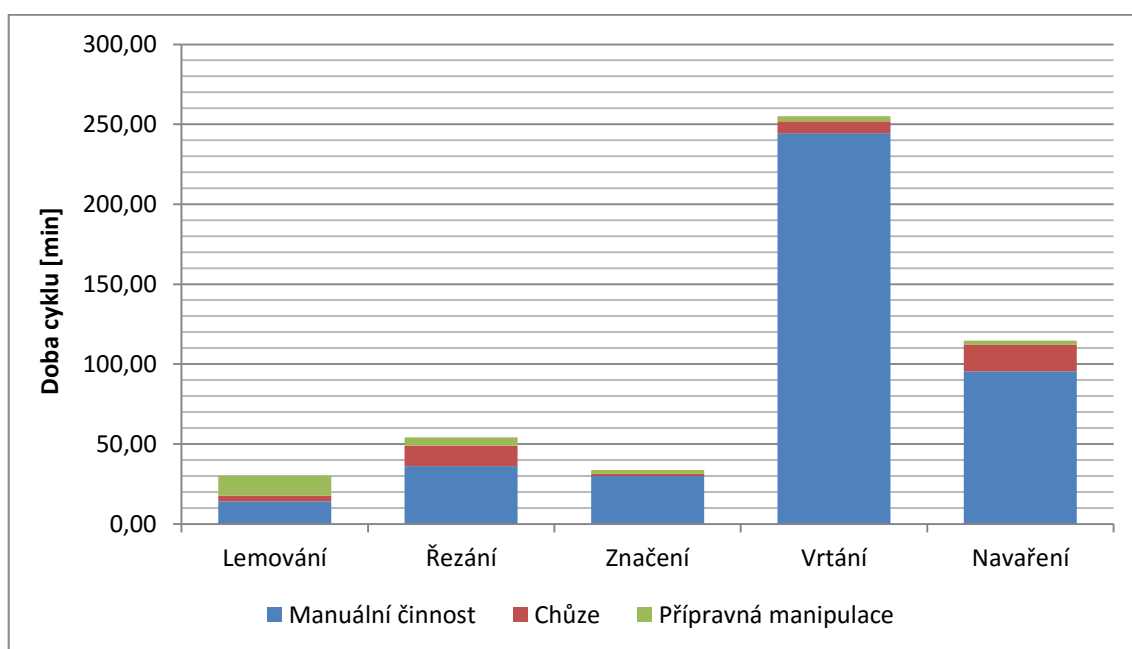
Veškeré úkony byly rozděleny na manuální činnost, chůze a přípravné manipulace. Díly jsou předávány postupně po dávce 10 ks. Hodnoty v tabulce níže se tak vztahují na jednu dávku.

Tab. 6.1: Výsledné hodnoty měření práce (v minutách)

Číslo op.	Operace	Manuální činnost	Chůze	Přípravná činnost	CT
1	Lemování	14,17	3,50	12,52	30,19
2	Řezání	36,17	12,83	5,15	54,15
3	Značení	30,00	1,33	2,35	33,68
4	Vrtání	244,33	7,50	3,23	255,06
5	Navaření	95,50	16,67	2,58	114,75
Σ		420,17	41,83	25,83	487,83

Z měření je zřejmé že:

- doba cyklu nejdelší operace **CT = 255,06 minut**,
- celková pracnost jedné dávky **$P_k = \Sigma CT = 487,83$ minut**.

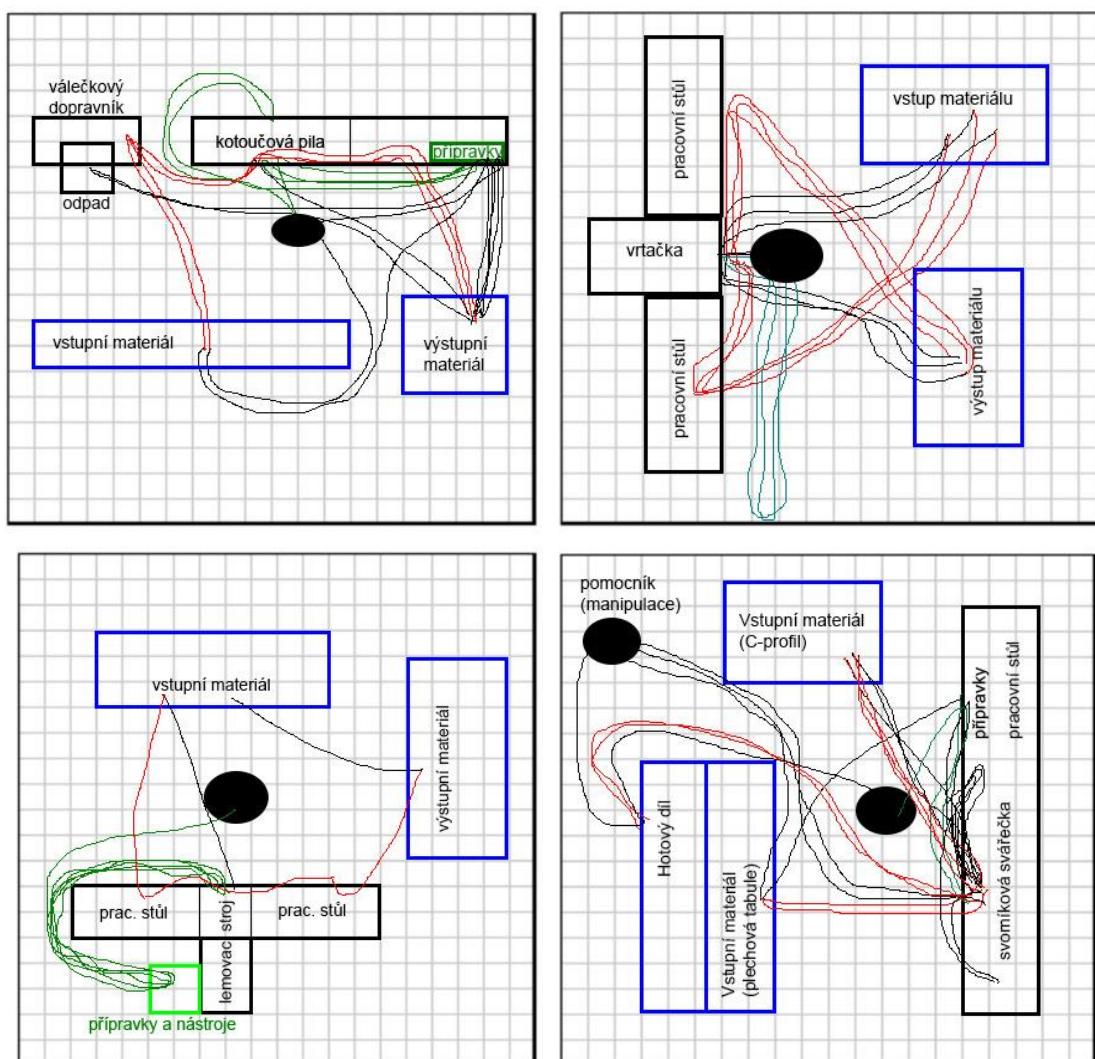


Obr. 6.1: CT jednotlivých operací

6.2 Špagetový diagram

Kromě času měříme také pohyby materiálu a pracovníků. K tomu nám pomohou špagetové diagramy. Pohyby pracovníků byly zaznamenány pomocí videokamery souběžně s měřením práce. Byly zaznamenány veškeré pohyby, které pracovník vykonal při výrobě jednoho okopového plechu resp. jeho komponent. Diagramy nám poslouží zejména jako podklady pro případný re-layout výrobní buňky.

Dále byla pomocí kolečka na měření vzdálenosti změřena dráha, kterou urazí materiál přes výrobní buňku. Vzhledem k tomu, že dle výrobního postupu je první operací řezání plechových tabulí laserem (mimo sledovanou buňku), uvádíme vzdálenost od laserového děrovacího zařízení.



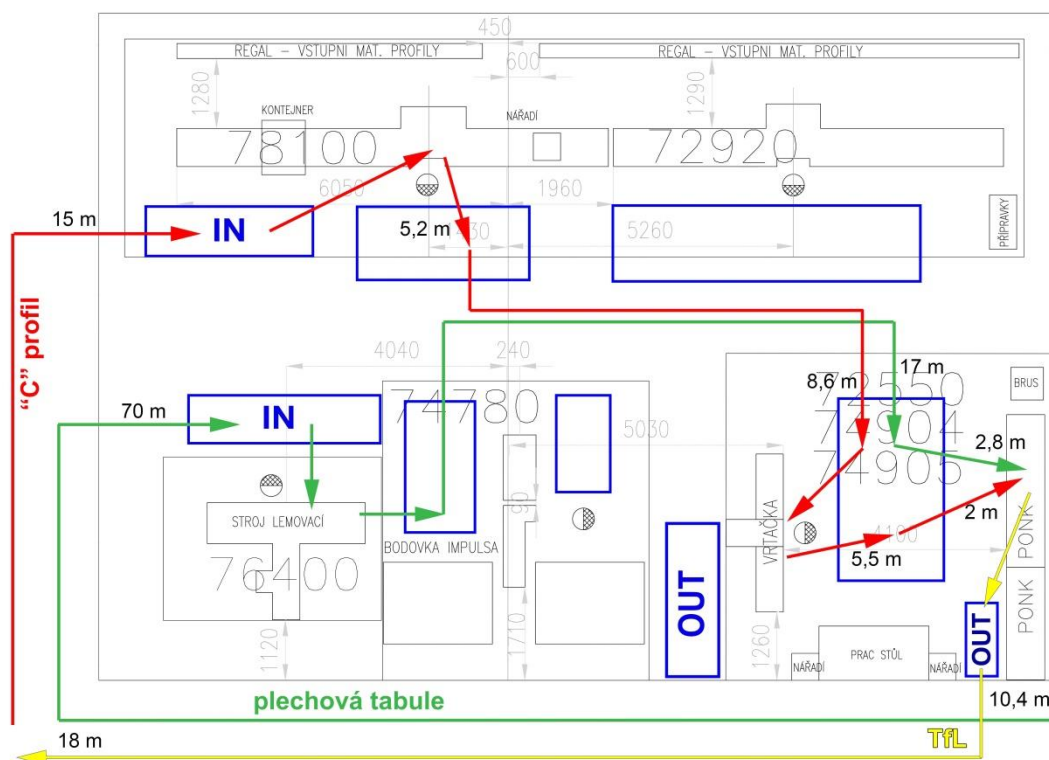
Obr. 6.2: Špagetové diagramy

Vysvětlivky:

I. kvadrant	Op. 4 – vrtání
II. kvadrant	Op. 2 – řezání
III. kvadrant	Op. 1 – lemování
IV. kvadrant	Op. 5 – navařování
<u>červená</u>	pohyb s materiálem
<u>černá</u>	pohyb bez materiálu
<u>zelená</u>	pohyb při přípravě pracoviště
<u> </u>	plochy pro materiál



Obr. 6.3: Kolečko na měření vzdálenosti



Obr. 6.4: Naměřené vzdálenosti toku materiálu výrobní buňkou

Celková vzdálenost toku materiálu v průběhu celé výroby činí **154,5 metrů**.

7 ANALÝZA

Abychom byli schopni provést analýzu, je třeba vytvořit modelový případ provozu. Pro naše účely nastavíme pouze výrobu navazujících identických zakázek s postupným předáváním po dávce 10 ks.

7.1 Výrobní kapacita

Vycházíme z údajů v **Tab. 5.1**. Celková roční produkce TfL okopových plechů je $Q = 3\,360$ ks.

Uurčíme si efektivní časový fond jednoho pracoviště:

$$F_e = d \cdot (h - t_z) \cdot \sigma \quad (1)$$

kde: d – počet pracovních dní [-]

h – pracovní doba [hod]

σ – směnnost [-]

t_z – povinné přestávky [hod]

V roce 2016 máme 252 pracovních dní. Pracuje se na 2 směny po 8 hodinách. Zaměstnanci mají 25 minut přestávku na oběd plus 2 pětiminutové přestávky.

$$F_e = 252 \cdot 7,42 \cdot 2 = 3739,68 \text{ h}$$

Jedná se o sdílenou výrobní buňku. Dle **Tab. 5.2** víme, že tento typ součástí využívá kapacitu dle normy z 19 %.

$$F_{tfl} = F_e \cdot 0,19$$

$$F_{tfl} = 3739,68 \cdot 0,19 = 710,54 \text{ h}$$

Výrobní kapacitu uvažujeme pro CT nejužšího místa, čímž je operace vrtání.

$$K = \frac{F_{tfl} \cdot 60}{CT} \cdot d_v \quad (2)$$

kde: CT – doba cyklu nejužšího místa [min]

d_v – velikost zakázky (dávka) [ks]

$$K = \frac{710,54 \cdot 60}{255,06} \cdot 10 = 1671 \text{ ks}$$

V současné době jsme schopni vyrobit 1670 kusů za rok, čímž nenaplníme plán ročního objemu výroby, tj 3 360 ks.

7.2 Takt Time

Výrobní buňka v současném stavu nemá žádný takt nastaven. Teoretickou hodnotu spočítáme z časového fondu na jedné operaci a plánovaného objemu výroby. K dispozici na každé operaci máme 710,54 hodin ročně.

$$TT = \frac{F_{tfl} \cdot 60 \cdot d_v}{Q} \quad (3)$$

$$TT = \frac{710,54 \cdot 60 \cdot 10}{3360} = 126,8 \text{ min}$$

Dávka po 10 ks by měla být za současného stavu vyrobena každých **126,8 minut**. Nejužší místo nás však limituje, protože její **CT je 255,06 min**.

7.3 Index vyváženosti

Index vyváženosti operací neboli LBR (angl. line balance rate) vypočítáme podle následujícího vzorce.

$$LBR = \frac{\sum CT - CT_1}{CT_{\text{úzkého místa}} \cdot \text{počet operací}} \cdot 100 \quad (4)$$

kde: $\sum CT$ – suma CT všech operací ve výrobní buňce.

pozn.: Lemování CT_1 ve výpočtu neuvažujeme, protože se jedná o paralelní operaci.

$$LBR = \frac{487,83 - 30,19}{255,1 \cdot 4} \cdot 100 = 44,85 \%$$

Při přestavbě již existujících procesů a zařízení je nejčastěji cílem dosáhnout hodnoty LBR větší než 85% [15]. Současný stav představuje **44,85 %**.

7.4 Lead Time

Jak uvádí ukazatel LBR situace není ideální a to se odrazí na průběžných dobách (angl. Lead Time). LT je doba měřená od vstupu produktu do procesu až po jeho výstup. LT spočítáme vynásobením rozpracované výroby WIP (angl. Work in Process) a CT nejdelší operace resp. úzkého místa.

$$LT = WIP \cdot CT \quad (5)$$

Pokud stále uvažujeme postupné předávání zakázek po dávce 10 ks je v procesu se čtyřmi navazujícími operacemi 40 kusů rozpracované výroby, tedy $WIP = 40$.

$$LT = 40 \cdot 255,07 = 10202,8 \text{ min} = 170,05 \text{ h}$$

To znamená, že každý díl v procesu je rozpracován přes **170 hodin**. Důvodem tohoto vysokého čísla je postupný způsob předávání dávky a existence úzkého místa.

7.5 Plýtvání na pracovišti

Nezávislým pozorováním byly zmapovány nejvýznamnější druhy plýtvání. Některé jsou viditelné na první pohled a snadno měřitelné. Při tomto způsobu organizace výrobní buňky je však většina těžko odhalitelná a ještě hůře měřitelná. Takovéto ztráty jsou většinou způsobeny nesystematickým, dá se říct až nevhodným plánováním zakázek. Je běžnou praxí, že jedna zakázka je upřednostněna před jinou podle priorit a pokynů mistra. Zbylé zakázky se zastaví v rozpracované fázi a čekají na volné kapacity hodiny nebo i dny.

Druhy plýtvání na pracovišti jsou následující:

- doprava nebo přemístování, které není nezbytné,
- nadbytečné zásoby rozpracované výroby,
- zbytečná chůze a další ztrátové pohyby zaměstnanců při práci jako je hledání nástrojů, dílů atd., jejich přemístování, podávání, odkládání a rovnání,
- časové prostoje mezi operacemi (úzké místo a nevybalancování operací).

7.6 Využití operátorů

Na zakázce pracují 4 operátoři:

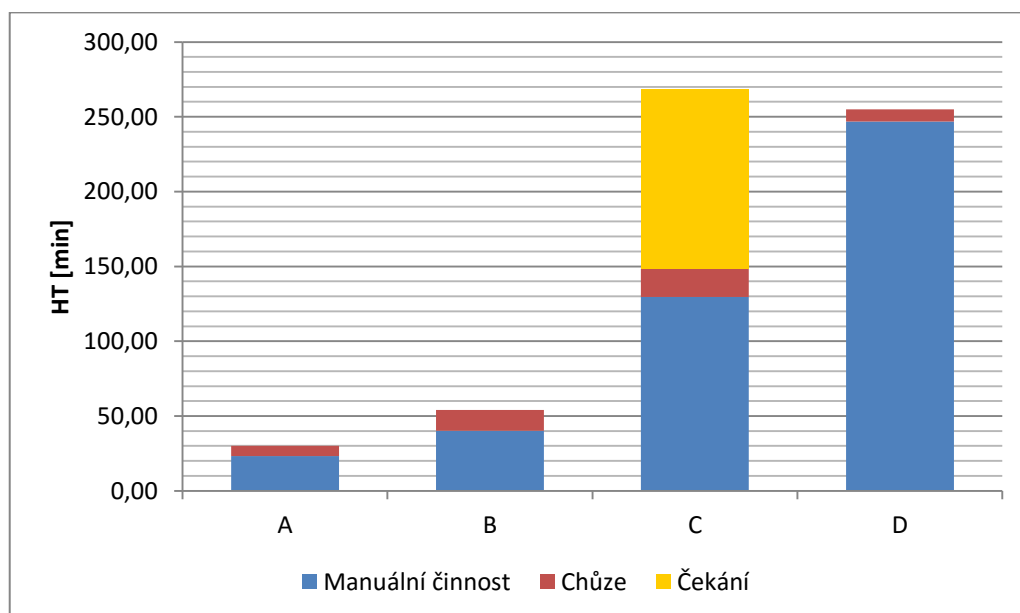
- Operátor A – obsluha lemovacího stroje
- Operátor B – obsluha kotoučové pily
- Operátor C – pomocné pracoviště (značení + navaření svorníků)
- Operátor D – obsluha vrtačky

Human Time (HT) je čas operátora, který se skládá z doby manuálních činností a chůze. Vycházíme z časových snímků resp. hodnot z **Tab. 6.1**. Příprava pracoviště je také úkolem obsluhy jednotlivých pracovišť, a proto je do HT také zahrnuta. Uvažujeme také čekání, které je příčinou nevybalancování provozu.

Tab. 7.1: Časové vytížení operátorů (v minutách)

Operátor	Manuální činnost	Chůze	Čekání	HT
A	23,17	7,02	0,00	30,19
B	40,17	13,98	0,00	54,15
C	129,50	18,93	119,84	268,27
D	246,83	8,23	0,00	255,06
Σ	439,66	48,16	119,84	607,67

Údaje z tabulky vložíme do grafu. V rámci jedné zakázky vypadá stav vytížení pracovníků následovně.



Obr. 7.1: Časové vytížení operátorů

Díky grafu získáváme základní představu o nevyváženosti výrobní buňky. Pomocný pracovník není efektivně využíván a musí čekat na dokončení předchozích operací.

8 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ

Předchozí analýza potvrdila, že výrobní buňka předvýroby je plná nedostatků, které musíme v této kapitole popsat a eliminovat. Základním předpokladem pro následující vylepšení je zavedení linkového provozu pro daný typ výrobku. Díky tomuto snadněji odhalíme nebo dokonce přímo odstraníme značné množství současně nezměřitelných plýtvání.

Následně navrhujeme konkrétní vylepšující koncepty pro jednotlivé druhy plýtvání, kterými se budeme v následujících podkapitolách zabývat.

Tab. 8.1: Návrhy eliminace plýtvání

Druh plýtvání	Návrh na jeho eliminaci
Doprava a zbytečné přemísťování	Re-layout a optimalizace toku
Vysoká rozpracovanost	Jednokusový tok Pull-systém
Časové prostoje	Vybalancování provozu
Zbytečná chůze a pohyby	Re-layout a optimalizace pracovišť
Σ	Systematické plánování zakázek

8.1 Jednokusový tok

Prvním krokem je zavedení souběžného předávání resp. tzv. jednokusového toku. V takovém případě můžeme přímo vycházet z časových snímků, které byly naměřeny přímo pro jeden kus tzn. jeden hotový okopový plech.

Vzhledem k tomu, že plánujeme stejné nebo podobné zakázky vyrábět se souběžným způsobem předáváním po celou směnu, minimalizujeme potřebu zdlouhavých přenastavování strojů a příprav pracovišť. Stroje se nastaví pouze jednou na začátku směny. Čas přestavby je tak zanedbatelný vzhledem k objemu zakázek.

Tab. 8.2: Jednokusový tok (hodnoty v minutách)

Číslo op.	Operace	Manuální činnost	Chůze	Σ
1	Lemování	1,42	0,35	1,77
2	Řezání	3,62	1,28	4,90
3	Značení	3,00	0,13	3,13
4	Vrtání	24,43	0,75	25,18
5	Navaření	9,55	1,67	11,22
Σ		42,02	4,18	46,2

Nyní je třeba přepočítat základní ukazatele pro nový způsob předávání materiálu. Hodnoty vyčtené z tabulky **Tab. 8.2** vložíme do rovnic (2), (3) a (5).

CT:

$$CT = 25,18 \text{ min}$$

K:

$$K = \frac{710,54 \cdot 60}{25,18} = 1\,693 \text{ ks}$$

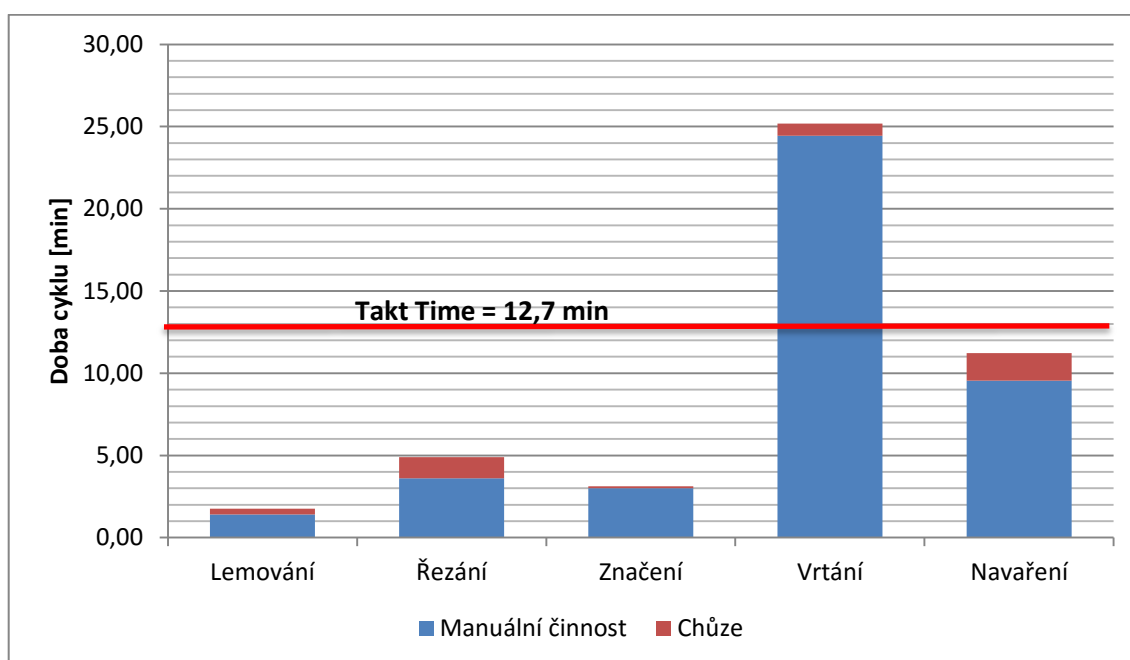
TT:

$$TT = \frac{710,54 \cdot 60}{3360} = 12,7 \text{ min/ks}$$

LT:

$$LT = 4 \cdot 25,18 = 100,72 \text{ min}$$

CT nejužšího místa stále zaostává za TT. Nejvýznamnější změnu díky souběžnému způsobu předávání vidíme v ukazateli průběžné doby, který je **z původních 170 hodin zkrácen na 1,68 hodin.**



Obr. 8.1: Jednokusový tok a takt time

8.2 Eliminace úzkého místa

Operace vrtání představuje téměř 55 % jednotkové kapacitní pracovní doby výrobku. Možným řešením tohoto stavu jsou:

- A. nakupování předvrtaných profilů
- B. rozšíření kapacit
- C. nová technologie výroby

8.2.1 Volba varianty řešení

Máme tři možné způsoby řešení úzkého místa. Existuje možnost nakupování předvrtaných profilů, díky čemuž by tato operace zcela odpadla a zároveň bychom ušetřili místo na pracovišti. Bližším šetřením bylo zjištěno, že stejný typ profilu se v předvýrobě používá také pro jiné komponenty, kde by předlisované díry vadily. Podle slov Production Line Managera pana Barbušiaka: „*Znamenalo by to nový profil pouze pro tuto potřebu a náklady by byly obrovské vůči tomu, kolik toho potřebujeme.*“ Nezbyvá tedy než tuto variantu zavrhnout.

Další variantou je rozšíření kapacit, tzn. nákup dalších strojů. Tuto možnost musíme zahrnout hned na začátku, protože ve výrobní buňce není na první pohled dostatek prostoru na nové kapacity.

Zcela bezpochyby je nejlepším a nejekonomičtějším řešením zavedení nové technologie.

8.2.2 Nová technologie

Pro daný materiál je vhodná technologie prostřihávání, která je mnohem efektivnějším řešením než časově náročné vrtání. Sloupovou vrtačku nahradíme novým prostřihovacím strojem s vlastním hydraulickým pohonem a manuálním posuvem Sirius HPM-M od firmy ELVAC a.s.

Stroj je určený pro bezdeformační prostřihávání uzavřených profilů. Je vhodný pro střední série a pro profily s větším množstvím stejných otvorů. Rozteč může být různá, ale poloha otvorů musí být pro všechny profily dané série stejná (pozice otvor dle šablony). Tolerance pro rozteč dvou sousedních otvorů je $\pm 0,2$ mm. [28]



Obr. 8.2: Hydraulický prostřihovací stroj HPM-M [28]

Základní parametry:

- Max. délka prostřihovaného profilu: 2000, 3000, 4000 mm
- Max. průřez prostřihovaného profilu: 100x60mm, prům. 80 mm
- Max. prostřihovací síla: 13 t
- Kapacita prostřihování: 1,2 - 1,6 s / otvor
- Přesnost prostřihování: $\pm 0,2$ mm sousedních otvorů
- Elektrické vybavení: $P = 5$ kW, $U = 400$ V, $I_n = 63$ A
- Elektrický systém: 3N PE AC 50 Hz 400 V TN-C-S
- Pořizovací cena 598 tis. Kč bez DPH



Obr. 8.3: Pracovní prostor stroje [28]



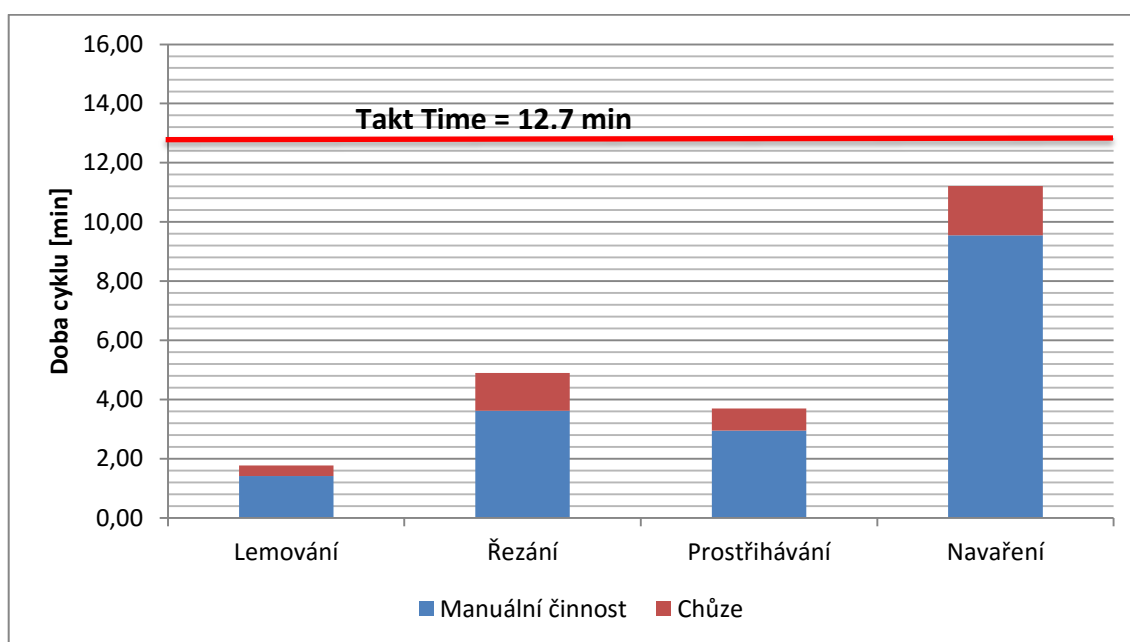
Obr. 8.4: Prostor pro obsluhu stroje [28]

Jeden otvor je na tomto stroji prostřižený za 1,2 – 1,6 s. Na jeden profil je třeba 14 otvorů. Děrování jednoho profilu bude trvat s rezervou 30 s. Původní operace vrtání trvala v nejlepším případě 7 minut. Tato změna zkrátí průběžnou dobu výroby otvorů **minimálně o 93 %**.

Pořízením prostřihovacího stroje bychom také úplně eliminovali operaci značení. Na stroji si pracovník nastaví požadovanou vzdálenost otvorů. Dosáhli bychom tím také vyšší přesnosti, kterou výrobce uvádí +/- 0,2 mm sousedních otvorů.

Tab. 8.3: Stav po eliminaci úzkého místa (v minutách)

Číslo op.	Operace	Manuální činnost	Chůze	Σ
1	Lemování	1,42	0,35	1,77
2	Řezání	3,62	1,28	4,90
3	Prostřihávání	2,95	0,75	3,70
4	Navaření	9,55	1,67	11,22
	Σ	17,53	4,05	21,58



Obr. 8.5: Stav po eliminaci úzkého místa

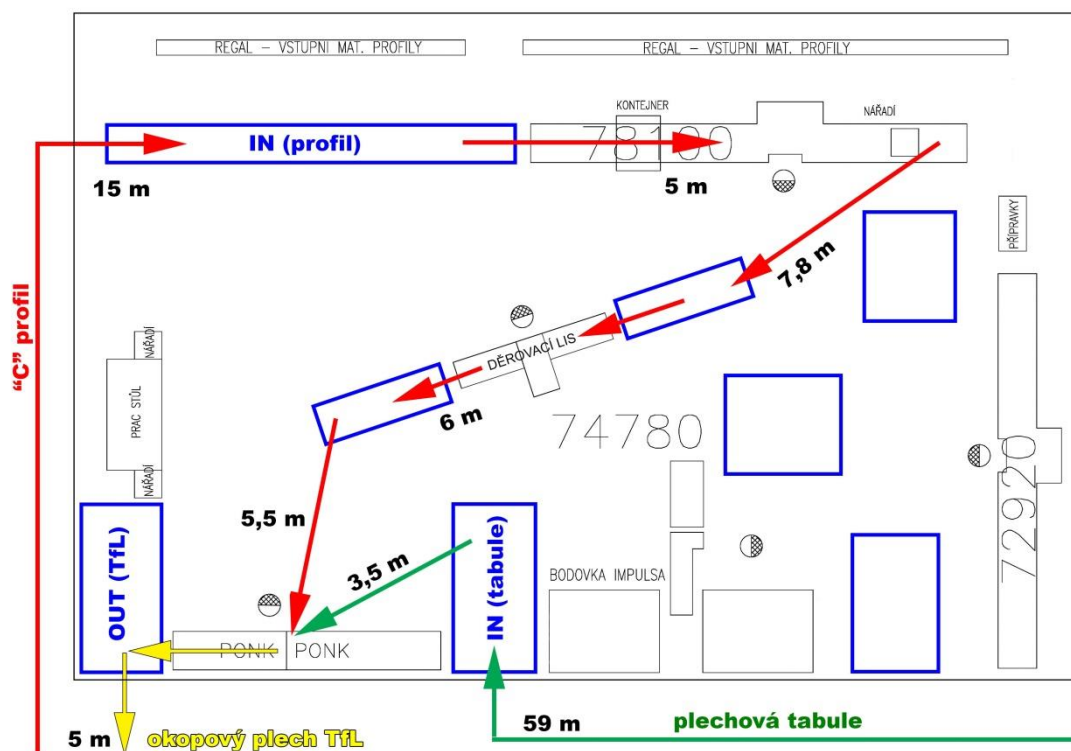
Tab. 8.4: Základní parametry před a po eliminaci úzkého místa

Metriky	Před změnou	Po změně
TT		12,70 min/ks
CT	25,18 min	11,22 min
K	1693 ks	3 799 ks
LT	100,72 min	33,66 min
LBR	44,85 %	58,88 %

Při pohledu na graf a spočtení základních parametrů procesu vidíme, že $CT < TT$, a proto jsme už nyní schopni vyrobit požadované množství Q . **LT se zkrátil o cca 67 minut. LBR se zvýšil o 14 %**, nicméně stav z hlediska balancování stále nedosahuje požadovaných hodnot.

8.3 Re-layout a optimalizace toku

Dalším velkým nedostatkem výrobní buňky je tok materiálu, který není ideálně nastaven a dochází tak ke zbytečným pohybům při manipulaci s materiálem. Proto navrhne nově rozmístění pracoviště tak, abychom tok materiálu narovnali vzhledem ke vstupům a výstupům výrobní buňky. Při re-layoutu musíme uvažovat také tok materiálu ostatních významných komponent, jako jsou okopové plechy NCE/NPE, jejichž tok je znázorněn na **Obr. 5.4**.



Obr. 8.6: Re-layout výrobní buňky

Při pohledu na nový návrh výrobní buňky jsou zřejmě nejvýznamnější změny:

- A. nový stroj (děrovací lis),
- B. přesun lemovacího stroje mimo buňku,
- C. optimalizace umístění vstupu a výstupu.

Děrovací lis nahradil v provozu starou sloupovou vrtačku. Lemovací stroj byl přesunut mimo na volnou plochu k operaci řezání plechových tabulí laserem. Lemování je na sledovaném pracovišti operace paralelní. K řezání na laseru je to operace navazující, a proto je vhodné je sdružit a lemovat ihned po laserování a do výrobní buňky dodávat podle plánu a potřeby předvýroby.

Největším problémem z hlediska umístění materiálu je vstup profilu o délce 6 m, který je v současném stavu uložen na zemi před strojem. Pracovník musí při ukládání

materiálu do stroje vykonávat zbytečné a namáhavé pohyby. Současné řešení je neergonomické a snižuje míru bezpečnosti.



Obr. 8.7: Nevhodné uložení vstupního materiálu

V novém rozmístění pracoviště je vstup tohoto materiálu umístěn rovnoměrně s kotoučovou pilou. Navrhujeme řešení v podobě konzolového regálu na dlouhý materiál s vysokou nosností. Pracovník tak není nucen vykonávat namáhavé a nebezpečné pohyby (ohýbání, otáčení, překračování stohu) při manipulaci s materiálem. Eliminujeme tím také současný stav, kdy materiál po uložení přesahuje cca 2 m mimo výrobní buňku.



Obr. 8.8: Konzolový regál na dlouhý materiál [29]

Parametry:

- Hloubka: 600 mm
- Nosnost: 8000 kg (2000 kg / patro)
- Šířka: 6000 mm
- Výška: 2400 mm
- Cena: 34 840 Kč bez DPH

Hmotnost jednoho profilu je 20 kg, na jedno patro je tedy teoreticky možné uložit až 100 ks profilu. Spotřebu materiálu na jednu směnu spočítáme podle nastaveného taktu.

$$q_s = \frac{(h-t_z) \cdot 60}{TT} \cdot n \quad (6)$$

kde: n – počet profilů na jeden cyklus

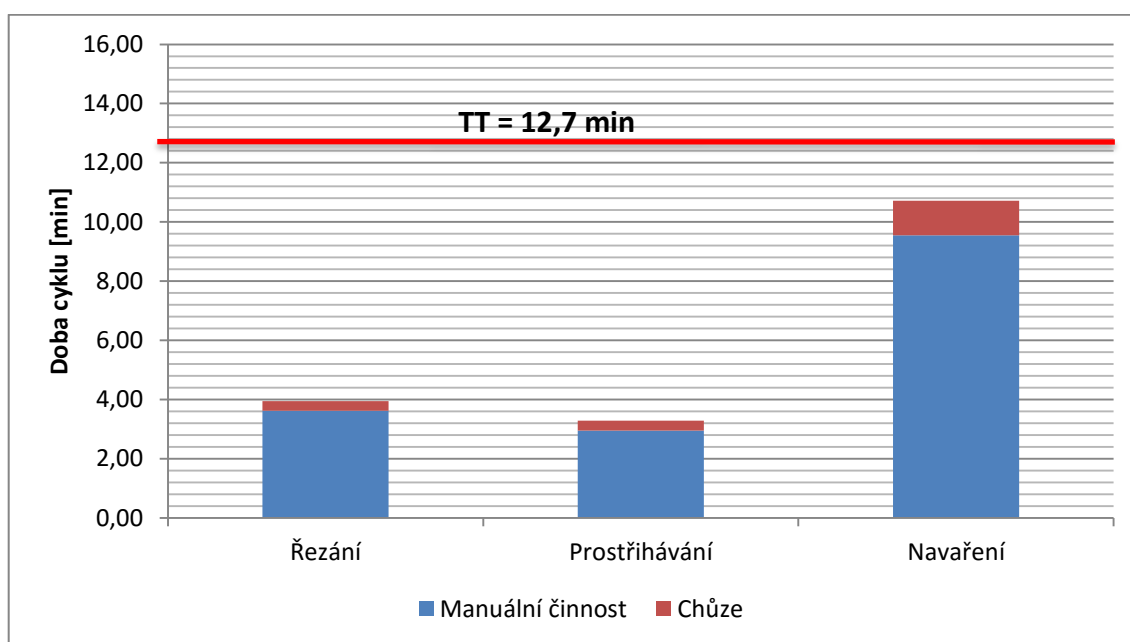
$$q_s = \frac{7,42 \cdot 60}{12,7} \cdot 1,5 = 53 \text{ ks}$$

V jedné směně spotřebujeme 53 profilů při současném taktu, na což nám vystačí jedno patro regálu. Případně můžeme využít dvě patra, pokud budeme snižovat takt výrobní buňky nebo kvůli nedostatečné hloubce patra regálu.

Tab. 8.5: Stav po optimalizaci toku materiálu (v minutách)

Číslo op.	Operace	Manuální činnost	Chůze	Σ
1	Řezání	3,62	0,33	3,95
2	Prostřihávání	2,95	0,33	3,28
3	Navaření	9,55	1,17	10,72
Σ		16,12	1,83	17,95

Díky těmto návrhům dojde ke zkrácení času chůze na všech operacích. Operaci lemování dále v balančním grafu neuvažujeme.



Obr. 8.9: Stav po optimalizaci toku materiálu

Tab. 8.6: Základní parametry před a po optimalizaci toku

Metriky	Před změnou	Po změně
TT		12,70 min
CT	11,22 min	10,72 min
K	3 799 ks	3976 ks
LT	33,66 min	32,16 min
LBR	58,88 %	55,8 %

Tok materiálu přes výrobní buňku opět změříme pomocí měřicího kolečka. Vzdálenosti jsou zapsány přímo do layoutu na **Obr. 8.6**.

Tab. 8.7: Tok materiálu před a po změně

Původní layout	154,5 m
Nový layout	106,8 m

Nový layout narovnal tok materiálu a tím nepatrně zlepšil základní parametry procesu. Hlavním přínosem však je eliminace zbytečných pohybů. Tok jsme zkrátali o 48 m, což představuje **31 % z původního stavu**.

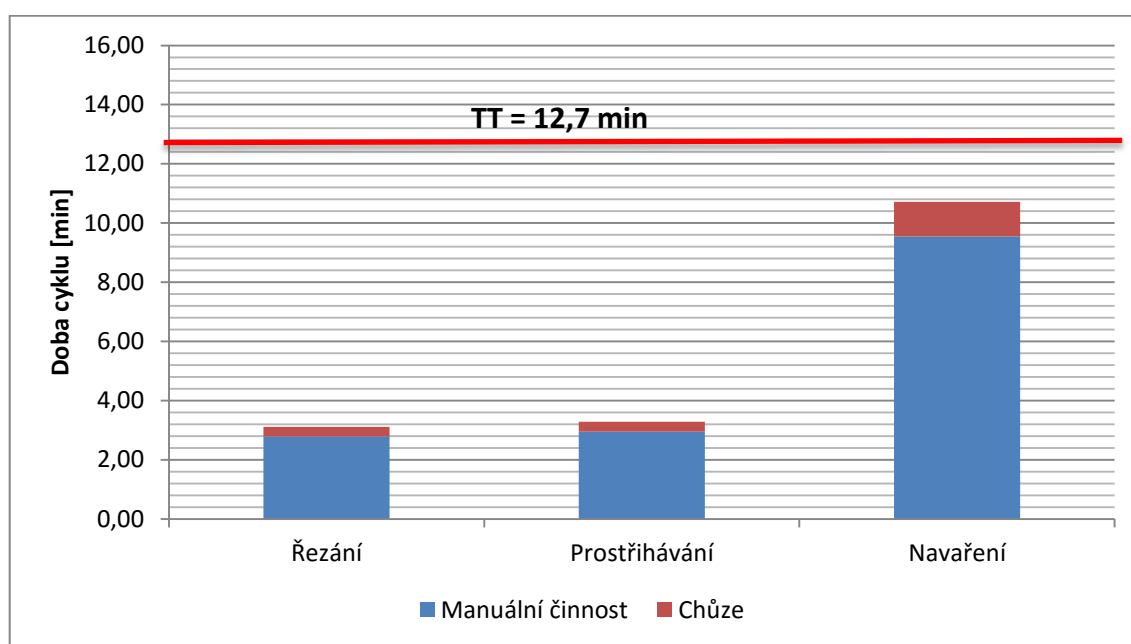
8.4 Plánování výroby

Další optimalizace v podobě zkrácení manuální činnosti na operaci řezání dosáhneme, pokud budeme řezat dva profily najednou.

Manuální činnost operace zkrátíme z 3,62 minut na **2,78 minut**.

Tab. 8.8: Stav před balancováním (v minutách)

Číslo op.	Operace	Manuální činnost	Chůze	Σ
1	Řezání	2,78	0,33	3,11
2	Prostřihávání	2,95	0,33	3,28
3	Navaření	9,55	1,17	10,72
Σ		15,28	1,83	17,11



Obr. 8.10: Stav před balancováním

Při pohledu na graf výše je zřejmé, že takt výrobní buňky je nastaven zbytečně vysoko. Za předpokladu následného vybalancování, snížíme takt linky. Zrychlíme tím výrobu potřebného množství této komponenty. Vzhledem k tomu, že se jedná o sdílené pracoviště, uvolníme tím také časový fond pro výrobu ostatních komponent.

Takt si nově nastavíme podle vzorce:

$$TT = \frac{\Sigma CT}{\text{počet operací}} \cdot 1,2 \quad (7)$$

Pro výpočet uvažujeme 20% rezervu, abychom pokryli abnormality provozu.

$$TT = \frac{17,11}{3} \cdot 1,2 = 6,84 \approx 7 \text{ min}$$

Sdílený časový fond pracoviště přepočítáme násobením taktu s požadovanou produkcí:

$$F_{tlf} = \frac{TT \cdot Q}{60} \quad (8)$$

$$F_{tfl} = \frac{7 \cdot 3360}{60} = 392 \text{ h}$$

Plánované množství Q při taktu 7 minut lze vyrobit za 392 hodin, tj. za 52 až 53 směn. Výrobu této komponenty můžeme ideálně naplánovat **na jednu směnu týdně** podle potřeby hlavní výroby podniku.

8.5 Balancování

Nyní si spočítáme optimální počet pracovníků, abychom splnili požadavek výroby podle vzorce:

$$OP = \frac{\Sigma HT}{TT} \quad (9)$$

kde: ΣHT (Human Time) – čas všech operátorů v procesu

pozn. Při manipulaci s hotovým dílem je třeba dvou pracovníků, proto se do celkového HT tento úkon započítává dvakrát, čili $\Sigma HT = 17,83$ minut/kus.

$$OP = \frac{17,83}{7} = 2,55 \approx 3 \text{ operátoři}$$

V procesu je třeba 3 pracovníků, přičemž se nám do výpočtu promítá rezerva z nastavení TT.

Proces vybalancujeme rozdělením práce z operace navařování mezi tyto 3 pracovníky v procesu. Rozdělení jednotlivých úkonů je zřejmé z původního časového snímku v přílohách – **Příloha E**. Kvůli následné standardizaci, jednotky nyní uvádíme v sekundách.

Tab. 8.9: Rozdělení práce mezi ostatní operátory (v sekundách)

Operátor	Manuální činnost	Chůze	Σ
A	305,00	40,00	345,00
B	335,00	35,00	370,00
C	340,00	15,00	355,00
Σ HT	980,00	90,00	1070,00



Obr. 8.11: Vybalancovaný linkový provoz

Tab. 8.10: Stav po vybalancování provozu a změně taktu

Metriky	Před změnou	Po změně
TT	12,70 min	7,00 min
CT	10,72 min	6,17 min
K	3976 ks	3360 ks
LT	32,16 min	18,5 min
LBR	55,8 %	96,4 %

Na závěr si v tabulce **Tab. 8.11** porovnáme současný resp. počáteční stav s konečným návrhem stavu budoucího.

Tab. 8.11: Srovnání současného a budoucího stavu

	Současný stav	Budoucí stav
Dávka d_v	10 ks	1 ks
Takt time	-	7,00 min
Cycle time	255,06 min	6,17 min
$\sum CT = HT$	457,64 min	17,83 min
Lead time	170,05 h	18,5 min
Výrobní kapacita	1670 ks/rok	3360 ks/rok
LBR	44,85 %	96,40 %
Vzdálenost	154,5 m	106,8 m
Způsob předávání	postupný	souběžný

Porovnat současný a budoucí stav podle konkrétních metrik není zcela snadné, protože současný stav představuje kusovou výrobu s postupným předáváním dávky na neorganizovaném pracovišti. Nový stav představuje přesně nastavený a snadno měřitelný linkový provoz se souběžným způsobem předávání.

8.6 Standardní práce

V tomto kroku máme jasnou představu o návrhu výrobní linky a organizace práce na pracovišti. Můžeme proto začít s popisem standardní práce pro výrobu dané komponenty. Standard práce je dokument s jasně popsány úkoly a jejich výsledky, který umožňuje eliminaci variantnosti výrobních postupů, které jsou jedním ze základních příčin neefektivní organizace práce. [15]

Výstupem jsou dva typy dokumentů, které jsou součástí příloh.

- Standard Work Combination Sheet (SWCS) – **Příloha F**
- Standard Work Sheet (SWS) – **Příloha G**

Při tvorbě standardní práce vycházíme zejména z časových snímků měření práce a nového uspořádání pracoviště – layoutu. SWCS stanovuje časy, které je třeba dodržovat pro jednotlivé úkony. SWS ilustruje veškeré úkony a pohyby všech pracovníků v procesu.

9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V této části srovnáme náklady a přínosy optimalizačních návrhů ve výrobní buňce. Jako hlavní ekonomický přínos uvažujeme redukci pracnosti.

Spočítáme celkový objem pracnosti P_k na plánovanou produkci Q při původním a budoucím stavu podle vzorce:

$$P_k = \frac{HT}{d_v \cdot 60} \cdot Q \quad (10)$$

$$P_{ksouč} = \frac{457,64}{10 \cdot 60} \cdot 3360 = 2562,78 \text{ h}$$

$$P_{kbud} = \frac{17,83}{1 \cdot 60} \cdot 3360 = 998,48 \text{ h}$$

Rozdílem těchto hodnot získáme počet ušetřených pracovních hodin operátorů.

$$x = 2562,78 - 998,48 = 1564,3 \text{ h}$$

Optimalizace pracoviště přinesla úsporu v podobě 1 564 hodin, což představuje **snížení pracnosti** celé zakázky o **61 %**.

Nyní spočítáme standardní hodinovou sazbu výroby PLSR (používáno pro interní kalkulace v rámci OTISu)

$$PLSR = \frac{N_{pl}}{h_{pl}} \quad (11)$$

kde: N_{pl} – plánované přímé a nepřímé náklady

h_{pl} – počet plánovaných standardních hodin

pozn.: Vstupní data byla získána z podkladů finančního oddělení podniku.

$$PLSR = \frac{191\,271\,450}{277\,205} = 690 \text{ Kč/hod}$$

Tato hodnota zahrnuje veškeré náklady na provoz tj. přímý materiál, přímé mzdy a nepřímé režijní náklady.

Ušetřené hodiny vynásobíme standardní hodinovou sazbou výroby.

$$S = 1564 \cdot 690 = 1\,079\,160 \text{ Kč}$$

Optimalizace pracoviště přinesla podniku **úsporu ve výši 1,08 mil. Kč ročně** při výrobě daného objemu zakázky.

Náklady na optimalizace představují:

- pořízení nového stroje – 598 000 Kč bez DPH
- pořízení konzolového regálu – 34 840 Kč bez DPH
- náklady na přestavbu pracoviště – 20 700 Kč

Tab. 9.1: Bilancování přínosů a nákladů

Přínosy		Náklady	
Ušetřené hodiny	1564 hod	Děrovací lis	598 000 Kč
PLSR	690 Kč/hod	Konzolový regál	34 840 Kč
		Přestavba	20 700 Kč
CELKEM	1 079 160 Kč	CELKEM	653 540 Kč

Úspora z roční produkce pokrývá veškeré náklady na optimalizace. Po odečtení nákladů má podnik stále k dispozici částku 425 620 Kč.

ZÁVĚR

Tento projekt byl zpracováván v rámci rozsáhlé reorganizace předvýroby v břeclavské pobočce společnosti Otis a.s. Sledovaným pracovištěm je sdílená výrobní buňka kusové výroby s postupným předáváním dávky. Z časových norem operací byla sestavena procesní matice (Příloha B), podle které byly sdruženy produktové rodiny. Na základě PQ analýzy a Paretova pravidla byla pro zpracování projektu zvolena produktová rodina okopových plechů TfL.

Po zmapování pracovního postupu bylo provedeno měření, na základě kterého byly vytvořeny časové snímky práce a špagetové diagramy (Příloha C).

Analýza dokázala, že stav výrobní buňky není ideální z pohledu zásad „štíhlé“ výroby. Hlavním problémem buňky je neorganizované plánování zakázek, vysoká rozpracovanost výroby a absence pracovních standardů.

V rámci optimalizace procesu a eliminace plýtvání byly zavedeny postupně následující zlepšení:

- systém souběžného předávání resp. jednokusový tok,
- eliminace úzkého místa pomocí nové technologie v rámci jedné operace,
- re-layout pracoviště,
- vybalancování provozu.

Původní neorganizované pracoviště bylo přetransformováno na výrobní linku pro daný typ komponenty, díky čemuž bylo dosaženo:

- naplnění plánu výroby 3360 ks za rok,
- zkrácení vzdálenosti toku materiálu výrobní buňkou o 31 %,
- redukce pracnosti na celou roční produkci o 61 %,
- úspora provozních nákladů 1,08 mil Kč ročně.

Při daném ročním objemu produkce předvýroba na jednom typu komponenty ušetří přes 1 mil Kč na provozních nákladech. Náklady na optimalizace činí 650 tis Kč. Úspora provozních nákladů pokrývá všechny náklady na optimalizace. Doba návratnosti investic je 7,5 měsíce.

Můžeme tedy konstatovat, že hlavní cíl projektu byl splněn. Předvýroba je schopná vyprodukovat plánované množství komponenty za rok. A to navíc při nižších provozních nákladech díky úspoře objemu práce.

Podle spočítaného taktu výrobní buňky postačí realizace výroby této komponenty např. na jednu směnu týdně. Plánování je v rukách managementu, který má nyní k dispozici:

- uvolněný efektivní časový fond sdíleného pracoviště v rámci všech operací 1 564 hod, využitelný u jiných zakázek,
- uvolněné prostředky ve výši 425 620 Kč pro další investice.

Budoucí stav výrobní buňky byl standardizován prostřednictvím dokumentů SWCS (Příloha F) a SWS (Příloha G). SWCS stavuje časy, které je třeba dodržovat pro jednotlivé úkony. SWS ilustruje veškeré úkony a pohyby všech pracovníků v procesu.

Tato práce organizuje pracoviště z hlediska výroby jednoho typu komponenty, ale může také posloužit jako vzor pro celou reorganizaci předvýroby. V první řadě je třeba sloučit všechny významné zakázky do produktových rodin a pro každou definovanou rodinu provést analýzu, navrhnout zlepšení a nastavit výrobu v podobném duchu.

Výrobu produktových rodin je třeba na sdíleném pracovišti synchronizovat. Proto je dalším nezbytným krokem reorganizace tvorba systému plánování zakázek s maximálním využitím dostupných kapacit.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Knižní zdroje

- [1] LIKER, Jeffrey K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [2] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [3] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-86851-38-9.
- [4] IMAI, Masaaki. *Gemba kaizen*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2005. ISBN 80-251-0850-3.
- [5] IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0461-3.
- [6] BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [7] JIRÁSEK, Jaroslav. *Štíhlá výroba*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-394-4.

Elektronické zdroje

- [8] Výrobní systém Toyota TPS: a jeho přínosy pro podnikání. *Manipulační a skladová technika Toyota* [online]. [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: http://www.toyota-forklifts.cz/sitecollectiondocuments/tps_nahled.pdf
- [9] *Svět produktivity* [online]. Prostějov: CPI Web servis s.r.o., 2012 [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz>
- [10] Metoda 5S: základní kámen štíhlé výroby. In: *API: Academy of Productivity and Innovation* [online]. 2015 [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25792n-metoda-5s-zakladni-kamen-stihle-vyroby>
- [11] Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání. In: *API: Academy of Productivity and Innovation* [online]. 2015 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25781n-naucte-se-videt-a-odstranovat-plytvani>
- [12] Štíhlá výroba: používané metody a nástroje. In: *API: Academy of Productivity and Innovation* [online]. 2015 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>

- [13] Cesta ke štíhlému podniku. In: *API: Academy of Productivity and Innovation* [online]. 2015 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25793n-cesta-ke-stihlemu-podniku>
- [14] Analýza a měření práce. In: *API: Academy of Productivity and Innovation* [online]. 2015 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [15] Optimalizace výrobních buňek. In: *API: Academy of Productivity and Innovation* [online]. 2015 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25780n-optimalizace-vyrobnich-bunek>
- [16] Company. *Toyota Global Site* [online]. ©1995-2016 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.toyota-global.com/company/>
- [17] Štíhlá výroba: Lean Production. In: *Synext: Synergy for you next business* [online]. 2008 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.synext.cz/stihla-vyroba-lean-production.html>
- [18] Nástroje Štíhlé výroby (Lean Production). In: *Synext: Synergy for you next business* [online]. 2008 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.synext.cz/nastroje-stihle-vyroby-lean-production.html>
- [19] Lean management ve výrobě. In: *BusinessInfo.cz* [online]. 2010 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/lean-management-ve-vyrobe-2824.html>
- [20] *Lean Company* [online]. 2006 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.leancompany.cz/>

Akademické práce

- [21] BERNÁT, M. *Zavádění systému řízení kvality pro projekt Metro Londýn v OTIS a.s.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2014. 96 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radek Doskočil, Ph.D.
- [22] MAYERBERGOVÁ, I. *Studie operativního řízení výroby.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2012. 86 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Marie Jurová, CSc.
- [23] ZÁTOPEK, J. *Optimalizace hodnotového toku.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 84 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radovan Novotný, Ph.D.

Firemní zdroje

- [24] Interní zdroje společnosti OTIS a.s.
- [25] *United Technologies* [online]. 2016 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.utc.com/Pages/Home.aspx>
- [26] *OTIS Czech Republic* [online]. Otis Elevator Company, 2016 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.otis.com/site/cz/Pages/default.aspx>
- [27] *OTIS*k. 2016, (1).

Katalogy

- [28] SIRIUS HPM-M: Děrovací stroje. *ELVAC: Punching machines* [online]. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.punchingmachines.cz/cs-cz/produkty/hydraulick%C3%A9strojenad%C4%Brov%C3%A1n%C3%ADprofil%C5%AF/siriushpm-m.aspx>
- [29] Regál na dlouhý materiál: Konzolové regály. *AJ produkty* [online]. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.ajprodukty.cz/sklady/konzolove-regaly/regal-na-dlouhy-material/463575-31915.wf>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Historický vývoj štíhlé výroby	13
Obr. 2.1: Výrobní systém firmy Toyota (TPS).....	14
Obr. 2.2: Osm druhů plýtvání	17
Obr. 3.1: Ukázka špagetového diagramu.....	26
Obr. 3.2: Redukce množství času na seřízení	29
Obr. 4.1: Nejvýznamnější značky spadající pod UTC	32
Obr. 4.2: Základní parametry eskalátoru	34
Obr. 4.3: Areál divize Escalators OTIS a.s. v Břeclavi	35
Obr. 5.1: Současný layout výrobní buňky	37
Obr. 5.2: PQ diagram.....	40
Obr. 5.3: Díly na eskalátoru.....	41
Obr. 5.4: Grafické znázornění postupu výroby okopových plechů typu NCE/NPE	42
Obr. 5.5: Kotoučová pila	43
Obr. 5.6: Lemovací stroj.....	43
Obr. 5.7: Sloupová vrtačka	44
Obr. 5.8: Pomocné pracoviště se svorníkovou svářečkou	44
Obr. 5.9: Plech připravený k navařování svorníků	45
Obr. 5.10: Svorníková svářečka	45
Obr. 5.11: Navařené svorníky.....	46
Obr. 5.12: Grafické znázornění postupu výroby okopových plechů pro zakázku TfL ..	46
Obr. 6.1: CT jednotlivých operací	49
Obr. 6.2: Špagetové diagramy	50
Obr. 6.3: Kolečko na měření vzdálenosti	51
Obr. 6.4: Naměřené vzdálenosti toku materiálu výrobní buňkou.....	51
Obr. 7.1: Časové vytížení operátorů	56
Obr. 8.1: Jednokusový tok a takt time	59
Obr. 8.2: Hydraulický prostřihovací stroj HPM-M	60
Obr. 8.3: Pracovní prostor stroje	61
Obr. 8.4: Prostor pro obsluhu stroje	62
Obr. 8.5: Stav po eliminaci úzkého místa.....	63
Obr. 8.6: Re-layout výrobní buňky.....	64
Obr. 8.7: Nevhodné uložení vstupního materiálu.....	65
Obr. 8.8: Konzolový regál na dlouhý materiál	65
Obr. 8.9: Stav po optimalizaci toku materiálu.....	67
Obr. 8.10: Stav před balancováním	68
Obr. 8.11: Vybalancovaný linkový provoz	70

SEZNAM TABULEK

Tab. 5.1: Přehled roční produkce nejvýznamnějších reprezentantů	38
Tab. 5.2: Normované časy výroby a kumulativní četnost	39
Tab. 5.3: Sledovaná zakázka.....	47
Tab. 6.1: Výsledné hodnoty měření práce (v minutách).....	48
Tab. 7.1: Časové vytížení operátorů (v minutách).....	56
Tab. 8.1: Návrhy eliminace plýtvání	57
Tab. 8.2: Jednokusový tok (hodnoty v minutách)	58
Tab. 8.3: Stav po eliminaci úzkého místa (v minutách)	62
Tab. 8.4: Základní parametry před a po eliminaci úzkého místa.....	63
Tab. 8.5: Stav po optimalizaci toku materiálu (v minutách)	66
Tab. 8.6: Základní parametry před a po optimalizaci toku.....	67
Tab. 8.7: Tok materiálu před a po změně	67
Tab. 8.8: Stav před balancováním (v minutách).....	68
Tab. 8.9: Rozdělení práce mezi ostatní operátory (v sekundách).....	70
Tab. 8.10: Stav po vybalancování provozu a změně taktu	71
Tab. 8.11: Srovnání současného a budoucího stavu	71
Tab. 9.1: Bilancování přínosů a nákladů	74

SEZNAM SYMBOLŮ VELIČIN A ZKRATEK

Zkratky

CLC	Corporate Learning Center
CT	Cycle Time
DEÚ	Dekorativní úhelník
HT	Human Time
JIT	Just-in-Time
LBR	Line Balance Rate
LT	Lead Time
NCE	Komerční eskalátor
NCT	Veřejný (těžký) pohyblivý chodník
NPE	Veřejný (těžký) eskalátor
NPT	Komerční pohyblivý chodník
OKP	Okopový plech
PLSR	Productive Labor Standard Rate
PQ	Product, Quantity
SMED	Single Minute Exchange of Die
SWCS	Standard Work Combination Sheet
SWS	Standard Work Sheet
TfL	Travel for London
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TT	Takt Time
UTC	United Technologies Corporation
VA	Value Added
VOP	Vnitřní opláštění
VSM	Value Stream Mapping
WIP	Work in Process

Symbole a veličiny

CT	[min]	doba cyklu nejdelší operace
d	[-]	počet pracovních dní
d_v	[ks]	velikost dávky
F_e	[hod]	efektivní fond pracoviště
F_{tfl}	[hod]	sdílená kapacita pro Tfl
h	[hod]	pracovní doba
h_{pl}	[hod]	počet plánovaných standardních hodin
HT	[min]	čas operátora (manuální činnost, chůze, čekání)
K	[ks]	výrobní kapacita
LBR	[%]	index vyváženosti
LT	[min]	průběžná doba výroby
N_{pl}	[Kč]	plánované přímé a nepřímé náklady
OP	[-]	optimální počet pracovníků
P_k	[h]	celková pracnost
PLSR	[Kč/hod]	standardní hodinová sazba výroby
Q	[ks]	plánovaná roční produkce
q_s	[ks]	spotřeba na směnu
S	[Kč]	úspora
TT	[min]	takt výrobní linky
t_z	[hod]	přestávky
WIP	[ks]	rozpracovanost
σ	[-]	směnnost

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A – Procesní diagram předvýroby

PŘÍLOHA B – Procesní matice

PŘÍLOHA C – Technologický postup okopového plechu Tfl

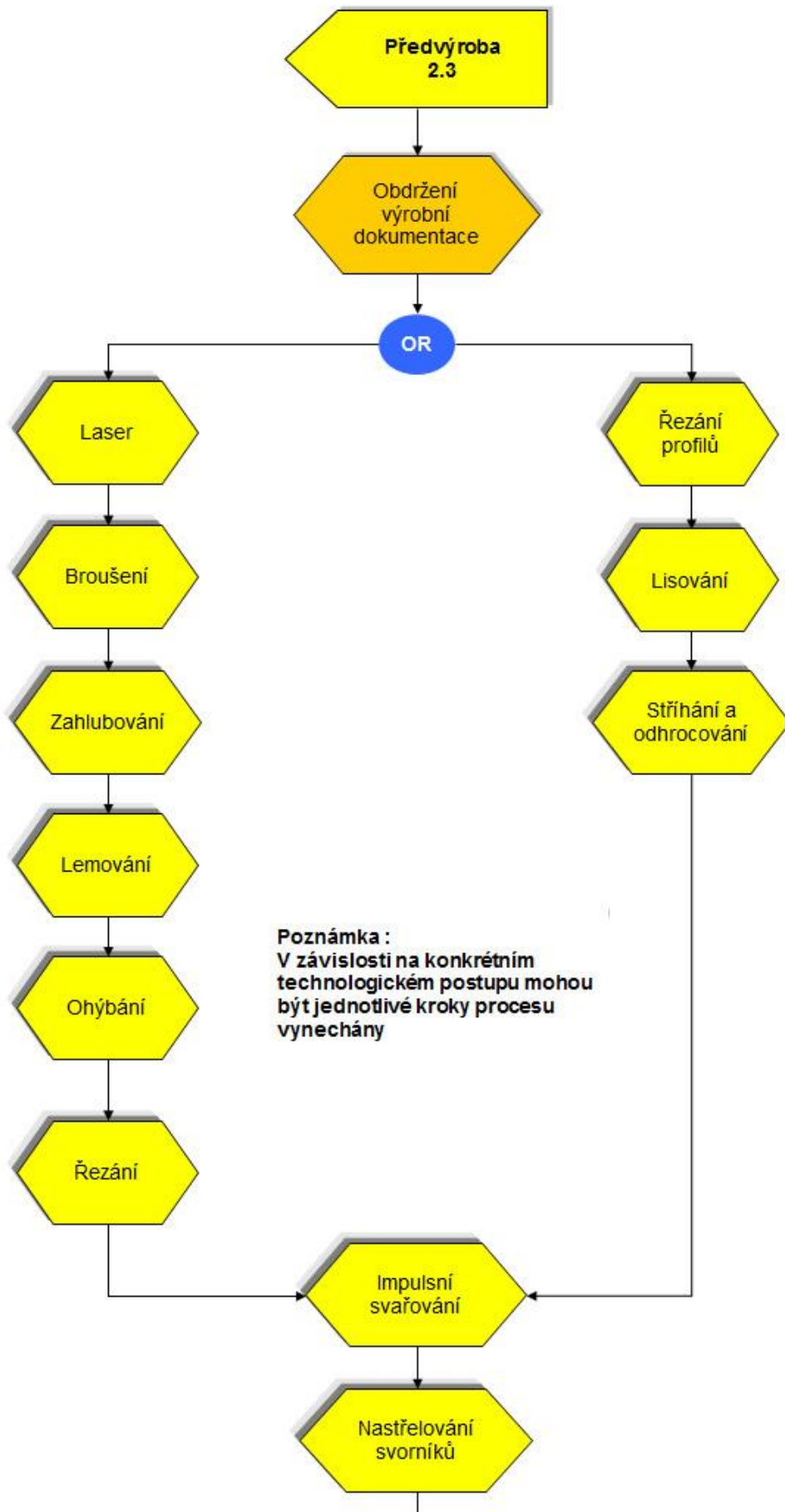
PŘÍLOHA D – Časové snímky práce a špagetové diagramy pracoviště

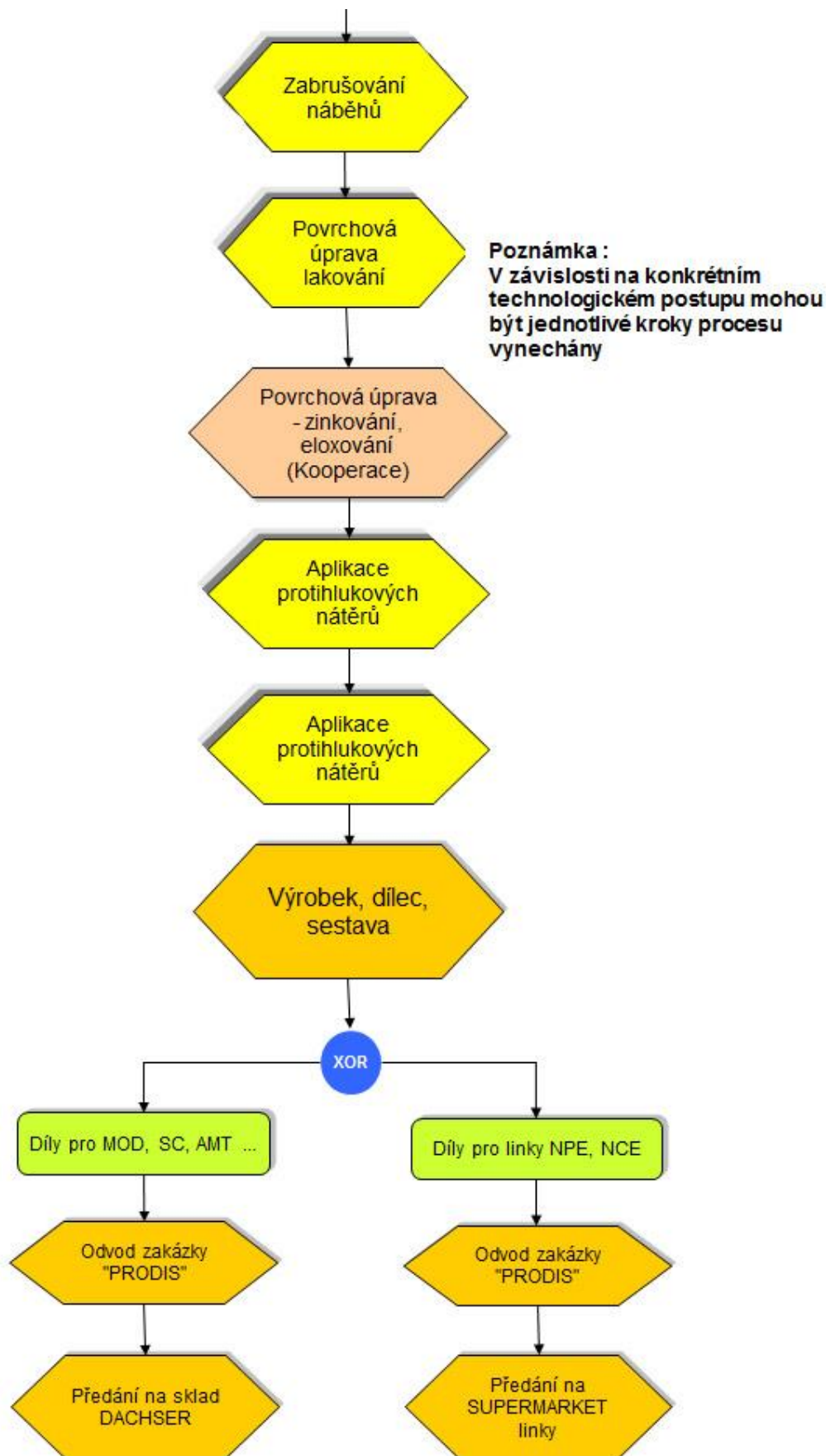
PŘÍLOHA E – Rozdělení práce mezi operátory

PŘÍLOHA F – Standard Work Combination Sheet

PŘÍLOHA G – Standard Work Sheet

PŘÍLOHA A





PŘÍLOHA B

Pracoviště	78100	76400	72920	74780	70750	70360	74900	74730	72550	70361	CELKEM	
												Řezat / odhrotit / značit
Proces	Čas [min]											
Typ součásti	Typ eskalátoru											
Okopové plechy	NCT	0,95	10,50	8,20	14,50			15,80		0,40		50,35
	NPE	22,50	12,00	11,60	17,50	10,00	3,20			0,80		79,60
	NCE	13,50	12,00	14,95	16,10	4,00	11,60			0,40		72,55
	TFL	2,70	7,50			10,80	1,80	19,20	21,60		0,40	64,00
Vnitřní opláštění	NPE					4,64				0,40		5,04
	TFL	1,80		3,40		4,81				0,40		10,41
	TFL					14,00	6,40			0,40		20,80
	TFL			8,20	14,10	2,20	3,80					28,30
Dekoratvní úhelníky	NCT	37,10		57,50	207,20				95,60	10,00		407,40
	NPE	6,20							31,30	0,40		37,90

PŘÍLOHA C

HAJA
O VYRDOK

PRODIS 2.5.2._Ostra DB
Opak.tisk Výrobní dokumentace

TFL

10.03.2016
12:26

Závod: *** Technologický postup *** Ref: Str. 1

Číslo kumulace :
Druh výrobku : PMAN Vyráběné díly Laser:

Čís. zakázky ! Položka číslo/arch. ! Název položky / konstruktéra
! ! OKOPOVÝ PLECH
! Velik. zakázky ! Čist.množ. zak. Datum potřeby
! 10 KS ! 10 KS 12.10.2015

Ope. Zá. Str. Pracov. ! Popis operace ! Operaci
! Příprava Jednice/KS Celk.čas ! provedl:

EH&S 1-6 A-D
10 848 76180 Laserové děrovací zařízení
1.00 M 11.10 M/1 1.87 H

REZAT LASEREM
TL2mm NIRO G2 (1.4401)

*= L851

1x GAA438BZY101-*

EH&S 1-6 A-D
20 821 70360 Montáž, svařov.ohyb.ruč. rovn.
2.00 M 4.00 M/1 0.70 H

ODHROTIT

EH&S 1-6 A-D
30 821 78100 Kotoučová pila
6.00 M 3.20 M/1 0.63 H

REZAT+ODHROTIT
GXA50ADL6000
3x L= 2290 MM (..BZY201 = POS.2)

EH&S 1-6 A-D
40 821 72550 Vrtačka
6.00 M 19.80 M/1 3.40 H

ZNACIT VRTAT ODHROTIT
C-PROFILY

OTVOR D10MM

EH&S 1-6 A-D
50 821 76400 Lemovací stroj
6.00 M 7.50 M/1 1.35 H

ZALOMIT POS.1

HAJA
O VYRDOK

PRODIS 2.5.2. Ostra DB
Opak.tisk Výrobní dokumentace

10.03.2016
12:26
Str. 2

Závod: *** Technologický postup ***

Ref:

Číslo kumulace :

Druh výrobku : PMAN

Vyráběné díly

Laser:

Čís. zakázky ! Položka číslo/arch. ! Název položky / konstruktéra
! ! OKOPOVÝ PLECH
! !
! Velik. zakázky ! Čist.množ. zak. Datum potřeby
! 10 KS ! 10 KS 12.10.2015

Ope. Zá. Str. Pracov. ! Popis operace ! Operaci
! Příprava Jednice/KS Celk.čas ! provedl:

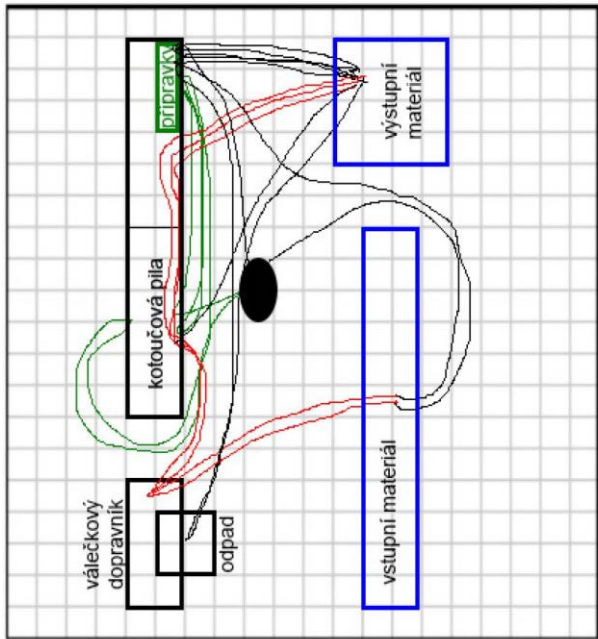
EH&S 1-6 A-D
60 74900 Svorníková svářečka
6.00 M 37.80 M/1 6.40 H
SVORNIKY ZNACIT NAVARIT
M6x15

EH&S 1-6 A-D
70 70750 Montáž, svařov.ohyb.ruč. rovn.
6.00 M 24.00 M/1 4.10 H
SMONTOVAT KOMPLET

EH&S 1-6 A-D
990 70361 Pomocné práce
0.40 M/1 0.07 H
ZNAČIT ČÍSLEM DÍLU

PŘÍLOHA D

Časové snímky práce							Operace: Řezání	Datum pozorování: 10.3.2016	Číslo pozorování: 01
Pořadí	Úkon	Pozorování # 1	Pozorování # 2	Pozorování # 3	Čas úkonu	Poznámky:			
0	Připravit pracoviště	05:09,0 05:09,0			05:09,0	Příprava pracoviště: 309 [s]	Čas pozorování: 10.3.2016	Číslo pozorování: 01	Jméno pozorovatele: Michal Škrdla
1	Podat materiál	05:30,0 00:21,0	11:29,0 00:36,0	17:51,0 00:25,0	00:21,0	Manuální činnost: 217 [s]	Čas pozorování: 8:30 - 8:55		
2	Ustavit k dorazu	05:48,0 00:18,0	12:00,0 00:31,0	18:22,0 00:31,0	00:18,0	Chůze: 77 [s]			
3	Řezat	06:06,0 00:18,0	12:20,0 00:20,0	18:39,0 00:17,0	00:17,0				
4	Odložit na paletu	06:22,0 00:16,0	12:31,0 00:11,0	18:53,0 00:14,0	00:11,0				
5	Ustavit k dorazu	06:39,0 00:17,0	12:58,0 00:27,0	19:05,0 00:12,0	00:12,0				
6	Řezat	07:03,0 00:24,0	13:23,0 00:25,0	19:26,0 00:21,0	00:21,0				
7	Odložit na paletu	07:11,0 00:08,0	13:35,0 00:12,0	19:41,0 00:15,0	00:08,0				
8	Likvidace odpadu	07:31,0 00:20,0	13:43,0 00:08,0	19:51,0 00:10,0	00:08,0				
9	Kontrola rozměrů	07:41,0 00:10,0	13:55,0 00:12,0	20:01,0 00:10,0	00:10,0				
10	Podat materiál	08:01,0 00:20,0	14:19,0 00:24,0	20:22,0 00:21,0	00:20,0				
11	Ustavit k dorazu	08:22,0 00:21,0	14:37,0 00:18,0	20:38,0 00:16,0	00:16,0				
12	Řezat	08:44,0 00:22,0	14:56,0 00:19,0	20:54,0 00:16,0	00:16,0				
13	Odložit na paletu	08:53,0 00:09,0	15:07,0 00:11,0	21:08,0 00:14,0	00:09,0				
14	Odehlt	09:58,0 01:05,0	16:27,0 01:20,0	22:01,0 00:53,0	00:53,0				
15	Čistit	10:09,0 00:11,0	16:37,0 00:10,0	22:14,0 00:13,0	00:10,0				
16	Značit	10:42,0 00:33,0	17:12,0 00:35,0	22:55,0 00:41,0	00:33,0				
17	Rovnat	10:53,0 00:11,0	17:26,0 00:14,0	23:06,0 00:11,0	00:11,0				
CELKEM					04:54,0				



Časové snímky práce

Časové snímky práce							Operace: Značení	Datum pozorování: 10.3.2016	Číslo pozorování: 02
Pořadí	Úkon	Pozorování # 1	Pozorování # 2	Pozorování # 3	Čas úkonu	Poznámky:			
0	Příprava pracoviště	02:21,0 02:21,0			02:21,0	Příprava pracoviště: 141 [s] Manuální činnost: 180 [s] Chůze: 8 [s]	Čas pozorování: 9:00 - 9:15	Jméno pozorovatele: Michal Škrdla	
1	Rovnat vzorový profil	02:32,0 00:11,0	06:33,0 00:10,0	11:10,0 00:11,0	00:10,0				
2	Značit vzorový profil tužkou	03:53,0 01:21,0	08:16,0 01:43,0	12:30,0 01:20,0	01:20,0				
3	Značit vzorový profil úhelníkem	04:47,0 00:54,0	09:08,0 00:52,0	13:12,0 00:42,0	00:42,0				
4	Rovnat ostatní profily	05:03,0 00:16,0	09:44,0 00:36,0	13:29,0 00:17,0	00:16,0				
5	Značit ostatní profily podle vzoru	06:11,0 01:08,0	10:46,0 01:02,0	14:01,0 00:32,0	00:32,0				
6	Odloužit na paletu	06:23,0 00:12,0	10:59,0 00:13,0	14:09,0 00:08,0	00:08,0				
CELKEM					03:08,0				

Časové snímky práce

Pořadí	Úkon	Pozorování # 1	Pozorování # 2	Pozorování # 3	Čas úkonu
0	Příprava pracoviště	03:14,0 03:14,0			03:14,0
1	Vložit materiál (1. díl)	03:29,0 00:15,0	30:11,0 00:18,0	56:28,0 00:13,0	00:13,0
2	Vrtat (14 děr)	10:32,0 07:03,0	37:49,0 07:38,0	1:03:43 07:15,0	07:03,0
3	Odejhlit	11:01,0 00:29,0	38:09,0 00:20,0	1:04:02 00:19,0	00:19,0
4	Odložit na paletu	11:08,0 00:07,0	38:18,0 00:09,0	1:04:10 00:08,0	00:07,0
5	Očistit prac. od třísek	11:38,0 00:30,0	38:55,0 00:37,0	1:04:52 00:42,0	00:30,0
6	Vložit materiál (2. díl)	11:55,0 00:17,0	39:11,0 00:16,0	1:05:09 00:17,0	00:16,0
7	Vrtat (14 děr)	19:20,0 07:25,0	46:21,0 07:10,0	1:12:52 07:43,0	07:10,0
8	Odejhlit	19:35,0 00:15,0	46:40,0 00:19,0	1:13:09 00:17,0	00:15,0
9	Odložit na paletu	19:43,0 00:08,0	46:47,0 00:07,0	1:13:19 00:10,0	00:07,0
10	Očistit prac. od třísek	20:04,0 00:21,0	47:18,0 00:31,0	1:13:39 00:20,0	00:20,0
11	Vložit materiál (3. díl)	20:15,0 00:11,0	47:33,0 00:15,0	1:13:51 00:12,0	00:11,0
12	Vrtat (14 děr)	28:40,0 08:25,0	55:23,0 07:50,0	1:21:58 08:07,0	07:50,0
13	Odejhlit	28:57,0 00:17,0	55:39,0 00:16,0	1:22:17 00:19,0	00:16,0
14	Odložit na paletu	29:05,0 00:08,0	55:49,0 00:10,0	1:22:27 00:10,0	00:08,0
15	Očistit prac. od třísek	29:53,0 00:48,0	56:15,0 00:26,0	1:22:58 00:31,0	00:26,0
CELKEM					25:11,0

Operace: Vrtání

Datum pozorování: 10.3.2016

Číslo pozorování: 03

Díl: "C" profil

Čas pozorování: 9:20 - 10:45

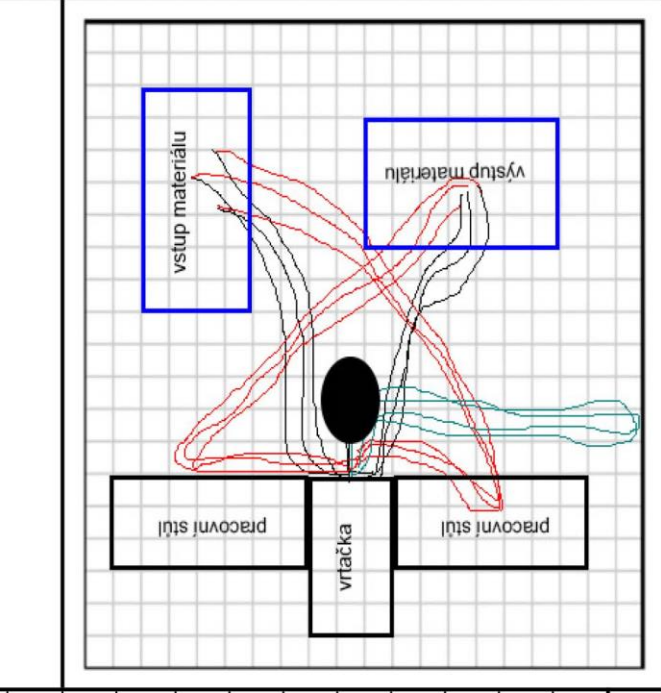
Jméno pozorovatele: Michal Skrdla

Poznámky:

Příprava pracoviště: 194 [s]

Manuální činnost: 1466 [s]

Chůze: 45 [s]



Časové snímky práce

Pořadí	Úkon	Pozorování # 1	Pozorování # 2	Pozorování # 3	Nejnižší čas úkonu
0	Příprava pracoviště	12:31,0 12:31,0			12:31,0
1	Uložit materiál	12:47,0 00:16,0	14:49,0 00:20,0	16:46,0 00:20,0	00:16,0
2	Odjehlit	13:33,0 00:46,0	15:39,0 00:50,0	17:42,0 00:56,0	00:46,0
3	Lemovat	14:13,0 00:40,0	16:08,0 00:29,0	18:11,0 00:29,0	00:29,0
4	Odložit na paletu	14:29,0 00:16,0	16:26,0 00:18,0	18:26,0 00:15,0	00:15,0
CELKEM					01:46,0

Operace: Lemování	Datum pozorování: 10.3.2016	Číslo pozorování: 04
Díl: Tabule	Čas pozorování: 11:20 - 11:40	Jméno pozorovatele: Michal Škrdla
Poznámky:		
Příprava pracoviště:	751 [s]	
Manuální činnost:	85 [s]	
Chůze:	21 [s]	

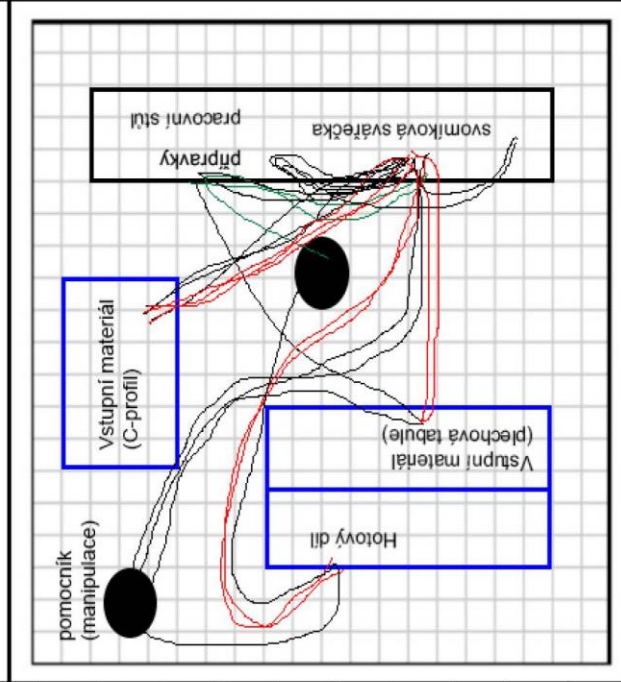
Časové snímky práce

Pořadí	Úkon	Pozorování # 1	Pozorování # 2	Pozorování # 3	Čas úkonu
0	Přípravit pracoviště	02:35,0 02:35,0	15:41,0	28:23,0	02:35,0
1	Uložit plechový plát na stůl	02:53,0 00:18,0	15:41,0 00:14,0	28:23,0 00:31,0	00:14,0
2	Přípravit pomocné přípravky	03:33,0 00:40,0	16:00,0 00:19,0	28:47,0 00:24,0	00:19,0
3	Uložit 1. profil na plech	03:53,0 00:20,0	16:17,0 00:17,0	29:07,0 00:20,0	00:17,0
4	Uložit 2. profil na plech	04:15,0 00:22,0	16:32,0 00:15,0	29:18,0 00:11,0	00:11,0
5	Uložit 3. profil na plech	04:42,0 00:27,0	16:57,0 00:25,0	29:41,0 00:23,0	00:23,0
6	Měřit mezeru	04:55,0 00:13,0	17:13,0 00:16,0	29:58,0 00:17,0	00:13,0
7	Značit tužkou	05:57,0 01:02,0	18:13,0 01:00,0	30:50,0 00:52,0	00:52,0
8	Odložit profily z plechu	06:09,0 00:12,0	18:22,0 00:09,0	31:00,0 00:10,0	00:09,0
9	Přípravit svornikovou svářečku	06:33,0 00:24,0	18:37,0 00:15,0	31:17,0 00:17,0	00:15,0
10	Navázat svorniky	10:38,0 04:05,0	23:01,0 04:24,0	35:24,0 04:07,0	04:05,0
11	Očistit plochy	11:02,0 00:24,0	23:34,0 00:33,0	35:57,0 00:33,0	00:24,0
12	Nasadit profily	11:17,0 00:15,0	23:48,0 00:14,0	36:14,0 00:17,0	00:14,0
13	Utáhnout svorníky	14:35,0 03:18,0	26:33,0 02:45,0	39:01,0 02:47,0	02:45,0
14	Odložit na paletu	15:27,0 00:52,0	27:52,0 01:19,0	40:15,0 01:14,0	00:52,0
CELKEM					11:13,0

Operace: Navazání svorníků
Datum pozorování: 10.3.2016
Číslo pozorování: 05

Díl: "C" profil + tabule
Čas pozorování: 11:50 - 12:30
Jméno pozorovatele: Michal Škrdla

Poznámky:
Příprava pracoviště: 155 [s]
Manuální činnost: 573 [s]
Chůze: 100 [s]
Při manipulaci s plechem je třeba dvou pracovníků



PŘÍLOHA E

Časové snímky práce							Operace: Navaření svorníků	Datum pozorování: 10.3.2016	Číslo pozorování: 05
Pořadí	Úkon	Pozorování # 1	Pozorování # 2	Pozorování # 3	Čas úkonu	Poznámky:	Díl: "C" profily + tabule	Čas pozorování: 11:50 - 12:30	Jméno pozorovatele: Michal Škrdla
0	Připravit pracoviště	02:35,0 02:35,0	15:41,0	28:23,0	02:35,0	Příprava pracoviště: 155 s			
1	Uložit plechový plát na stůl	02:53,0 00:18,0	15:41,0 00:14,0	28:23,0 00:31,0	00:14,0	Manuální činnost: 573 s			
2	Připravit pomocné přípravky	03:33,0 00:40,0	16:00,0 00:19,0	28:47,0 00:24,0	00:19,0	Chůze: 70 s			
3	Uložit 1. profily na plech	03:53,0 00:20,0	16:17,0 00:17,0	29:07,0 00:20,0	00:17,0				
4	Uložit 2. profily na plech	04:15,0 00:22,0	16:32,0 00:15,0	29:18,0 00:11,0	00:11,0	Při manipulaci s hotovým dílem je třeba dvou pracovníků			
5	Uložit 3. profily na plech	04:42,0 00:27,0	16:57,0 00:25,0	29:41,0 00:23,0	00:23,0				
6	Měřit mezeru	04:55,0 00:13,0	17:13,0 00:16,0	29:58,0 00:17,0	00:13,0				
7	Značit tužkou	05:57,0 01:02,0	18:13,0 01:00,0	30:50,0 00:52,0	00:52,0				
8	Odložit profily z plechu	06:09,0 00:12,0	18:22,0 00:09,0	31:00,0 00:10,0	00:09,0				
9	Připravit svornikovou svářečku	06:33,0 00:24,0	18:37,0 00:15,0	31:17,0 00:17,0	00:15,0				
10	Navařit svorniky	10:38,0 04:05,0	23:01,0 04:24,0	35:24,0 04:07,0	04:05,0				
11	Očistit plochy	11:02,0 00:24,0	23:34,0 00:33,0	35:57,0 00:33,0	00:24,0				
12	Nasadit profily	11:17,0 00:15,0	23:48,0 00:14,0	36:14,0 00:17,0	00:14,0				
13	Utláhnout svorniky	14:35,0 03:18,0	26:33,0 02:45,0	39:01,0 02:47,0	02:45,0				
14	Odložit na paletu	15:27,0 00:52,0	27:52,0 01:19,0	40:15,0 01:14,0	00:30,0				
CELKEM					10:51,0				

Standard Work Combination Sheet

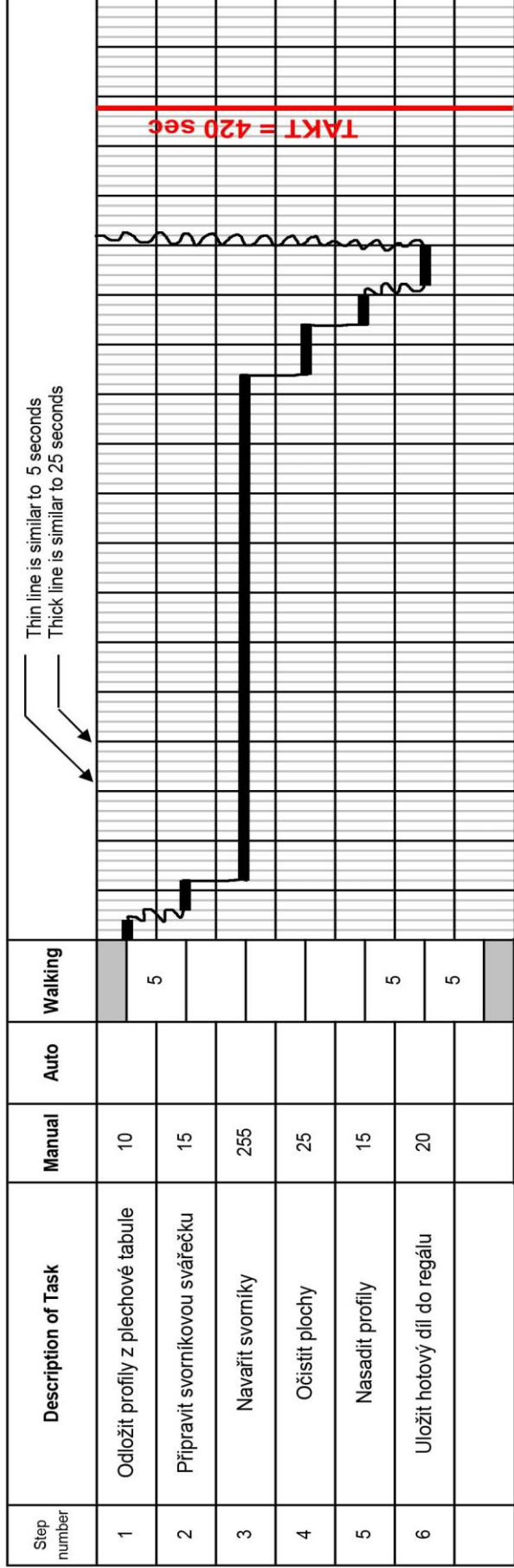
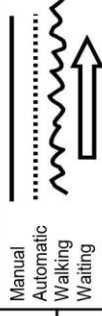
Part no	GAA438BZY1-L851	Operation number	1	Rev. Letter	Sum. Letter	Date		Operator	A
Part na	Okopový plech T1L	Department number/name		Prepared by	Michal Skrdla	Takt Time	7 min	Manual	Automatic
								Walking	Waiting
Step number	Description of Task	Manual	Auto	Walking	<p>Thin line is similar to: 5 seconds Thick line is similar to: 25 seconds</p>				
1	Vložit 1. kus profilu	5		5					
2	Vložit 2. kus profilu	5							
3	Ustavit k dorazu	10							
4	Řezat	15							
5	Vyjmout 2 přířezy	5							
6	Ustavit k dorazu	10							
7	Řezat	15							
8	Vyjmout 2 přířezy	5							
9	Likvidace odpadu	5		5					
10	Kontrola	10							
11	Odjehlit	50							
12	Čistit	10							
13	Značit	30							
14	Předat na další operaci	5		10					
15	Uložit plechovou tabuli na stůl	15							
16	Připravit pomůcky	10		5					
17	Naskládat profily na tabuli	40							
18	Měřit mezeru	10							
19	Značit tužkou	50		15					
TOTAL		305		40					

Standard Work Combination Sheet

Part no.	GAA438BZY1-L651	Operation number	2	Rev./Letter	Sum. Letter	Date		Operator	B
Part na	Okopový plech TFL	Department number/name		Prepared by	Michal Skrdla	Takt Time	7 min	Manual	Automatic
								Walking	Waiting
Step number	Description of Task	Manual	Auto	Walking	<p>Thin line is similar to: 5 seconds Thick line is similar to: 25 seconds</p> <p>TAKT = 420 sec</p>				
1	Vložit 1. přířez profilu	5							
2	Nastavit k dorazu	5							
3	Děrovat	30							
4	Odložit na paletu	5							
5	Vložit 2. přířez profilu	5		5					
6	Nastavit k dorazu	5							
7	Děrovat	30							
8	Odložit na paletu	5							
9	Vložit 3. přířez profilu	5		5					
10	Nastavit k dorazu	5							
11	Děrovat	30							
12	Odložit na paletu	5							
13	Kontrola	10							
14	Předat na další operaci	5							
15	Utáhnout svorníky	165		10					
16	Uložit hotový díl do regálu	20		15					
TOTAL		335		35					

Standard Work Combination Sheet

Part nu	GAA438BZY1-L851	Operation number	3	Rev. Letter	Sum. Letter	Date	Operator	C		
Part na	Okopový plech Třl	Department number/name	Prepared by					Michal Skrdla	Takt Time	7 min



Standard Work Sheet

Scope of operations	From Op. 10 - řezání	Date prepared or revised: 30.4.2016				
	To Op. 30 - navařování					
			Number of pieces of Std. Work in Process	Takt Time	Cycle Time	Operator Number
Standard Work in Process	Safety Precaution	Quality Check	3	420 sec	370 sec	3