VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV MANAGEMENTU

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUTE OF MANAGEMENT

STUDIE EFEKTIVNOSTI VYUŽITÍ STROJŮ VE VYBRANÉM PROVOZU

THE STUDY OF THE MACHINE UTILIZATION EFFICIENCY IN THE PARTICULAR PRODUCTION PROCESS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. JAKUB PETRŽELA
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — prof. Ing. MARIE JUROVÁ, CSc.
SUPERVISOR

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta podnikatelská

Akademický rok: 2014/2015
Ústav managementu

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Petržela Jakub, Bc.

Řízení a ekonomika podniku (6208T097)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává diplomovou práci s názvem:

Studie efektivnosti využití strojů ve vybraném provozu

v anglickém jazyce:

The Study of the Machine Utilization Efficiency in the Particular Production Process

Pokyny pro vypracování:

Úvod
Popis podnikání ve vybraném podniku se zaměřením na:
- výrobní portfolio
- výrobní proces
- zákazníky

Cíle řešení
Analýza současného stavu operativního řízení výrobního procesu
Vyhodnocení teoretických přístupů k řešení
Návrh řízení průběhu zadávané výroby výrobním procesem
Podmínky realizace a přínosy
Závěr
Použitá literatura
Přílohy

Podle § 60 zákona č. 121/2000 Sb. (autorský zákon) v platném znění, je tato práce "Školním dílem". Využití této práce se řídí právním režimem autorského zákona. Citace povoluje Fakulta podnikatelská Vysokého učení technického v Brně.

Seznam odborné literatury:

GREGOR,M. a kol. Dynamické plánovanie a riadenie výroby. 1.vyd. Žilina Žilinská universita 2000, 284s. ISBN 80-7100-607-6
JUROVÁ, Marie et al. Výrobní procesy řízené logistikou. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2013, 260 s. ISBN 9788026500599.
KAVAN,M. Výrobní a provozní management. 1.vyd.Praha Grada Publishing 2002, s.424, ISBN 80-247-4099-5
KOŠTURIAK,J., Kaizen : osvědčená praxe českých a slovenských podniků . Brno Computer Press 2010, 234s. ISBN 978-80-251-2349-2
RASTOGI, M. Production and operation management. Bangalore: University science press, 2010. 168 s. ISBN 978-938-0386-812.
UČEŇ,P. Zvyšování výkonnosti firmy na bázi potenciálu zlepšení. Praha GRADA Publishing 2008, 190s. ISBN 978-80-247-2472-0

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

L.S.

prof. Ing. Vojtěch Koráb, Dr., MBA
Ředitel ústavu

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
Děkan

V Brně, dne 28. 2. 2015

Abstrakt

Předmětem diplomové práce „Studie efektivnosti využití strojů ve vybraném provozu" je problematika štíhlých procesů ve vybrané organizaci. V úvodní části jsou charakterizována teoretická východiska a metody štíhlé výroby. V další části jsou analyzovány vybrané výrobní procesy včetně realizace dvou návrhů řešení. Výsledkem práce je odbourání určitých druhů plýtvání během výroby. Dalším přínosem je zefektivnění balicích procesů při distribuci k zákazníkovi.

Abstrakt

The main subject of the master's thesis "Study of machines efficiency in manufacturing process" is the lean processes in the organization. The introductory section describes the theoretical grounds and methods of lean manufacturing. The main section consists of the analysis of selected manufacturing processes, including the implementation of two proposed solutions. The result of work is the elimination of certain types of waste during the production. Another contribution is improving of packaging processes at distribution to the customer.

Klíčová slova

Štíhlá výroba, celková efektivnost zařízení, sledování výrobních prostojů, MES, MOST

Keywords

Lean manufacturing, overall equipment efficiency, monitoring of production downtime, MES, MOST

Bibliografická citace

PETRŽELA, J. *Studie efektivnosti využití strojů ve vybraném provozu.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2015. 129 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem jí samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 21. května 2015 ……..

Podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval paní prof. Ing. Marii Jurová, CSc., vedoucí diplomové práce, za cenné rady, připomínky a konzultace, které mi během zpracování diplomové práce poskytla. Dále bych chtěl poděkovat kolektivu zaměstnanců firmy Mubea IT Spring Wire s.r.o. za vstřícnost při poskytování podkladů a informací, bez kterých by práce nemohla být zpracována. V neposlední řadě děkuji mé rodině za psychickou i finanční podporu během studia.

Obsah

ÚVOD **10**
1. ŠTÍHLÝ PODNIK **11**
1.1. Štíhlá výroba 12
2. METODY ŠTÍHLÉ VÝROBY **14**
2.1. Mapování hodnotového toku (VSM) 14
2.2. 5S 16
2.3. Vizuální management 18
2.4. Kaizen 19
2.5. TPM 21
2.5.1. Základní principy TPM 24
2.5.2. Celková efektivnost zařízení 25
2.6. Ergonomie 27
2.7. Analýza a měření práce 28
2.7.1. Metody přímého měření 30
2.7.2. Metody předem určených časů 33
2.8. MOST 34
2.8.1. Koncepce a rodina metody MOST 35
2.8.2. Basic MOST 39
2.9. Produktivita 47
2.10. Výrobní takt a rytmus 51
2.11. MES 52
3. POPIS FIRMY **53**
3.1. Zastoupení firmy v České republice 55
3.2. Výrobní program vinutých pružin 57
3.2.1. Výroba vinutých pružin v Mubea IT Spring Wire s.r.o. 58
3.3. Výrobní proces vinutých pružin 59
3.4. Význam vinuté pružiny a její provedení 62
4. CÍL ŘEŠENÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI **66**
5. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU **67**
5.1. Analýza současného stavu výroby 67

5.1.1. Analýza hodnotového toku 69
5.2. Analýza vybraného výrobního zařízení 71
5.2.1. Analýza taktu výrobní linky 74
5.3. Analýza ručního pracoviště balení, přebalování 77
5.4. Analýza a měření práce v podniku 80
5.4.1. Tvorba norem spotřeby práce balicích, přebalovacích procesů 84
5.5. Analýza sběru a vyhodnocování výrobních dat 85
5.5.1. Systematika výpočtu ukazatele OEE 86
5.5.2. Kategorizace sledovaných prostojů výrobního zařízení 88
5.6. Analýza produktivity výroby 90
5.7. Vyhodnocení provedených analýz 92
5.7.1. Vyhodnocení současného stavu výroby 92
5.7.2. Vyhodnocení koncepce výrobní linky 93
5.7.3. Vyhodnocení koncepce pracoviště balení, přebalování pružin 94
5.7.4. Vyhodnocení měření práce a tvorby norem spotřeby práce v podniku 96
5.7.5. Vyhodnocení sběru a práce s výrobními daty 99
6. NÁVRHY ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU 101
6.1. Návrh zavedení MOST 101
6.1.1. Použití Basic MOST pro balicí jednotky pracoviště PSA 101
6.1.2. Porovnání výsledků analýz měření metodami REFA a Basic MOST 106
6.1.3. Náklady a přínosy zavedení Basic MOST 107
6.2. Návrh zavedení MES 109
6.2.1. Implementace MES 110
6.2.2. Požadavek na obsluhu a sledování dat 112
6.2.3. Náklady a přínosy zavedení MES 114
6.3. Vývoj produktivity po aplikaci návrhů zlepšení 117
ZÁVĚR 118
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 121
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ 125
SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK 126
SEZNAM PŘÍLOH 129

ÚVOD

Dnešní svět a podmínky života v něm se neustále vyvíjí, stejně tomu tak je i v prostředí jednotlivých podniků. Vlivem neustálého zvyšování tlaku konkurenčního prostředí a individuálních požadavků zákazníků se podniky snaží stále více zvyšovat svůj inovační potenciál, aby na daném trhu uspěly. Svůj význam začínají stále častěji získávat metody a přístupy optimalizace výrobních procesů. Základním prvkem v této oblasti je aplikace metod štíhlé výroby. Zaváděním prvků štíhlé výroby si především management výrobních organizací slibuje zamezení zbytečných druhů plýtvání a zvyšování efektivity výrobních zařízení.

Mezi zaběhnuté metody štíhlé výroby mimo jiné patří způsoby pro analýzu a měření lidské práce v podobě předem určených časů. Stálé vyšší popularitu zaznamenává systém MOST. Při analyzování lidské práce je kromě objektivních náměrů také důležité vnímání jednotlivých pracovních činnosti, které mají vliv na organismus člověka a jeho pracovní výkonnost.

Ve výrobních procesech společnosti je rovněž důležité, aby byly odhalovány dílčí druhy plýtvání. Určitým druhem plýtvání jsou prostoje výrobních zařízení. V rámci určení efektivnosti zařízení včetně odhalení vzniklých prostojů se jako vhodný ukazatel jeví OEE. Tento ukazatel může v podniku sloužit jako velmi silný nástroj pro další růst výrobního potenciálu. Podnik by pak měl zajistit správnost sběru svých produkčních dat pro výpočet tohoto ukazatele.

Záměrem práce je, aby byla prakticky aplikována a její výsledky vedly ke skutečným úsporám a zlepšením ve vybrané firmě.

1. ŠTÍHLÝ PODNIK

Štíhlý podnik lze obecně charakterizovat jako podnik, který vytváří a provozuje soubor takových činností, jež po něm vyžaduje jeho zákazník. Dále pracuje na možné eliminaci činností, které se zákazníkovi nelíbí, případně přispívají ke snižování hodnoty výrobku. Lze tedy konstatovat, že snahou štíhlého podniku je vydělat více peněz, pružněji a při menším vynaložení úsilí. Nejedná se jen o snižování výrobních nákladů, ale také o zvyšování přidané hodnoty pro zákazníka. V podnikové praxi je štíhlý podnik ten, jenž se snaží redukovat možné iniciátory a vzniklé druhy plýtvání, přičemž tuto podnikovou etiku aplikuje do řad managementu i výrobních operátorů.

V rámci struktury plnění programu štíhlého podniku se jedná o štíhlou výrobu, štíhlou administrativu, štíhlou logistiku a štíhlý vývoj. Jednotlivé složky jsou dále provázány s managementem znalostí a rozvojem podnikové kultury. Nejedná se vždy totiž jen o to, jak rychle dokáže podnik zabezpečit materiálový tok výrobou. Rovněž je nutné vědět, jak je na tom podnik z hlediska získávání a následného používání informací. Zjednodušeně se dá říct, zdali podnik kromě obecných metodik a postupů dokáže sám zdokonalovat svůj štíhlý proces a rozšiřovat ho do dalších částí své kultury. V podniku to funguje obdobným způsobem jako mezi rodiči a dětmi. Děti také zdědí určité genetické vlastnosti po svých rodičích a dále už je to jen otázkou správné výchovy. Proto je i v podnikové kultuře důležité, aby manažeři správnou cestou dokázali nasměrovat optimální znalosti, vlastnosti a návyky svých podřízených. Kromě samotného rozvoje podnikové kultury by mělo docházet také k funkci kontrolní.

Pojem plýtvání neboli japonsky „muda", anglicky „waste", německy „Veschwendung" lze chápat jako činnosti, které nevytváří žádnou přidanou hodnotu. Doslovnou definici tohoto pojmu vysvětluje např. Košturiak jako *„plýtvání je všechno co zvyšuje náklady výrobku nebo služby bez toho, aby zvyšovalo jejich hodnotu."*[1]

[1] KOŠTURIAK, J., FROLÍK, Z. a kolektiv. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006, s. 17–21.

Obrázek č. 1 Štíhlý podnik

(Zdroj: Štíhlý podnik a jeho části. *Systemonline.cz* [online, citováno 24. ledna 2015]. Dostupné z: http://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/stihla-logistika.htm)

1.1. Štíhlá výroba

Historické počátky metodiky štíhlé výroby se datují k období po 2. světové válce, kdy ve firmě Toyota dochází k vývoji tzv. Toyota Production System (TPS). Vzhledem k poválečné krizi čelily japonské automobilky nízké poptávce, a jejich výroba byla tedy orientována na menší výrobní dávky. Lze hovořit i o testu japonských automobilek vůči konkurenci ze strany hromadně vyrábějících subjektů v Evropě a Spojených státech. Cílem Toyoty a jejího tehdejšího prezidenta Toyoda Kiichiro bylo především zvýšit svoji výrobní efektivitu v souladu se snahou redukovat způsoby plýtvání. Ve svých prvopočátcích nebyl TPS odpovídajícím způsobem podporován japonským průmyslem. Zlom ovšem nastal v roce 1973 s vygradováním ropné krize, kdy vzhledem k událostem na trhu začaly japonské firmy zaznamenávat větší pokles své produkce. Systém koncepce Toyoty, spočívající v neustálém odstraňování plýtvání, začal být zajímavý a zájem o jeho další implementaci byl poměrně vysoký. Za autory této metodiky jsou považováni Taiiči Óno a Šigeo Šingó.[2]

[2] ÓNO, T. *Toyota Production System*: *Beyond Large-Scale Production*. Oregon: Productivity Press, 1988, s. 17–19.

V současném pojetí je štíhlá výroba neboli lean manufacturing chápána jako soubor nástrojů, jenž systematicky identifikuje a potlačuje veškeré zdroje plýtvání za pomoci soustavného zlepšování výrobních procesů.

Mezi nejčastější zdroje plýtvání zpravidla patří:

- **Nadvýroba** – výroba dílu, který zákazník v daný moment nepotřebuje
- **Nadbytečná práce** – činnost prováděna mimo požadovanou specifikaci
- **Zbytečný pohyb** – pohyb nepřidávající hodnotu
- **Zásoby** – k dispozici je více zásob, než by bylo třeba
- **Čekání** – nejrůznější formy čekání, které brání plynulosti procesu
- **Opravování** – opravování dílů v důsledku špatné kvality
- **Doprava** – jedná se např. o manipulaci navíc
- **Nevyužité schopnosti pracovníku** – zpravidla označováno za největší zdroj plýtvání

Pro včasnou redukci nejrůznějších forem plýtvání je zapotřebí nejdříve samotné zdroje plýtvání najít a následně změřit.

2. METODY ŠTÍHLÉ VÝROBY

V rámci koncepce a účelu této diplomové práce je vhodné charakterizovat následující metody štíhlé výroby:

- Mapování hodnotového toku (VSM)
- 5S
- Vizuální management
- Kaizen
- TPM
- Ergonomie
- Analýza a měření práce
- MOST

2.1. Mapování hodnotového toku (VSM)

Pojem hodnotový tok je souhrn aktivit, které musí podnik zabezpečit pro navržení, objednání, vyrobení a dodání jednotlivých výrobků nebo služeb svým zákazníkům.

Hodnotový tok se skládá ze tří základních částí:

1) Zabezpečení toku materiálu od dodavatelů k zákazníkům
2) Zabezpečení přeměny vstupní suroviny na hotové výrobky či zboží
3) Zabezpečení toku informací pro tok materiálu od dodavatelů až k zákazníkům a zároveň přeměny vstupní suroviny na hotové výrobky či zboží.[3]

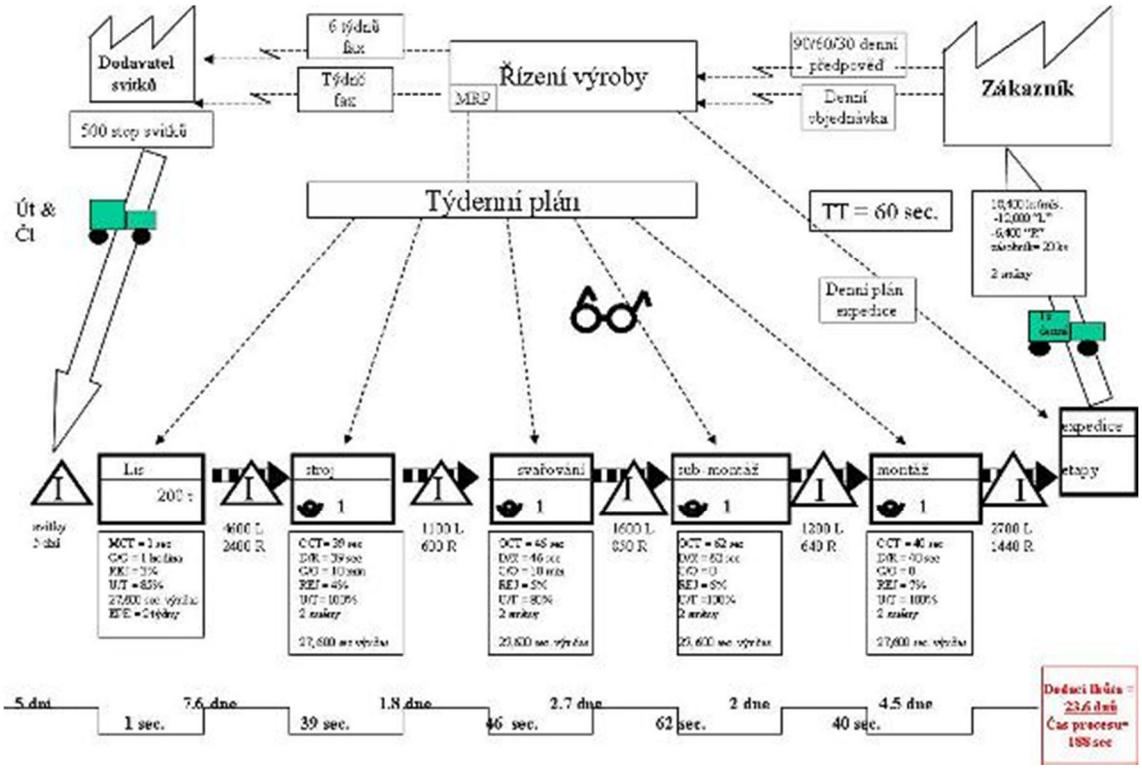
Mapa hodnotového toku VSM (Value Stream Mapping) je metoda, která prostřednictvím analýzy, grafického zobrazení a měření zjišťuje způsoby plýtvání v celém podniku. Metoda kromě výrobní oblasti nabízí také možnost využití např. v logistice nebo vývoji.[4]

[3] MacINNES, L. Richard. *Štíhlý podnik: Memory Jogger ™*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006, s. 15.
[4] KOŠTURIAK, J., FROLÍK, Z. a kolektiv. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006, s. 23–24.

Princip metody tedy spočívá v grafickém vyobrazení současného stavu včetně plýtvání podniku s cílem navrhnout takový budoucí stav, při němž by bylo plýtvání odstraněno. Mapování hodnotového toku je vhodné použít pro analýzu stávajícího výrobního procesu, při zavádění nových výrobních procesů či nového výrobku, změně produktového mixu, výroby s dostatečnou opakovatelností a rovnoměrností, popř. analýzu nevýrobních procesů.

Výstupem použití metody je:

- VA (Value Added) index – dává informaci o zatíženosti výroby plýtváním
- Analýza velikosti a rozpracovanosti výroby
- Procesní časy[5]



Obrázek č. 2 Mapa hodnotového toku

(Zdroj: 1. Diagnostická fáze. *Leancompany.cz* [online, citováno 24. ledna 2015]. Dostupné z: http://www.leancompany.cz/diagnostika.html)

[5] Co je VSM? *E-api.cz* [online, citováno 27. ledna 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/68395.vsm/

2.2. 5S

Jedná se o základní prvek štíhlého podniku. Štíhlým pracovištěm se rozumí takové pracoviště, na němž se nachází pouze ty předměty, které jsou pro vykonání dané výrobní činnosti potřebné a nacházejí se na příslušných místech. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, účelem „štíhlosti" je snižovat výrobní náklady a naopak zvyšovat přidanou hodnotu pro zákazníka. Rovněž při koncepci 5S je vhodné používat jen takové předměty, jež přidanou hodnotu pro zákazníka generují.

Vytváření štíhlého pracoviště prostřednictvím 5S vede zejména k redukci plýtvání, zefektivnění materiálových toků, umístění materiálu a zásob, zvýšení pořádku a čistoty na pracovištích, lepší prezentaci firemní kultury či snižování prostojů kvůli neustálému hledání předmětů často umístěných i na jiných pracovištích.

Implementace 5S do podniku se provádí následujícím způsobem:

a) **Seiri – separovat**

Cílem tohoto bodu je:

- Ponechat na pracovišti jen ty předměty, které tam musí být
- Předměty, které mohou být odstraněny, přesunout jinam
- Předměty, které se musí odstranit, odebrat

Pro třídění jednotlivých předmětů používáme klasifikace podle Portera:

- Předměty denně používané
- Předměty týdně anebo měsíčně používané
- Předměty používané sporadicky

b) **Seiton – systematizovat**

Cílem systematizování je najít pevné místo předmětům, které prošly tříděním v předchozím bodě. Každý předmět musí být uspořádán tak, aby byl snadno k dispozici, použití a šel bez problémů vrátit na své místo.

c) **Seiso – čistit**

Cílem je stanovit oblasti, jež je potřeba na pracovišti čistit. Principem tohoto bude je potřeba stanovit:

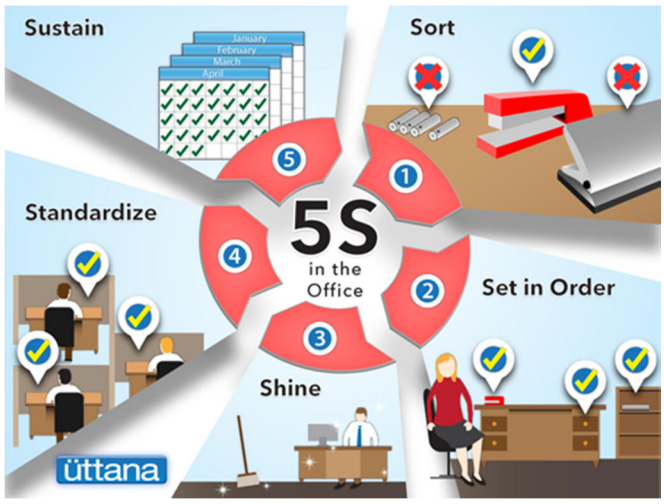
- Co všechno je třeba čistit?
- Kdo bude čištění realizovat?
- Kdy a jak často se bude čistění realizovat?
- Co vše bude k samotnému čištění potřeba?[6]

d) **Seiketsu – standardizovat**

Cílem je vytvořit a nastavit standard pracoviště, který povede především k dodržování předchozích tří pilířů separování, systematizování, čištění.

e) **Shitsuke – sebedisciplinovanost**

Cílem je zautomatizování nastaveného standardu tak, aby na pracovišti byl pořádek, byla dodržována přesnost a preciznost při udržování stanovených procedur.[7]



Obrázek č. 3 Fáze implementace 5S

(Zdroj: The 5S Process: 12 Visualizations That Explain It Best. *Cisco-eagle.com* [online, citováno 26. ledna 2015]. Dostupné z: http://www.cisco-eagle.com/blog/2013/11/05/the-5s-process-visualization/)

[6] Metoda 5S je základním elementem každého štíhlého systému. *E-api.cz* [online, citováno 27. ledna 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/68391.5s/

[7] HIRANO, H. 5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace. New York: Productivity Press, 1996, s.15–16.

2.3. Vizuální management

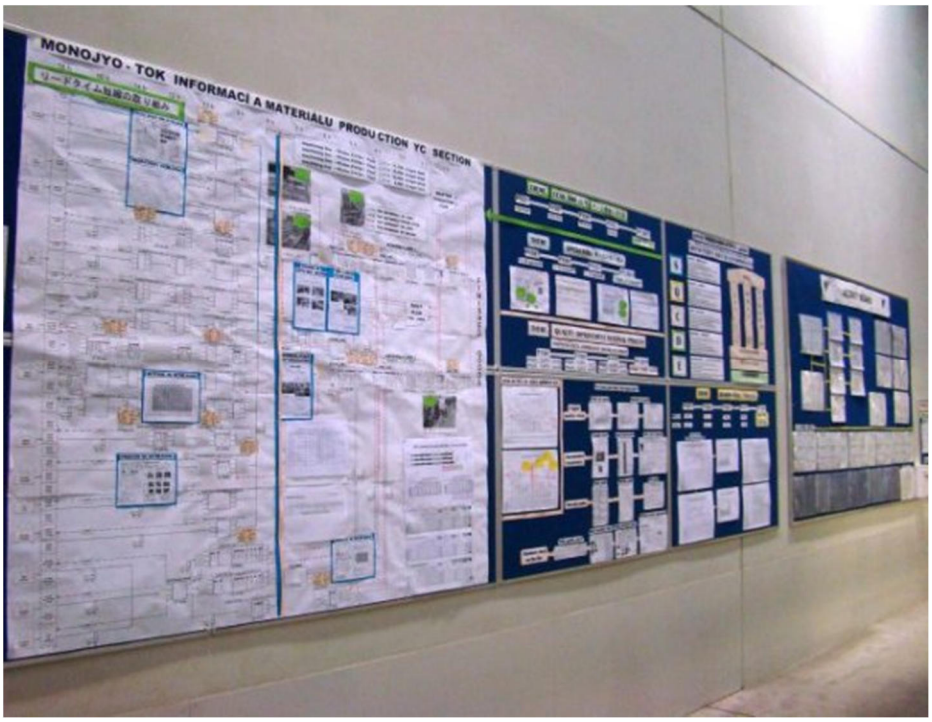
Princip metody spočívá v určité návaznosti na štíhlé pracoviště a zároveň může být součástí dalších (štíhlých) podnikových procesů. Jedná se znázornění metod, součástek, výrobních činností a naměřených výsledků takovým způsobem, aby bylo za daných okolností možné pochopit příslušný stav. V praxi se jedná o vizuální tabule používající nejrůznějších barevných značení, sledujících např. stav výroby, prezentaci důležitého podnikového sdělení či grafy.[8]

Hlavní přínos vizuálního managementu je následující:

- Přenosu požadavků organizace pomocí vizuálních prostředků, které dříve nebyly dostatečně chápány a reflektovány – podnik touto cestou může alokovat své mise, vize a cíle.
- Vizualizaci aktuálních událostí, problémů v podniku a možnost zobrazit jejich patřičnou vážnost
- Přispívat k zlepšování bezpečnosti na pracovišti
- Vytvářet konkurenční výhodu

K nejpoužívanějším vizuálním technikám patří barevné kódování, obrázková dokumentace, grafy, kanbanové karty, vizualizace prostřednictvím barevných čar, nástěnky a informační tabule, barevně vyznačené abnormality, checklisty.[9]

[8] LEAN slovník. *Leancompany.cz* [online, citováno 28. ledna 2015]. Dostupné z: http://leancompany.cz/leanslovnik.html
[9] BAUER, M. a kolektiv. *KAIZEN: Cesta ke štíhlé a flexibilní výrobě.* Brno: BizBooks, 2012, s. 43–45.



Obrázek č. 4 Vizualizační nástěnka aktivit výrobní sekce

(Zdroj: Vizualizované pracoviště v praxi při výrobě kompresorů do klimatizací. *E-api.cz* [online, citováno 29. ledna 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/70730.vizualizovane-pracoviste-v-praxi-pri-vyrobe-kompresoru-do-klimatizaci/)

2.4. Kaizen

Název metodiky Kaizen lze volně přeložit jako „kai“ - změna a „zen“ – dobrý, může tedy hovořit o změně k lepšímu. Zároveň slovo Kaizen je jedním z nejpoužívanějších slov v japonském jazyce. Principiálně se jedná o systém kontinuálního zlepšování, do něhož jsou zapojeny všechny organizační vrstvy pracovníků, od manažerů až po dělníky. Je to způsob myšlení a filozofie, která vede lidi k neustálému zlepšování, a to jak v pracovním, tak soukromém životě.

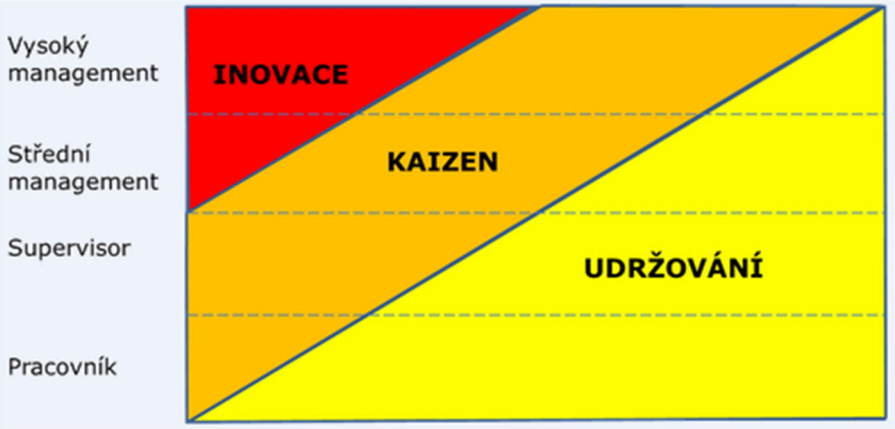
„Vždy, když něco uděláš, jednej rozumně a mysli na konec. Včerejší vítězství jsou méně důležitá než zítřejší plány. Neúspěch je šance udělat to příště líp.”[10]

[10] KOŠTURIAK, J. a kolektiv. *Kaizen: Osvědčená praxe českých a slovenských podniků.* Brno: Computer Press, 2010, s. 3.

Kaizen a jeho základní principy jsou:

- Zapojení do systému kontinuálního zlepšování všech pracovníků, kteří jsou jakkoliv spojení s aktuálně zlepšovaným procesem. Pracovníkům se naskýtá možnost vlastní seberealizace a celkově dochází k zvyšování úrovně podnikové kultury. Zapojení pracovníků by nemělo být vynucováno silou, ale mělo by fungovat na bázi vlastní iniciativy, kdy zaměstnanec sám vycítí možnost rozšiřování své důležitosti ve firmě.
- Až 99 % problémů výroby management firmy prakticky nezná, přičemž 60 až 70 % těchto problémů se dá vyřešit bez sebemenších investic. Je nutné využívat lokálních zkušeností pracovníků, kteří ve výrobě pracují a problematiku ovládají po praktické stránce.
- Pro realizaci změn využívat spíše potenciálu vlastních lidí, než např. vyhledávat spolupráci s externími subjekty. Poradenské firmy neznají tak dobře výrobní proces, musí se s ním nejdříve seznámit, což je spojeno s nemalými finančními náklady. Vlastní personál není potřeba s procesem seznamovat, neboť ho zná nejlépe. Navíc náklady ušetřené z nevyužití poradenské firmy je možné použít pro odměny vlastních pracovníků
- Lidé by neměli být vedeni jen k plnění výkonnostních norem, dodržování pracovních a kontrolních postupů, udržování pořádků a dodržování souladu bezpečnosti práce na pracovišti, ale měli by být také motivováni k vlastní seberealizaci, která participuje na zvyšování úrovně podnikových procesů.
- Kaizen by lidé měli chápat jako filozofii o potřebě zlepšování současného stavu.[11]

[11] KOŠTURIAK, J. a kolektiv. *Kaizen: Osvědčená praxe českých a slovenských podniků.* Brno: Computer Press, 2010, s. 3–4.



Obrázek č. 5 Absorpce Kaizenu v jednotlivých vrstvách podniku

(Zdroj: Kaizen. *Svetproduktivity.cz* [online, citováno 31. ledna 2015]. Dostupné z: http://www.svetproduktivity.cz/slovnik/Kaizen.htm)

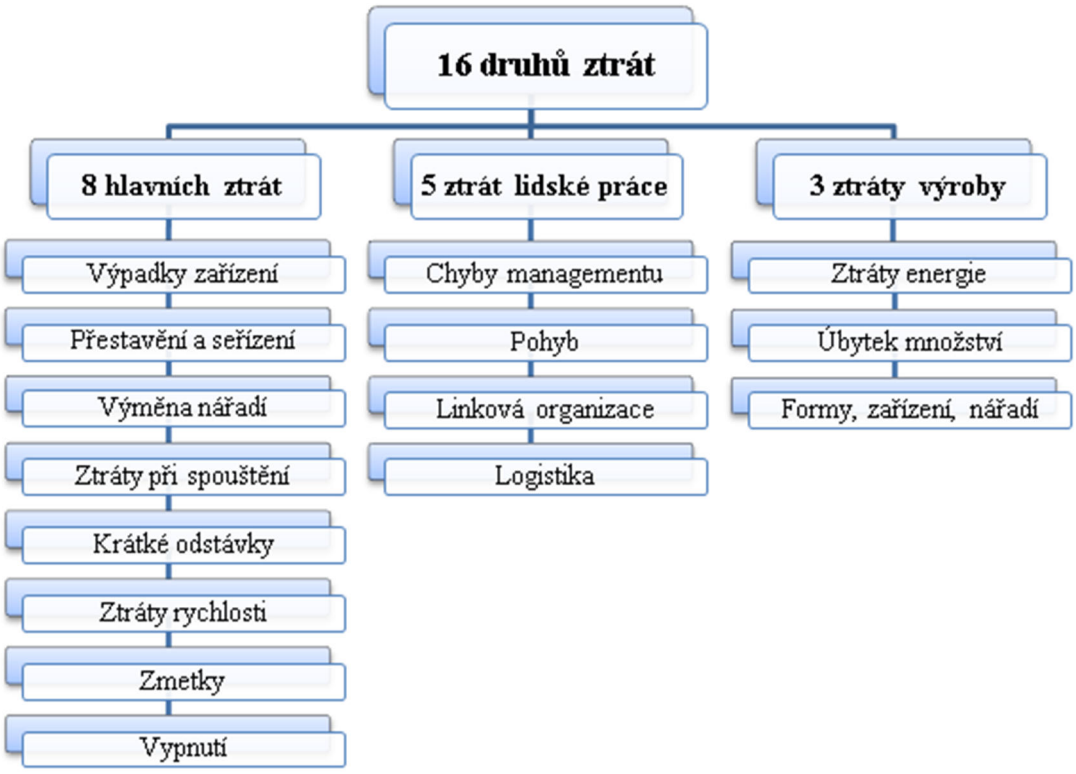
2.5. TPM

TPM neboli Total Productive Maintenance se do češtiny překládá jako Totálně produktivní údržba. Smyslem produktivity je míra efektivní přeměny vstupů na jejich výstupy. V případě oblasti údržby je cílem dosahovat vyšší produktivity v podniku za účasti zaměstnanců. V literatuře se o této filozofii často píše jako o tzv. pravidlu produktivní údržby.

Pokud hovoříme o oblasti údržby, tedy oblasti, jež se stará a spravuje stroje a zařízení, je nutno nejprve identifikovat výrobní ztráty, které ovlivňují technické zázemí podniku. Podle Mašína a Vytlačila *„ztráty znamenají, že na stroji vyrobíme méně výrobků, než by bylo možné."*[12]

Ztráty ve výrobě vznikají jak v důsledku technických příčin, tak v důsledku lidského faktoru. Hlavním smyslem údržby je snižovat či úplně eliminovat ztráty, které vznikají právě důsledkem technických příčin strojů a zařízení. Z hlediska eliminace těchto prostojů je na místě nejprve tyto ztráty analyzovat a roztřídit.

[12] MAŠÍN, I. a VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě: Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, s. 185.



Obrázek č. 6 Druhy ztrát

(Zdroj: BAUER, M. a kolektiv. *KAIZEN: Cesta ke štíhlé a flexibilní výrobě.* Brno: BizBooks, 2012, s. 61.)

Záměrem TPM jako metody je dosahování tří základních cílů, které vedou ke zvyšování produktivity:

1) Cíl nulových neplánovaných prostojů
2) Cíl nulových ztrát v rychlosti výrobních zařízení
3) Cíl nulového množství neshodných dílů

TPM není jen otázkou oddělení údržby a jejich údržbářských činností, nýbrž se týká všech pracovníků podniku jako součásti podnikové kultury. Ke správné funkci metody je zapotřebí dostatečná podporu managementu, chápání metod jako týmové hry a jako běžné součásti denní práce.[13]

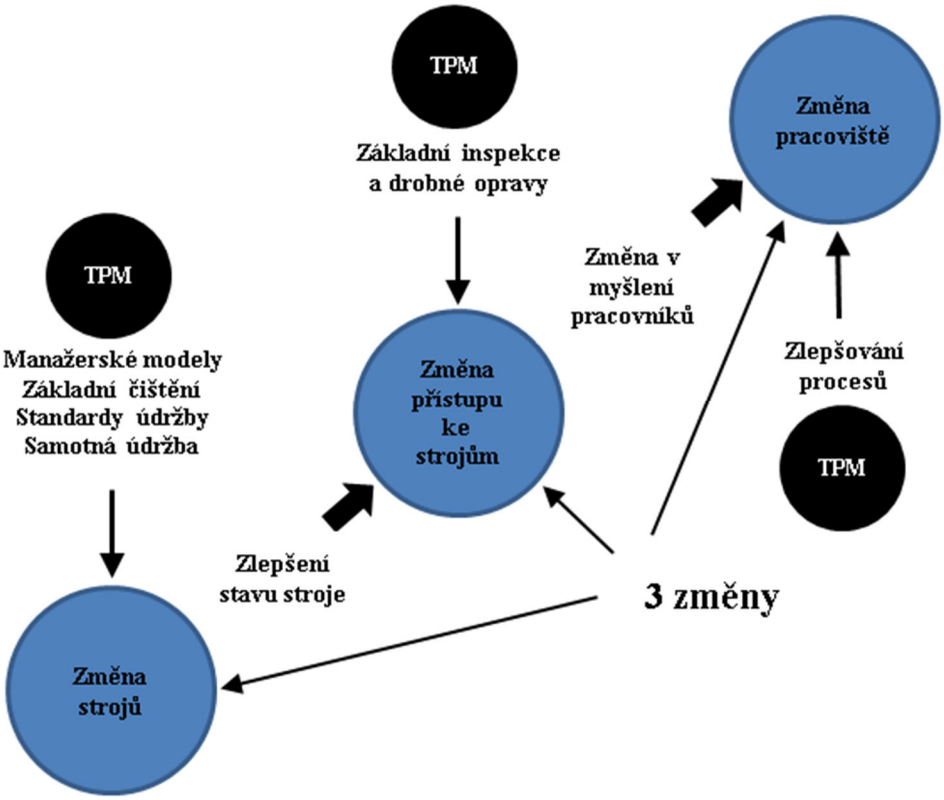
[13] TPM. *E-api.cz (Total Productive Maintenance)* [online, citováno 31. ledna 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/article/70766.tpm-total-productive-maintenance-/

V podnicích, kde Totálně produktivní údržba není zavedena, často funguje běžný systém provozu tak, že obsluha řeší problémy strojů a zařízení až v momentě výskytu patřičného defektu. Do jisté míry je to zapříčiněno myšlenkou, že obsluha odpovídá jen za chod stroje, případně kontrolu kvality výrobků. Operátor ve výrobním provozu většinou nepředpokládá jako součást pracovní náplně řešení a zjišťování potenciálních výpadků stroje. Podobný systém funguje i na úrovni údržby, kde údržbář svou činnost vidí jako opravování vzniklých poruch. Neřeší zmetky, vícepráce, popř. činnosti vedoucí k snižování produktivity.

V podnicích, kde je Totálně produktivní údržba zavedena, by měl fungovat tzv. systém člověk – stroj. Jinými slovy řečeno, jak vhodně zapadá lidská práce do fungování stroje. Aby bylo možné tento systém aplikovat, je nezbytné vytvořit a znát ideální podmínky pro bezproblémový a co nejproduktivnější chod stroje (znalost technické stránky stroje, znalost náhradních dílů a dalších faktorů). Z pohledu stroje to znamená dostat se do fáze, ve které dosahuje maximálního výkonu, dále včasně řešit všechny problémy, jež se vyskytují, a samozřejmě stroj neustále vylepšovat. Všechny uvedené aspekty je možné dodržet jen pomocí optimálního přístupu operátorů, údržbářů, technickohospodářských a dalších v oblasti zainteresovaných pracovníků. Potenciální problém je tedy zapotřebí řešit s předstihem a efektivně a v případě nutnosti změny pracoviště realizovat nezbytné kroky. Idea tvorby změn se nejčastěji týká tří následujících oblastí:

1) Oblast prostojů a myšlení
2) Oblast strojů a zařízení
3) Oblast změn samotného pracoviště[14]

[14] MAŠÍN, I. a VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě: Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, s. 189–192.



Obrázek č. 7 Změny na pracovišti

(Zdroj: MAŠÍN, I. a VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě: Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, s. 192.)

2.5.1. Základní principy TPM

Pro správnou funkci TPM v podniku, tzn. soulad fungování člověka a stroje za ideálních podmínek, je důležitá funkce a vyváženost následujících kroků:

- Maximalizace efektivnosti strojního zázemí
- Celopodnikový TPM systém, který bude fungovat na bázi preventivní, produktivní údržby se snahou neustálého zlepšování stavu strojů a zařízení
- Spoluúčast na řízení TPM obsluhy, údržby, konstruktérů, technologů, procesních inženýrů a dalších pracovníků podniku
- Účast všech pracovníků od manažerů po řádové dělníky
- Vytváření aktivních výrobních týmů[15]

[15] MAŠÍN, I. a VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě: Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, s. 193–194.

Obrázek č. 8 Pět bloků TPM

(Zdroj: MAŠÍN, I. a VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě: Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, s. 194.)

2.5.2. Celková efektivnost zařízení

Celková efektivnost zařízení, ve zkratce označovaná jako CEZ, slouží k určení stupně využití daného výrobního zařízení v podniku. V anglické terminologii bývá tento ukazatel označován jako OEE (Overall Equipment Effectiveness). Kromě určení míry využití strojů a zařízení je možné získat detailnější představu o konkrétních výrobních ztrátách. Jednotlivé faktory, ovlivňující stupeň využití, jsou následující:

- Míra využití (dostupnost)
- Míra výkonu (výkon)
- Míra kvality

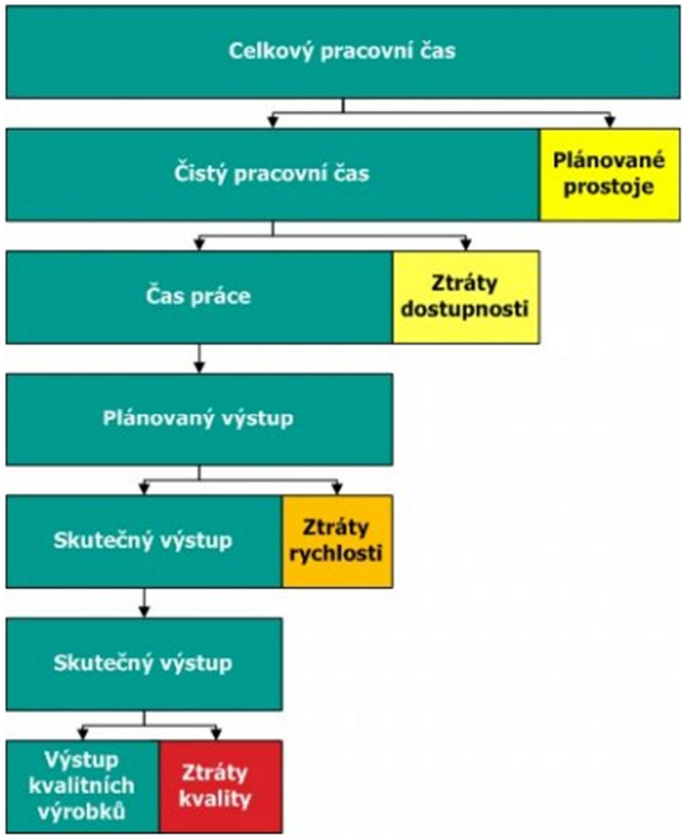
$$\text{Míra využití} = \frac{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prostoje}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení}}$$

$$\text{Míra výkonu} = \frac{\text{počet vyrobených kusů x ideální cyklus (takt)}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prostoje}}$$

$$\text{Míra kvality} = \frac{\text{počet vyrobených kusů} - (\text{zmetky} + \text{vícepráce})}{\text{počet vyrobených kusů}}$$

Celkovou efektivnost zařízení je možné dále spočítat následujícím způsobem:

CEZ = míra využití x míra výkonu x míra kvality



Obrázek č. 9 Výpočet CEZ a vliv ztrát

(Zdroj: OEE – Overall Equipment Effectiveness z anglického překladu. *E-api.cz* [online, citováno 1. února 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/68415.ukazatel-oee/)

Podle výsledků a tvrzení např. japonských firem obecně platí, že při hodnotě využití více jak 85 % OEE disponuje podnik kvalitní a efektivní výrobní základnou.[16]

[16] JUROVÁ, M. a kolektiv. *Výrobní procesy řízené logistikou.* Brno: BizBooks, 2013, s. 134–135.

2.6. Ergonomie

Název ergonomie vznikl spojením dvou řeckých slov „ergon" a „nomos". V překladu je význam těchto slov brán jako „práce" a „věda". Volně řečeno je ergonomie vědou o práci. Ergonomie svou podstatou řeší optimální vazby mezi člověkem, pracovním prostředím a pracovními prostředky.[17]

„Člověk se vždy snažil přizpůsobit pracovní nástroje a stroje svým fyzickým, senzorickým a mentálním způsobilostem."[18]

Ergonomii lze rovněž chápat jako interdisciplinární vědní obor, který vznikl spojením biologických, humanitních, technických a ekonomických disciplín.

Mezi cíle ergonomie patří:

- Nastavit technické a organizační podmínky pro efektivní lidskou práci
- Určit úroveň pracovní zátěže a v případě její nepřiměřenosti upravit pracovní postupy a režimy, aby došlo k jejímu snížení
- Eliminování možných zdravotních ohrožení člověka
- Skladbu pracovního prostředí a jednotlivých předmětů sladit tak, aby svým tvarem a funkčností co nejvíce odpovídaly rozměrům lidského těla, dále kapacitě fyzického, mentálního a psychického výkonu člověka při práci

Aplikací poznatků ergonomie také dochází k vyváženější ekonomické efektivnosti, tedy snižování pracovní námahy člověka v souladu se zvýšeným jeho pracovního výkonu.[19]

[17] LORKO, M. a JAMBRICHOVÁ, Z. *Ergonómia.* Prešov: TU Košice, 1998, s. 122.
[18] MATOUŠEK, O. Ergonomická kritéria a parametry v hodnocení strojních zařízení. *Inovace*, č. 4, 2000, s. 10.
[19] Ergonomie. *Svetproduktivity.cz* [online, citováno 11. února 2015]. Dostupné z: http://www.svetproduktivity.cz/slovnik/Ergonomie.htm

2.7. Analýza a měření práce

Základní veličinou v oblasti analýzy a měření práce je čas, respektive kvantifikace času pro určitou vykonanou práci. Určení přesného množství času pro určitý výrobní úkol je velmi důležité, neboť tvoří návaznost na výši vynaložených nákladů lidské práce. Obecně lze konstatovat, že měření práce je soubor nástrojů a metod, pomocí kterých lze zvyšovat produktivitu a následně snižovat výrobní náklady. Je to také jedna ze základních metod průmyslového inženýrství, jejímž výstupem jsou normy spotřeby času konkrétních výrobních operací.[20]

Obrázek č. 10 Analýza a měření práce

(Zdroj: Analýza a měření práce. *Svetproduktivity.cz* [online, citováno 12. února 2015]. Dostupné z http://www.svetproduktivity.cz/slovnik/Analyza-a-mereni-prace.htm)

Účelem analýzy a měření práce je tedy především zvyšování produktivity, stanovení časových norem, zkvalitňování bezpečnosti práce na pracovištích, nalezení možných způsobů neefektivnosti a plýtvání, vytvoření objektivních ukazatelů pro plánování výrobních kapacit, vytvoření relevantních podkladů pro výkonnostní odměňování

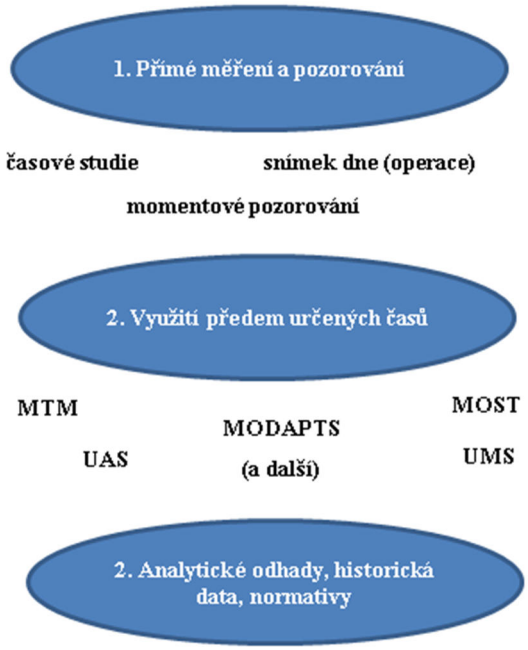
[20] MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M., STAŇEK, M. *Podnik světové třídy: Geneze produktivity a kvality.* Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1997, s. 97–98.

pracovníků. Další nespornou výhodou je, že práci lze měřit v podstatě v jakékoliv oblasti.[21]

Z hlediska měření práce je velmi důležitá úroveň přesnosti a pracnosti použitého postupu měření. Z historického hlediska se jedná o následující metody:

- Hrubé odhady
- Kvalifikované odhady
- Práce s historickými údaji
- Metoda přímého měření a pozorování
- Normování pomocí předem určených časů[22]

V dnešní době se v oblasti průmyslového inženýrství používají zejména poslední dvě zmíněné metody.



Obrázek č. 11 Techniky měření práce

(Zdroj: MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M., STAŇEK, M. *Podnik světové třídy: Geneze produktivity a kvality.* Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1997, s. 97.)

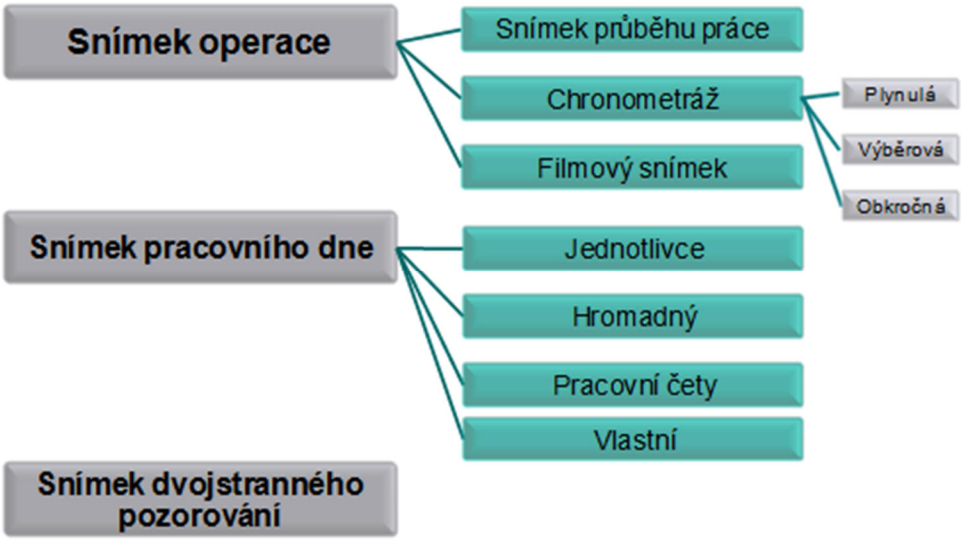
[21] Analýza a měření práce. *E-api.cz* [online, citováno 12. února 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/68397.analyza-a-mereni-prace/

[22] MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M., STAŇEK, M. *Podnik světové třídy: Geneze produktivity a kvality.* Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1997, s. 98.

2.7.1. Metody přímého měření

Provádí se prostřednictvím časoměrného přístroje, jako jsou např. stopky nebo měřící prkno. Metoda přímého měření času se dále rozděluje na kontinuální časovou studii a momentové pozorování.

Kontinuální časová studie – je prováděna za předpokladu soustavného a pravidelného měření, snímkování práce. Výstupem měření je pak pracovní snímek nebo časová studie. Dílčí techniky kontinuální časové studie blíže specifikuje obrázek č. 12.

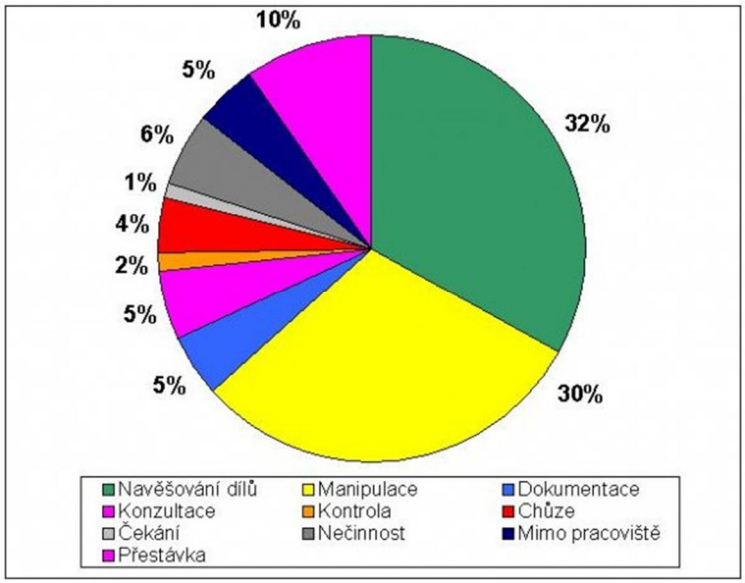


Obrázek č. 12 Časové studie

(Zdroj: Analýza a měření práce. *E-api.cz* [online, citováno 12. února 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/68397.analyza-a-mereni-prace/)

- **Snímek pracovní operace** – zabývá se časovou studií pracovní operace nebo cyklu.
- **Snímek pracovního dne** – zpravidla se jedná o komplexnější snímek pracovní směny, měřený v souladu organizace pracoviště a příslušných ztrát, vznikajících v průběhu pracovní doby. Rovnost snímku pracovní operace se snímkem pracovní doby může nastat v případě, že operátor provádí celý časový fond pracovní směny jen jednu operaci. Postup při vytváření snímku pracovního dne

probíhá pomocí určitých standardizovaných pravidel. Proto je nejprve nutné vybrat optimálního pracovníka, se kterým bude snímek realizován. Dále by se pozorovatel měl seznámit s příslušným pracovištěm, vymezit sledované děje a stanovit potřebný počet snímků. Po těchto úvodních krocích dochází k samotnému měření a v závěrečné fázi také k vyhodnocení naměřeného snímku.



Obrázek č. 13 Ukázka snímku pracovního dne

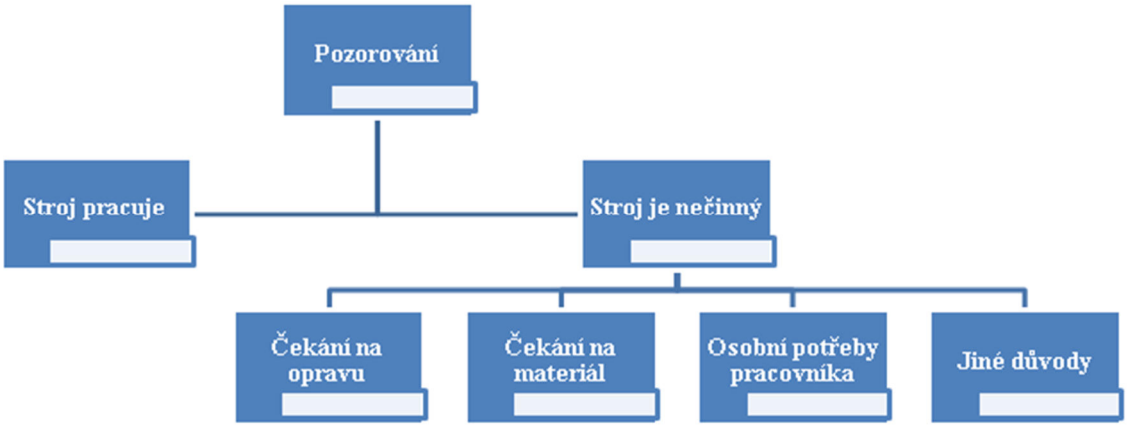
(Zdroj: Časové studie – nástroj průmyslového inženýrství. *E-api.cz* [online, citováno 12. února 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/article/68428.casove-studie-8211-nastroj-prumysloveho-inzenyrstvi/)

- **Chronometráž** – lze aplikovat v místech, kde se pracovní operace neustále opakují.
  a) Plynulá chronometráž – používá se ve velkosériové či hromadné výrobě. Skladbu neustále se opakujících úkolů pozorovatel bezpečně zná a tyto úkoly nepřetržitě musí sledovat a vyhodnocovat.
  b) Výběrová chronometráž – u této techniky se pozorovatel nezabývá kompletní operací, ale jen některými úkony. Vzhledem ke znalosti pravidelně opakujících se činností si vybere jen začátek a konec měřené operace.

c) Obkročná chronometráž – nepoužívá se příliš často. Pozorovatel si vybere krátké části výrobní operace a ty pak sestaví jako jeden pracovní úkon.

- **Snímek dvojstranného pozorování** – pozorovatel kombinuje naměřené časové hodnoty s možnými údaji v technologickém postupu.[23]

Momentové (momentkové) pozorování – metoda zjišťování počtu výskytu pozorovaných jevů v průběhu pracovního děje. Metoda je založená na zjišťování počtu výskytu pozorovaných jevů v souladu teorie pravděpodobnosti a náhodného výběru. Pozorovatel tedy náhodně vybírá určitý moment v průběhu pracovního děje a tím se dále zabývá. Obecně je ovšem nezbytné získat kompletní přehled o produktivním a neproduktivním čase výrobního zařízení. Tedy zařízení pozorovat v delším časovém horizontu a v případě prostoje identifikovat skutečný důvod. Poté dochází k nepravidelným obchůzkám pozorovatele s cílem zjištění aktuálního stavu zařízení. V případě, že se stav zařízení nachází v prostoji, je nutné evidovat důvod tohoto prostoje. Po určité době momentkového pozorování je možné konstatovat, že pozorované stavy odpovídají stavům skutečným.[24]



Obrázek č. 14 Momentkové pozorování

(Zdroj: Vlastní tvorba podle: Momentkové pozorovanie. *Ipaslovakia.sk* [online, citováno 17. února 2015]. Dostupné z: http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovnik/momentkove-pozorovanie)

[23] Analýza a meranie práce. *Ipaslovakia.sk* [online, citováno 12. února 2015]. Dostupné z: http://www.ipaslovakia.sk/cz/ipa-slovnik/casove-studie
[24] Momentkové pozorovanie. *Ipaslovakia.sk* [online, citováno 12. února 2015]. Dostupné z: http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovnik/momentkove-pozorovanie

2.7.2. Metody předem určených časů

Neboli nepřímé měření spotřeby času se opírá o sestavení optimálního pohybového vzorce potřebného pro vykonání pracovního úkonu. V praxi se jedná o přiřazení základním pohybům předem určené časy, které byly stanoveny na základě rozsáhlých měření. Základními pohyby se rozumí takové pohyby, jež člověk při svém pracovním výkonu neustále opakuje a to bez ohledu na to, jakou činnost právě vykonává (např. uchopit, tlačit, oddělit). Jedním z prapůvodních průkopníků této metody byl americký strojní inženýr Frederick Winslow Taylor. Jeho snahou bylo rozdělit pracovní operaci na jednotlivé pohybové segmenty a následně u nich analyzovat, zda se mohou opakovat i v jiných výrobních úkolech. Dalším zastáncem rozložení lidské práce do základních pohybů byl Američan Frank Bunker Gilbreth, který v důsledku tlaku pro neustálé zvyšování produktivity stanovil metodiku o 17 základních pohybech. Gilbreth navázal na teorii a postupy Taylora a snažil se o vytvoření systému pro zvládnutí určitého výrobního úkonu s co nejmenším počtem pohybů. Počet 17 základních pohybů byl posléze zredukován na 10 a znám pod názvem MTM (Methods Time Measurement). Autorem inovace a následného zavedení metody byl průmyslový inženýr Elisha B. Maynard, který se zasloužil o kombinaci časových a pohybových studií. Tímto spojením vznikly systémy přiřazující základním pohybům již zmíněné předem stanovené časy. Tyto časy jsou pak dále také závislé i na podmínkách, ve kterých jsou pohyby prováděny. Jako základní časová jednotka se zde objevuje TMU (Time Measurement Unit), jejíž hodnota představuje 1/100 000 hodiny, tedy 1 TMU = 0,036 sekundy a 1 sekunda = 27,8 TMU. MTM lze aplikovat jak do malosériové, tak do velkosériové výroby. Dalšími nespornými výhody aplikace MTM jsou informace o pohybech, které omezují jiné důležitější pohyby, informace o možnosti zkombinování některých pohybů, eliminace zbytečných pohybů, vytvoření objektivních norem pro hodnocení pracovníků, snadné nalezení produktivního pracoviště.

Mezi 10 základních pohybů patří:

1) Sáhnout
2) Uchopit
3) Přemístit
4) Obrátit

5) Tlačit
6) Umístit
7) Pustit
8) Oddělit
9) Točit
10) Pohyby těla

Kromě MTM byly vyvinuty i jiné metody:

- MEK – systém pro malosériovou výrobu
- UMS (Universal Maintenance Standards) – univerzální údržbářské normy
- USD (Unifield Standard Data) – sjednocená standardizovaná data pracující s cykly v delším časovém horizontu
- UAS (Universelles Analysier Systém) – systém určený výhradně pro sériovou výrobu, částečně vycházející z MTM. Doslova se jedná o univerzální rozborový systém s dostačující přesností a určení pro malý počet dat
- MOST (Maynard Operation Sequence Technique) – metoda, jejíž pomocí lze lidskou práci popsat univerzálními sekvenčními modely. Výhodou je rychlý rozbor pracovních činnosti a použití předdefinovaných indexů.

Obecně platí, že není nezbytné při využití některé z metod předem určených časů subjektivně hodnotit příslušný výkonnostní stupeň pracovníka. Základní pohyby totiž odrážejí průměrný výkon pracovníka, tedy výkonnostní stupeň odpovídající 100 %. Metody také nabízí možnost tvorby norem pro operace, které ještě ani nebyly procesně uvolněny a jejich zavedení se teprve plánuje.[25]

2.8. MOST

Systém pro analýzu a měření práce, založený na hodnotách MTM, tedy využití metody předem určených časů. Prvopočátky vývoje se datují k roku 1967, kdy byl nejprve vytvořen koncept systému, dále v roce 1972 došlo k představení modifikace pod

[25] MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M., STAŇEK, M. *Podnik světové třídy: Geneze produktivity a kvality*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1997, s. 99–102.

názvem Basic MOST ve Švédsku. V roce 1974 byl systém uveden v USA a v průběhu sedmdesátých let nachází Basic MOST uplatnění v různých formách průmyslových výrob. Původní koncepce Basic MOST je postupně rozšířena o další části systematiky a to Mini MOST a Maxi MOST. Expanzi v celé své podobě MOST zažívá v roce 1980. Za duchovního otce metody je považován Kjell B. Zandin z firmy Maynard Corporation.[26]

Obecně se při použití systematiky předem určených časů řeší aspekty jako konkrétní druh pohybu, manipulační vzdálenosti, hmotnost držených předmětů atd. Může tedy nastat situace, že na první pohled stejné pohyby se budou v závislosti na atypických pracovních podmínkách lišit. Výsledná diference se u metod jako MTM řešila průměrováním jednotlivých pohybů. MOST je v tomto ohledu ještě sofistikovanějším řešením, neboť do jisté míry používá statistických principů. Je to metoda, v níž je možné skloubit efektivní náměry pracovní operace při zachování vysoké úrovně přesnosti měření.

Cílem MOST především je:

- Získat objektivní čas potřebný pro vykonání práce
- Být produktivnější než jiné metody předem určených časů
- Zachovat podíl vysoké úrovně přesnosti měření
- Zachovat shodnost výsledků měření mezi analytiky[27]

2.8.1. Koncepce a rodina metody MOST

Při vyslovení pojmu „práce" si lidé často představují vynaložení energie k dosažení určitého cíle či jinou aktivitu. Z fyzikálního hlediska je práce výsledkem násobku síly a času (W = f x d), jinak řečeno přemístění hmoty, popř. předmětu. Z pohledu běžného denního života může prací být např. zapnutí televize, zavření dveří, zvednutí předmětu ze země. Všechny uvedené příklady mají vždy něco společného a tím je přemisťování předmětů. Hlavní smysl spočívá v organizaci základních složek práce tak, aby pouhým

[26] ZANDIN, B. Kjell. *MOST: Work Measurement Systems*. New York: Marcel Dekker, Inc., 2003, s. 4.
[27] MOST – Maynard Operation Sequence Technique. *Ipaczech.cz* [online, citováno 22. února 2015]. Dostupné z: http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovnik/most-maynard-operation-sequence-technique

pohybem bylo dosaženo příslušného výsledku. MOST je tedy systémem měření práce, jenž se věnuje pohybu předmětů.

Efektivní, plynulé a produktivní práce dosahujeme za předpokladu, že jsou základní pohybové vzorce dobře a plynule uspořádány. Jak již bylo v předchozích kapitolách uvedeno, pohyb předmětů provází stále se opakující pohybové vzorce jako např. natažení se pro předmět, uchopení předmětu, jeho posunutí nebo umístění. Tento koncept položil základy tzv. MOST sekvenčním modelům. Primární jednotky práce již nejsou jen základními pohyby jako u MTM, nýbrž jde o soubory základních pohybů, které specifikují přesouvání předmětů z místa na místo. Jinými slovy řečeno, k posunutí předmětu je zapotřebí, aby proběhl standardní sled událostí. U MOST je tedy základní pohybový vzorec zapsán pomocí standardního sekvenčního modelu, namísto náhodných a podrobných základních pohybů. Předměty je možné přesouvat pomocí dvou následujících alternativ:

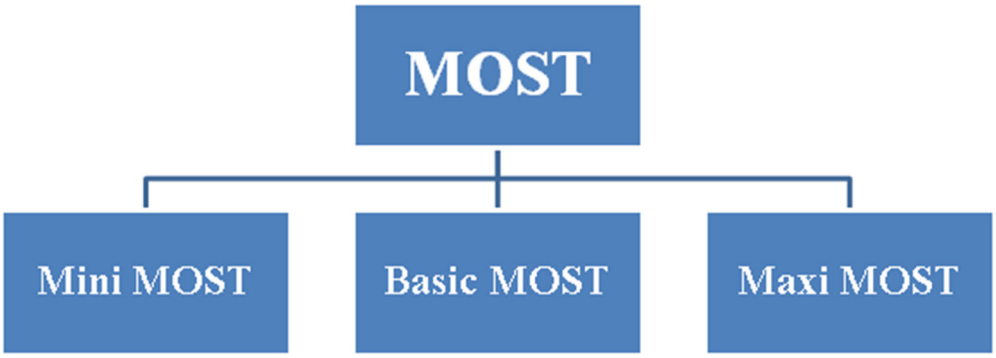
1) Uchopením a manipulací volně v prostoru
2) Manipulací za neustálého kontaktu s jiným povrchem

Příkladem může být krabice, kterou zvedneme a přeneseme z jednoho konce stolu na druhý. Další variantou ovšem je, že krabici jen přesuneme po povrchu stolu. Pro každý z těchto pohybů ovšem existuje samostatný sled událostí. V případě aplikace měření a analýzy MOST by šlo také o výběr vždy jiného sekvenčního modelu. Sekvenční model tedy určuje události nebo úkony, které se dějí v předem daném pořadí, když je předmět přesouván z jednoho místa na druhé. MOST je ve všech jeho úrovních brán jako systém skládající se z kombinace příslušných sekvenčních modelů, které tvoří buď celou operaci, nebo jí rozkládají na dílčí části. Jednotlivé sekvenční modely jsou složeny z řady písmen a organizovány v logickém pořadí (viz následující podkapitola 4.8.2.).[28]

Základní časovou jednotkou je rovněž TMU (Time Measurement Unit), kde hodnota 1 TMU = 0,036 sekundy a 1 sekunda = 27,8 TMU.

MOST a jeho rodinnou hierarchii nám blíže charakterizuje obrázek č. 15.

[28] ZANDIN, B. Kjell. *MOST: Work Measurement Systems.* New York: Marcel Dekker, Inc., 2003, s. 9–11.



Obrázek č. 15 Rodina MOST

(Zdroj: Vlastní tvorba podle: ZANDIN, B. Kjell. MOST: Work Measurement Systems. New York: Marcel Dekker, Inc., 2003, s. 4.)

Mini MOST – používá se tam, kde je délka trvání operace v rozmezí 2–10 s. Je uplatňován tedy spíše pro kratší operace, které se opakují v častějších intervalech. Skládá se ze dvou sekvenčních modelů:

1) Obecné přemístění
2) Řízené přemístění

Basic MOST – nejpoužívanější z rodiny MOST. Používá se u pracovních cyklů 10 s – 10 min. Skládá se ze čtyř sekvenčních modelů, přičemž čtvrtý slouží jen k měření pohybu předmětu za pomocí využití ručního jeřábu.

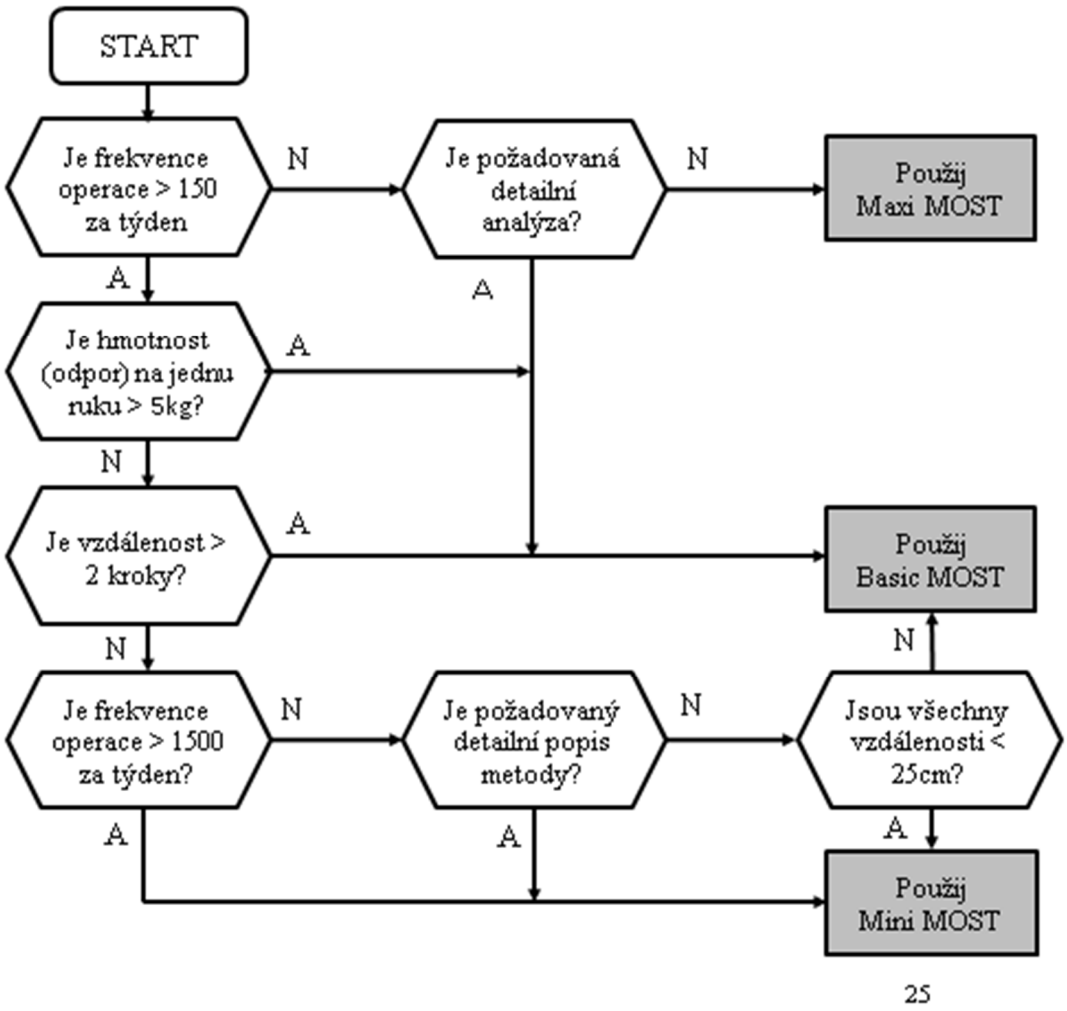
1) Obecné přemístění
2) Řízené přemístění
3) Použití nástroje
4) Použití ručního jeřábu

Maxi MOST – je vhodný pro měření dlouhých operací, které se příliš neopakují, důraz není kladen na detailnost. Používá se u pracovních cyklů s délkou v rozmezí od 2 min až po několik hodin. Dále je vhodný k analýze operací, jejichž frekvence opakování je menší než 150krát týdně. Skládá se z pěti sekvenčních modelů:

1) Manipulace s objektem
2) Použití nástroje

3) Obsluha stroje
4) Přeprava elektrickým jeřábem
5) Přeprava vozíkem[29]

Pro usnadnění rozhodování, který systém z rodiny MOST na příslušnou výrobní operaci použít, nám poslouží schéma na obrázku č. 16.



Obrázek č. 16 Výběr vhodného MOST systému

(Zdroj: Vlastní tvorba podle: ZANDIN, B. Kjell. MOST: Work Measurement Systems. New York: Marcel Dekker, Inc., 2003, s. 26.)

[29] ŠLAICHOVÁ, E. *Výzkum vybraných metod měření produktivity práce*. Liberec: Geoprint, 2013, s. 23–25.

2.8.2. Basic MOST

Původní a dodnes nejčastěji používaný systém MOST, který je postaven na bázi tří základních sekvenčních modelů a jednoho rozšířeného pro použití ručního jeřábu. Základními sekvenčními modely Basic MOST tedy jsou:

1) **Obecné přemístění**

   Je definováno jako přesunutí předmětu pomocí rukou, volným prostorem, z jednoho místa na místo druhé. Dále je dokázáno, že tento model tvoří asi 50 % veškeré manuální činnosti. Sekvenční model obecného přemístění se skládá ze čtyř možných sub-aktivit:

   - A – akce na určitou vzdálenost (Action Distance). Zpravidla se jedná o pohyby vykonávané v horizontálním směru jako např. pohyby prsty, rukou či nohou.
   - B – pohyb těla (Body Motion). Oproti akci na určitou vzdálenost se jedná o pohyby vykonávané vertikálně jako např. pohyby těla při sednutí nebo sehnutí se pro něco.
   - G – získání kontroly (Gain Control). Pohyb prsty a rukou při získání kontroly nad nějakým předmětem, např. uchopení lehkého, těžkého objektu nebo získání objektu něčím blokovaného.
   - P – umístění (Placement). Pohyb vykonávaný na konci pohybové sekvence, kdy je potřeba objekt např. odložit, umístit, uložit s péčí.

   Tyto sub-aktivity jsou předem nadefinovány a uspořádány v sekvenčním modelu. Aby mohl být daný předmět přemístěn z místa na místo, je model uspořádán na dílčí a logicky navazující části. Konkrétní uspořádání je pak:

Obrázek č. 17 Obecné přemístění – sekvenční model

(Zdroj: Vlastní tvorba podle: MOST - Maynard Operation Sequence Technique. *Ipaslovakia.sk* [online, citováno 23. února 2015]. Dostupné z: http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovnik/most-maynard-operation-sequence-technique)

Výše uvedeným sub-aktivitám sekvenčního modelu je podle příslušného pohybového indexu přiřazen předem nadefinovaný počet časových jednotek (TMU). Např. pokud budeme potřebovat něco získat, podle vzdálenosti daného předmětu se bude vyvíjet množství TMU potřebných k vykonání této sekvenční části. Identické je to samozřejmě u ostatních částí sekvenčního modelu. Představu o rozsahu pohybového indexu a konkrétní aplikaci modelu obecného přemístění nám znázorňuje následující obrázek a příklad.

ABG Získat ABP Položit A Návrat

Obecné Přemístění

index x10	Akce na určitou vzdálenost A	Pohyb těla B	Získání kontroly G	Umístění P	index x10
0	≤ 2 in. (5 cm)	Žádný pohyb těla	Bez získání kontroly Držet	Bez umístění Držet Hodit	0
1	Na dosah		Uchopit lehký objekt Uchopit lehký objekt Simo	Odložit Volné tolerance	1
3	1 – 2 kroky	Sednout bez ustavení Vstát bez ustavení Sehnout se a napřímit 50 %	Získat Ne-simo Získat těžký/objemný Získat neviděný Získat blokovaný Promíchaný Rozpojit,Shromáždit	Volné tolerance při nevidění Umístit s ustavneim Umístit s lehkým tlakem Umístit s dvojím umístěním	3
6	3 – 4 kroky	Sehnout se a napřímit		Uložit s péčí Uložit s přenosti Uložit neviděný Uložit blokovaný Uložit velkým tlakem Uložit s mezipohyby	6
10	5 – 7 kroků	Sednout Vstát			10
16	8 – 10 kroků	Sehnout se a sednout, Vylézt nahoru, Slézt dolů, Vstát a sehnout se, Dveřmi			16

Akce na určitou vzdálenost Doplňkové hodnoty A

Index	Kroky	Vzdálen (ft)	Vzdálen(m)
24	11-15	38	12
32	16-20	50	15
42	21-26	65	20
54	27-33	83	25
67	34-40	100	30
81	41-49	123	38
96	50-57	143	44
113	58-67	168	51
131	68-78	195	59
152	79-90	225	69
173	91-102	255	78
196	103-115	288	88
220	116-128	320	98
245	129-142	355	108
270	143-158	395	120
300	159-174	435	133
330	175-191	478	146

Obrázek č. 18 Obecné přemístění – data karta

(Zdroj: Průmyslové inženýrství. *Kvs.tul.cz* [online, citováno 23. února 2015]. Dostupné z: http://www.kvs.tul.cz/PI)

Příklad: Operátor ujde 2 kroky, ze stolu vezme lehkou krabici a odloží ji na váhu u stroje vzdáleného 2 kroky od stolu. Operátor se následně vrátí 4 kroky na své pracoviště.

Řešení:

a) Nejprve je nutné zapsat sekvenční model obecného přemístění:

A B G (získat) A B P (položit) A (návrat)

b) Podle příslušného pohybového indexu určit velikost sub-aktivit:

A_3 = operátor ujde 2 kroky (získat)

B_0 = při získávání se nemusí nahýbat tělem (získat)

G_1 = operátor uchopí lehký objekt (získat)

A_3 = operátor ujde další 2 kroky, aby mohl krabici položit (položit)

B_0 = při pokládání krabice se nemusí nahýbat tělem (položit)

P_1 = operátor krabici pokládá volně (položit)

A_6 = operátor se vrací 4 kroky na své pracoviště (návrat)

c) Velikost sub-aktivit doplnit do sekvenčního modelu obecného přemístění a sečíst množství TMU:

A_3 B_0 G_1 A_3 B_0 P_1 A_6

30 + 0 + 10 + 30 + 0 + 10 + 60 = 140 TMU

d) Přepočet jednotek TMU na jednotky času:

140 TMU / 27,8 = 5,04 s

2) **Řízené přemístění**

Sekvenční model pro přemístění objektu, který bývá v průběhu přemístění v kontaktu s jiným povrchem nebo připojen k jinému objektu. Tato sekvence představuje takové aktivity jako je stlačení tlačítka spínače, tlačení objektu po nějakém povrchu. Tento model vytváří asi 33 % činností ve strojní dílně. V rámci jednotlivých sub-aktivit řízené přemístění rozšiřuje model obecného přemístění o následující:

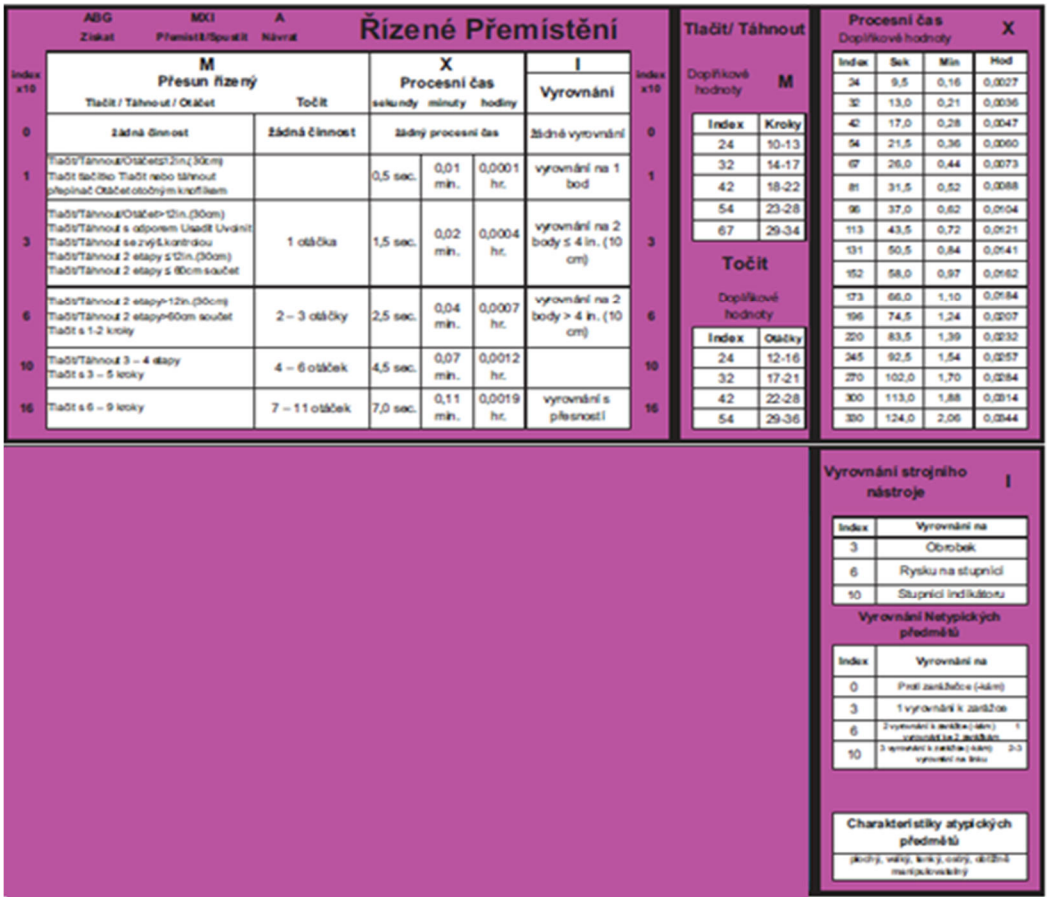
- M – řízený přesun (Move Controlled). Řízeným přesunem jsou manuálně řízené pohyby s objekty po určité dráze. Do této kategorie nejčastěji spadají pohyby jako tlačit, táhnout, otáčet.
- X – procesní čas (Process Time). Procesní čas je čas, který vykonává stroj na základě procesního nastavení. Jinými slovy tedy strojní čas, kdy stroj samostatně pracuje, např. obrábí, svařuje, lisuje, a není právě potřeba manuálních zásahů ze strany operátora.
- I – vyrovnání (Alignment). Vyrovnání se vztahuje k manuální činnosti, většinou se provádí až za řízeným přesunem nebo ukončením procesního času. Jedná se o určité ustavení neboli správnou orientaci pozice objektu.

Sub-aktivity jsou rovněž systematicky uspořádány do dílčích částí sekvenčního modelu.

Obrázek č. 19 Řízené přemístění – sekvenční model

(Zdroj: Vlastní tvorba podle: MOST - Maynard Operation Sequence Technique. *Ipaslovakia.sk* [online, citováno 23. února 2015]. Dostupné z: http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovnik/most-maynard-operation-sequence-technique)

Vizuální podoba příslušné data karty a konkrétní aplikace modelu je následující:



Obrázek č. 20 Řízené přemístění – data karta

(Zdroj: Průmyslové inženýrství. *Kvs.tul.cz* [online, citováno 23. února 2015]. Dostupné z: http://www.kvs.tul.cz/PI)

Příklad: Operátor ujde 2 kroky ke stroji a souběžně zmáčkne dvě tlačítka. Stroj provede činnost trvající 4,5 s. Po ukončení se operátor následně vrátí 2 kroky na své pracoviště.

Řešení:

a) Nejprve je nutné zapsat sekvenční model řízeného přemístění:
   A B G (získat) M X I (přemístit / spustit) A (návrat)

b) Podle příslušného pohybového indexu určit velikost sub-aktivit:
   A_3 = operátor ujde 2 kroky (získat)
   B_0 = při získávání se nemusí nahýbat tělem (získat)
   G_1 = operátor uchopí souběžně lehké objekty – tlačítka (získat)
   M_1 = operátor souběžně mačká dvě tlačítka (přemístit / spustit)
   X_{10} = strojní čas trvající 4,5 s (přemístit / spustit)
   I_0 = nic se nevyrovnává (přemístit / spustit)
   A_3 = operátor se vrací 2 kroky na své pracoviště (návrat)

c) Velikost sub-aktivit doplnit do sekvenčního modelu řízeného přemístění a sečíst množství TMU:
   A_3 B_0 G_1 M_1 X_6 I_0 A_3
   30 0 + 10 + 10 + 10 + 0 + 30 = 180 TMU

d) Přepočet jednotek TMU na jednotky času:
   180 TMU / 27,8 = 6,47 s

Za nutnou zmínku stojí, že operátor získával a stisknul dvě tlačítka souběžně. Takto provedený pohyb se označuje tzv. termínem „Simo". Tím, že udělal pohyb oběma rukama „Simo", není potřeba cokoliv násobit dvěma. V data kartě se pak bere stejný pohybový index, jako by operátor danou činnost prováděl za pomocí využití jedné ruky.

3) **Použití nástroje**

Třetím z pořadí sekvenčních modelů je použití nástroje. Jedná se o kombinace obecného a řízeného přemístění a dále aktivit spojených s používáním určitého

nástroje. Model determinuje použití ručních nástrojů a aktivit s nimi spojených jako je uvolnění, kroucení, ustřihnutí, řezání. Kromě těchto obecných činností model zahrnuje také možnost činností spojené s měřením, kontrolou nebo čtením. Ke zmíněné kombinaci dvou předchozích sekvenčních modelů přibývají následující sub-aktivity:

- F – utáhnout (Fasten)
- L – uvolnit (Loosen)
- C – dělit (Cut)
- S – povrchová úprava (Surface Treat)
- M – měření (Measure)
- R – zaznamenání (Record)
- T – myšlení (Think)

Uspořádání sub-aktivit je rovněž koncipováno na dílčí části sekvenčního modelu použití nástroje.

Obrázek č. 21 Použití nástroje – sekvenční model

(Zdroj: Vlastní tvorba podle: MOST - Maynard Operation Sequence Technique. *Ipaslovakia.sk* [online, citováno 23. února 2015]. Dostupné z: http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovnik/most-maynard-operation-sequence-technique)

Vizuální podobu data karty sekvenčního modelu použití nástroje a dále jeho konkrétní aplikaci v praxi nám rovněž pro představu poskytuje následující obrázek a příklad.

Obrázek č. 22 Použití nástroje – data karta

(Zdroj: Průmyslové inženýrství. *Kvs.tul.cz* [online, citováno 23. února 2015]. Dostupné z: http://www.kvs.tul.cz/PI)

Příklad: Operátor vezme pracovní kartu umístěnou na dosah, přečte instrukce (45 slov), jde 3 kroky ke stolu a kartu volně odloží.

Řešení:

a) Nejprve je nutné zapsat sekvenční model použití nástroje:

A B G (získat nástroj) A B P (položit nástroj) * (použít nástroj)

A B P (položit nástroj stranou) A (návrat)

b) Podle příslušného pohybového indexu určit velikost sub-aktivit:

A_1 = operátor vezme pracovní kartu umístěnou na dosah (získat nástroj)

B_0 = při získávání se nemusí nahýbat tělem (získat nástroj)

G_1 = operátor uchopí lehký objekt (získat nástroj)

A_1 = operátor si musí kartu položit, aby z ní mohl číst (položit nástroj)

B_0 = při pokládání se nemusí nahýbat tělem (položit nástroj)

P_0 = nic se dále neumisťuje (položit nástroj)

T_{24} = z data karty volíme myšlení – číst (použít nástroj)

A_6 = operátor jde 3 kroky ke stolu (položit nástroj stranou)

B_0 = nemusí se nahýbat tělem (položit nástroj stranou)

P_1 = kartu volně odloží (položit nástroj stranou)

A_0 = nikam už se nevrací (návrat)

c) Velikost sub-aktivit doplnit do sekvenčního modelu obecného přemístění a sečíst množství TMU:

$A_1\ B_0\ G_1$ $A_1\ B_0\ P_0$ T_{24} $A_6\ B_0\ P_1$ A_0

10 + 0 + 10 + 10 + 0 + 0 + 240 + 60 + 0 + 10 = 340 TMU

d) Přepočet jednotek TMU na jednotky času:

340 TMU / 27,8 = 12,23 s

Když si všimneme sekvenční části použití nástroje, volili jsme T_{24}. V zadání příkladu bylo uvedeno, že operátor přečte 45 slov. V data kartě jsem pak volili index 24, i když to bylo v rozmezí mezi indexem 16 a 24. U Basic MOST se hodnota přesahující daný index (stačí jen např. o sekundu, jedno slovo) automaticky převádí na index vyšší.[30]

[30] ZANDIN, B. Kjell. *MOST: Work Measurement Systems.* New York: Marcel Dekker, Inc., 2003, s. 10–14.

2.9. Produktivita

Produktivitou se rozumí míra, vyjadřující poměr mezi hodnotou výstupu (vyrobeného zboží, služby) a množství vynaložených zdrojů na tuto výrobu. V průmyslových oblastech se může produktivita vyjadřovat např. počtem vyrobených produktů pracovníkem za jednotku času. Logicky tedy platí, že čím více by dokázal výrobní operátor za daný časový úsek vyrobit dílů, tím vyšší míru produktivity vytvoří.[31]

Obecný vzorec pro výpočet produktivity:

$$\text{Produktivita} = \frac{\text{VÝSTUP}}{\text{VSTUP}}$$

Výstupem produktivity kromě výrobků mohou být také tuny, litry, kusy, apod. Kromě těchto jednotek lze výstup vyjádřit i v jednotkách peněžních.

Vstup bývá obvykle vyjádřen jako pracovní síla, kapitál, výrobní stroj nebo zařízení. Vstup lze rovněž definovat prostřednictvím množství materiálu.

Produktivita se pro další potřeby a komparaci upravuje do následujících poměrů:

- **Parciální produktivita** – jak již název napovídá, v tomto případě proměřujeme produktivitu každého stroje individuálně. Proměřuje se výstup procesu vůči jeho zdroji.

  $$\text{Parciální produktivita} = \frac{\text{Celkový měřitelný výstup}}{\text{1 třída měřitelného vstupu}}$$

  Příklad: Máme jeden výstup o velikosti 2 400 výrobků. Tohoto výstupu lze dosáhnout vstupem A, který tvoří 5 pracovníků a každý z nich odpracuje 8 hodin. Další variantou je vstup B, tvořen 8 strojními hodinami. Poslední variantou je vstup C, jenž je stanoven jako 120 m materiálu. Výsledkem tedy bude:

[31] BÖRSCH–SUPAN, A. a kolektiv. Produktivität, Wettbewerbsfähigkeit und Humanvermögen in alternden Gesellschaften. In: *Produktivität in alternden Gesellschaften*, Halle: Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, 2009, s. 10.

Výstup = 2 400 výrobků

Vstup A = 5 x 8 = 40 hodin práce ⇒ 2 400 / 40 = 60 výrobků na 1 hodinu pracovníka
Vstup B = 1 x 8 strojních hodin ⇒ 2 400 / 8 = 300 výrobků na 1 strojní hodinu
Vstup C = 120 m materiálu ⇒ 2 400 / 120 = 20 výrobků na 1 m materiálu

- **Index produktivity** – je to ukazatel, který nám poslouží k určení, zdali se produktivita vyvíjí v příznivých nebo nepříznivých tendencích. Jinými slovy, jak se produktivita vyvíjí vůči předem definovanému standardu (plánu). Tyto standardy mohou být definovány jako např. výsledky předchozích období (měsíc, rok), výsledky vytvářené konkurencí, plány stanovené nezávislými průmyslovými inženýry.

$$\text{Index produktivity} = \frac{\text{Aktuální produktivita}}{\text{Standard produktivity}}\ x\ 100$$

Příklad: Pomocí indexu produktivity máme srovnat produktivitu stávající s produktivitou nadefinovaného standardu. Hodnoty stávající produktivity jsou přebrány z předchozího příkladu. Tedy vstup A = 60 výrobků na 1 hodinu pracovníka, vstup B = 300 výrobků na 1 strojní hodinu a vstup C = 20 výrobků na 1 m materiálu. Standard produktivity je nadefinován pro vstup A = 80 výrobků na 1 hodinu pracovníka, vstup B = 300 výrobků na 1 strojní hodinu, vstup C = 25 výrobků na 1 m materiálu. Potom bude tedy platit:

Stávající produktivita
Vstup A = 60 výrobků na 1 hodinu pracovníka
Vstup B = 300 výrobků na 1 strojní hodinu
Vstup C = 20 výrobků na 1 m materiálu

Standard produktivity
Vstup A = 80 výrobků na 1 hodinu pracovníka
Vstup B = 300 výrobků na 1 strojní hodinu
Vstup C = 25 výrobků na 1 m materiálu

Index produktivity

Vstup A = (60 x 100) / 80 = 75 %
Vstup B = (300 x 100) / 300 = 100 %
Vstup C = (20 x 100) / 25 = 80%

Jednotlivé % stupně vstupů interpretují výsledky produktivity. U vstupu A a C se může jako vhodná alternativa pro zlepšení nabízet snížení počtu pracovníků a zlepšení technologického postupu.

- **Totální produktivita** – je poměr kompletního výstupu vůči všem potřebným zdrojům. K určení totální produktivity je nezbytné provést tzv. transformaci spotřebovaných zdrojů. Transformaci provádíme z důvodu, abychom mohli vyjádřit množství spotřebovaných zdrojů ve finančních prostředcích.

$$\text{Totální produktivita} = \frac{\text{Celkový měřitelný výstup}}{\text{Pracovní síla} + \text{Kapitál}}$$

Příklad: Použitím výpočtu totální produktivity máme určit rozdíl mezi stávající totální produktivitou a novou totální produktivitou. Hodnoty stávající totální produktivity jsou nadefinovány pro výstup = 2 400 výrobků, dále vstup A = 40 hodin lidské práce (1 hodina = 120 Kč), vstup B = 8 strojních hodin (1 hodina = 800 Kč), vstup C = 120 m materiálu (1m = 200 Kč). Hodnoty nové totální produktivity u výstupu = 1 920 výrobků, dále vstup A = 24 hodin lidské práce (1 hodina = 120 Kč), vstup B = 8 strojních hodin (1 hodina = 800 Kč), vstup C = 80 m materiálu (1m = 200 Kč).

Stávající totální produktivita
Výstup = 2 400 výrobků

Vstup A = 40 hodin lidské práce (1 hodina = 120 Kč) ⇒ 40 x 120 = 4 800 Kč
Vstup B = 8 strojních hodin (1 hodina = 800 Kč) ⇒ 8 x 800 = 6 400 Kč
Vstup C = 120 m materiálu (1m = 200 Kč) ⇒ 120 x 200 = 24 000 Kč

$$\text{Stávající totální produktivita} = \frac{2\,400}{4\,800 + 6\,400 + 24\,000} = 0{,}068$$

Tedy 0,068 výrobku na 1 vloženou Kč

Nová totální produktivita

Výstup = 1 920 výrobků

Vstup A = 24 hodin lidské práce (1 hodina = 120 Kč) ⇒ 24 x 120 = 2 880 Kč

Vstup B = 8 strojních hodin (1 hodina = 800 Kč) ⇒ 8 x 800 = 6 400 Kč

Vstup C = 80 m materiálu (1m = 200 Kč) ⇒ 80 x 200 = 16 000 Kč

$$\text{Stávající totální produktivita} = \frac{1\,920}{2\,880 + 6\,400 + 16\,000} = 0{,}076$$

Tedy 0,076 výrobku na 1 vloženou Kč

Kromě znalosti týkajících se výpočtů produktivity a jejího dalšího srovnávání je také nezbytné znát faktory, které produktivitu ovlivňují. Mezi tyto faktory patří např.:

- Úroveň pracovních postupů
- Kvalita strojního vybavení
- Hodnoticí a odměňovací systémy podniku
- Kvalifikovanost personálu
- Schopnost využití kapitálu
- Stupeň zavedení metod průmyslového inženýrství
- Ekonomické faktory státu

Kromě výčtu těchto bodů existuje ještě celá řada dalších faktorů, jež dokáží produktivitu ovlivnit. Odborníci všeobecně rozdělují faktory ovlivňující produktivitu do dvou hlavních skupin, a to fyzikálních a psychologických.

a) **Fyzikální** – jedná se o všechny faktory, které mohou produktivitu skutečně ovlivnit (technologické postupy, materiálové specifikace, schopnost využití kapitálu).
b) **Psychologické** – jedná se spíše o modely chování zaměstnanců, které ovšem produktivitu dokáží mnohdy ovlivnit i větší mírou než faktory fyzikální.[32]

[32] MAŠÍN, I. a VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě: Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, s. 27–35.

2.10. Výrobní takt a rytmus

Operativní normativ řízení výroby používaný zejména u rozsáhlejších typů výrob jako jsou např. výrobní linky.

Výrobní takt – je časový interval mezi odvedením dvou po sobě následujících dílů.

$$T = \frac{F_{tv}}{Q}$$

F_{tv} – využitelný časový fond zařízení např. Nh, Nmin

Q – počet výrobků, které budou za daný časový interval na zařízení vyrobeny

Rytmus – ukazatel rytmu práce v sobě na rozdíl od výrobního taktu zahrnuje i ztráty způsobené výrobními nedostatky nebo technologickými příčinami.

$$T = \frac{F_{tv} - (t_{zt} + t_{zo})}{Q \text{ x } (1 + \frac{z}{100})}$$

t_{zt} – ztráty způsobené nedostatky technologie (stejné jednotky jako F_{tv})

t_{zo} – ztráty způsobené nedostatky organizace (stejné jednotky jako F_{tv})

z – zmetkovitost v %

Koeficient synchronizace – pomocí ukazatele rytmu práce je také možné na příslušném zařízení ukázat stupeň jeho synchronizace

$$k_s = \frac{t_{ki}}{r}$$

t_{ki} – kusový čas na i-té operaci výrobního zařízení

Ideální hodnota koeficientu synchronizace je 1, čím více se hodnota blíží této hodnotě, tím je synchronizace vyšší.[33]

[33] TOMEK, G. a VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby a nákupu.* Praha: Grada Publishing, 2007, s. 134.

2.11. MES

MES neboli Manufacturing Execution System představuje systémy, které zabezpečují sběr a zpracování dat z výroby. Pomocí těchto dat je pak možné efektivně vyhodnotit stav výroby a poskytnout kvalitní podklady pro operativní plánování. MES představují možnost návaznosti informačního systému na systém výrobní. Svou hierarchií se jedná o stupeň mezi ERP (Enterprise Resource Planning) a technologickým procesem. Tyto systémy je možné použít všude tam, kde jsou číslicově řízené NC (Numerical Control) stroje a zařízení.

Podle mezinárodní asociace MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association) podporují systémy MES tyto oblasti:

- Operativní plánování výroby
- Řízení zdrojů
- Dispečerské řízení výroby
- Řízení dokumentů
- Řízení pracovníků
- Řízení kvality
- Sběr, zpracování a archivace dat
- Procesní řízení
- Sledování výroby
- Analýza a vyhodnocování výkonnosti[34]

MES systémy je možné implementovat jak na automatizované, tak na manuální operace. Díky implementaci je možné nabídnout všem zainteresovaným pracovníkům (obsluze strojů, procesním inženýrům nebo i managementu podniku) přístup k informacím, které poslouží k dosažení optimálního výkonu a objemu produkce při minimalizaci výrobních nákladů.[35]

[34] BASL, J. a BLAŽÍČEK, R. *Podnikové informační systémy: Podnik v informační společnosti.* Praha: Grada Publishing, 2012, s. 83–84.
[35] MES (Manufacturing Execution Systems). *Systemonline.cz* [online, citováno 15. března 2015]. Dostupné z: http://www.systemonline.cz/clanky/mes-manufacturing-execution-systems.htm

3. POPIS FIRMY

Společnost Mubea je mezinárodním podnikem v oblasti automobilového průmyslu se sídlem v západoněmeckém městě Attendorn. Počátky firmy se datují k roku 1916, kdy pan Josef Muhr založil původně malou rodinnou firmu na výrobu pružin. Firma se za své téměř stoleté působení postupně propracovala ve stabilního dodavatele významných světových automobilek a v současné době působí ve více jak 28 zemích světa. Jednotlivé výrobní závody můžeme najít např. v USA, Mexiku, Brazílii, Německu, Španělsku, Turecku, České republice nebo také v Indii, Číně či Japonsku. Celosvětově společnost zaměstnává téměř 10 000 pracovníků a v daných regionech si snaží vytvářet pozici stabilního zaměstnavatele.

Obrázek č. 23 Geografické zastoupení jednotlivých poboček firmy Mubea

(Zdroj: Lokality. *Mubea.com* [online, citováno 7. prosince 2014]. Dostupné z: http://www.mubea.com/cz/company/locations/)

Mubea svou výrobu orientuje především do oblasti komponentů podvozku, motoru, karosérie a interiéru automobilu. V současnosti je vyvíjeno a vyráběno 15 produktových skupin výrobků. Jedná se např. o výrobu vinutých pružin, stabilizátorů, různých profilů válcovaných plechů, hadicových spon, hlavových opěrek nebo také výrobků z uhlíkového kompozitu. Výrobní strategií firmy je především inovativní cesta odlehčených konstrukcí celé výrobkové řady, kterou také determinuje snižování CO_2. Realizací vývoje odlehčených konstrukcí v automobilovém sektoru si společnost slibuje

snížení hmotnosti v průměru asi o 20 kg na vozidlo a snížení emisí CO_2 v průměru o 3–6 g na jeden kilometr.[36] Vizuální představa o vyráběném produktovém mixu – viz obrázek č. 24.

Obrázek č. 24 Výrobní portfolio firmy MUBEA

(Zdroj: Výrobky & technologie. *Mubea.com* [online, citováno 10. prosince 2014]. Dostupné z: http://www.mubea.com/cz/products-technologies/)

Mubea je v rozsahu celého koncernu orientována na široké spektrum zákazníků v oblasti světového automobilového průmyslu. Výrobky jsou expedovány na americký, evropský a asijský trh. Z rozsáhlého zákaznického zastoupení významných světových automobilek můžeme jmenovat např. BMW, Mercedes-Benz, VW, Audi, ŠKODA AUTO, Toyota, Honda či výrobci tak luxusních a prémiových značek jako je Porsche nebo Bentley.

[36] Kompetence v odlehčených konstrukcích. *Mubea.com* [online, citováno 14. prosince 2014]. Dostupné z: http://www.mubea.com/cz/strategy/lightweight-competence/

Obrázek č. 25 Zákaznické zastoupení firmy Mubea

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

3.1. Zastoupení firmy v České republice

Prvopočátky firmy Mubea v České republice se váží k roku 1994, kdy byla v západočeském městě Žebrák zakoupena parcela v tamější průmyslové zóně o rozloze 30.000 m^2. Původně se jednalo o vybudování výroby nástrojů a přípravků. Produkce firmy začala v roce 1995 pod obchodním názvem Mubea, spol. s r.o. a postupem času se přidaly další oblasti výroby jako:

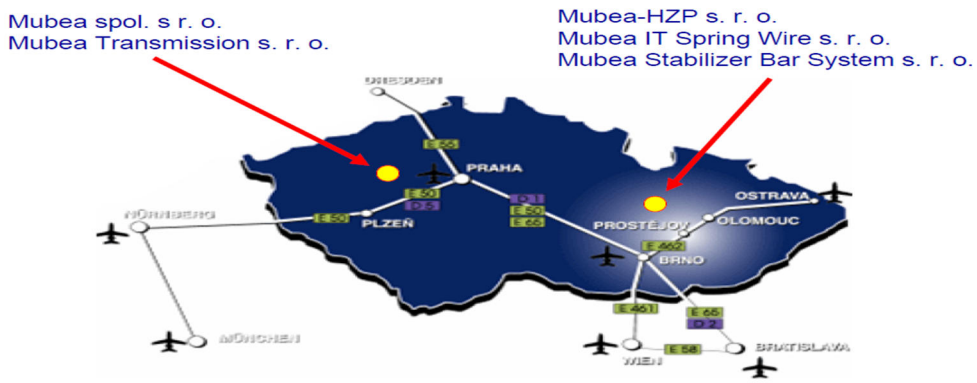
- 1998 postavení druhé haly a roku 1999 zahájení výroby napínacích systémů klínového řemene
- 2003 stavba třetí výrobní haly a roku 2004 zahájení výroby lisovaných a svařovaných dílů na podvozky aut
- 2006 zahájení provozu učňovského střediska
- 2007 přesun některých výrobků pod obchodní značku Mubea Transmission Components s.r.o.
- 2010 rozšíření nástrojárny pro zakázkovou výrobu
- 2012 zahájení výstavby páté výrobní haly a roku 2013 start výroby v oblasti karbonových vláken

V roce 2014 je v Žebráku dohromady zaměstnáno 940 pracovníků a vyrábí se zde napínací systémy řemene, stříhané a svařované díly, hadicové spony, opěrky hlav a díly z karbonových vláken.[37]

Další zastoupení pro Českou republiku má firma Mubea ve středomoravském městě Prostějov. V roce 1998 zde v areálu místní průmyslové zóny vznikla firma Mubea – HZP s.r.o., původně firma na výrobu stabilizátorů. Postupem času se výroba v Prostějově restrukturalizovala následujícím způsobem:

- 2001 rozšíření výroby stabilizátorů o výrobu vinutých pružin
- 2006 vznik nové haly pro přípravu polotovarů – Mubea IT Spring Wire s.r.o.
- 2011 vznik samostatné haly pro vinuté pružiny – Mubea IT Spring Wire s.r.o.
- 2012 přesun a rozšíření výroby stabilizátorů pod firmu Mubea Stabilizer Bar Systems s.r.o.

V roce 2014 je v Prostějově zaměstnáno 860 pracovníků a veškeré výrobní závody zabírají plochu o rozloze 44.000 m2. Z hlediska zaměření této diplomové práce se budeme zabývat právě zmíněnou divizí vinutých pružin.[38]



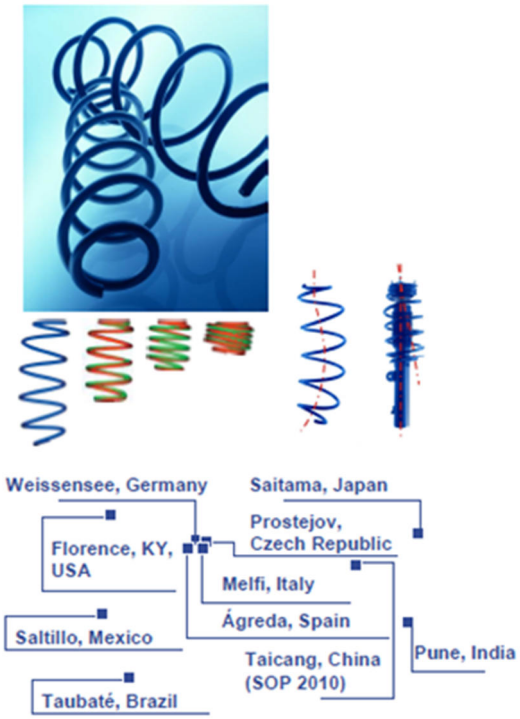
Obrázek č. 26 Zákaznické zastoupení firmy Mubea

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

[37] Závod Žebrák. *Mubea.com* [online, citováno 14. prosince 2014]. Dostupné z: http://www.mubea.com/cz/career-new/europe/ceska-republika/prehled/mubea-zebrak/
[38] Závod Prostějov. *Mubea.com* [online, citováno 14. prosince 2014]. Dostupné z: http://www.mubea.com/nc/cz/career-new/europe/ceska-republika/prehled/mubea-prostejov/?sword_list[0]=mubea&sword_list[1]=prost%C4%9Bjov

3.2. Výrobní program vinutých pružin

Vinuté pružiny jsou jedním z typických a nejrozšířenějších výrobků společnosti Mubea. Patentované provedení je používáno jako standard od roku 1992. Prvním výrobním závodem na vinuté pružiny bylo východoněmecké Weissensee, kde dnes stále sídlí jak výrobní linky, tak technická příprava výroby. Postupem času byly vybudovány další závody v USA, Mexiku, Brazílii, Španělsku, Itálii, České republice, Turecku, Číně, Japonsku a Indii. V roce 2013 opustilo brány uvedených závodů a následně k zákazníkům putovalo asi 75 milionů vinutých pružin. Jednalo se o provedení určené jak do předních, tak zadních náprav osobních automobilů. Jednoduchou představu o tom, jak vinutá pružina vypadá, nám blíže nastiňuje obrázek č. 27.[39]



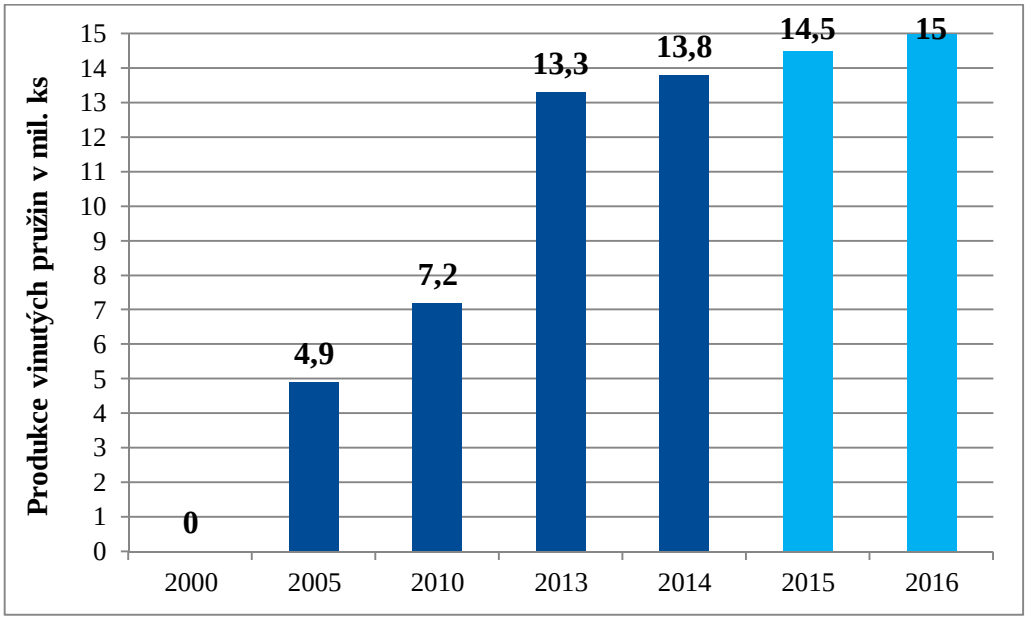
Obrázek č. 27 Vinutá pružina včetně přehledu její výrobní lokalizace

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

[39] Interní materiály firmy Mubea

3.2.1. Výroba vinutých pružin v Mubea IT Spring Wire s.r.o.

Jak již bylo v předchozí části zmíněno, mají vinuté pružiny v rámci České republiky zastoupení ve středomoravském městě Prostějov. Pružiny se zde vyrábí od roku 2001, kde původní výroba figurovala ještě pod názvem Mubea – HZP s.r.o. Objemy v prvních výrobních letech dosahovaly okolo 4 milionů kusů za rok a byly realizovány na dvou výrobních linkách. Koncem roku 2011 došlo k rozšíření výroby do nové haly pod obchodním názvem Mubea IT Spring Wire s.r.o. Tato diverzifikace spočívala v rozšíření počtu výrobních linek na tři a navýšení výrobní kapacity na 10,5 milionu kusů. Koncem roku 2012 vlivem výrobní expanze způsobené neustálým nárůstem zákaznických odvolávek přibyla čtvrtá výrobní linka a roční disponibilita se začala pohybovat okolo 14 milionů pružin. Další výrobní linka už nebyla instalována, protože z hlediska kapacity zatím Prostějov stíhá uspokojit veškeré výrobní zakázky. Investičním konceptem do budoucna by spíše mohlo být vybudování tzv. prototypové linky na výrobu malosériových dávek, popř. možnost spolupracovat a realizovat vývoj v této oblasti.[40]



Graf č. 1 Vývoj produkce vinutých pružin včetně očekávaných budoucích prognóz

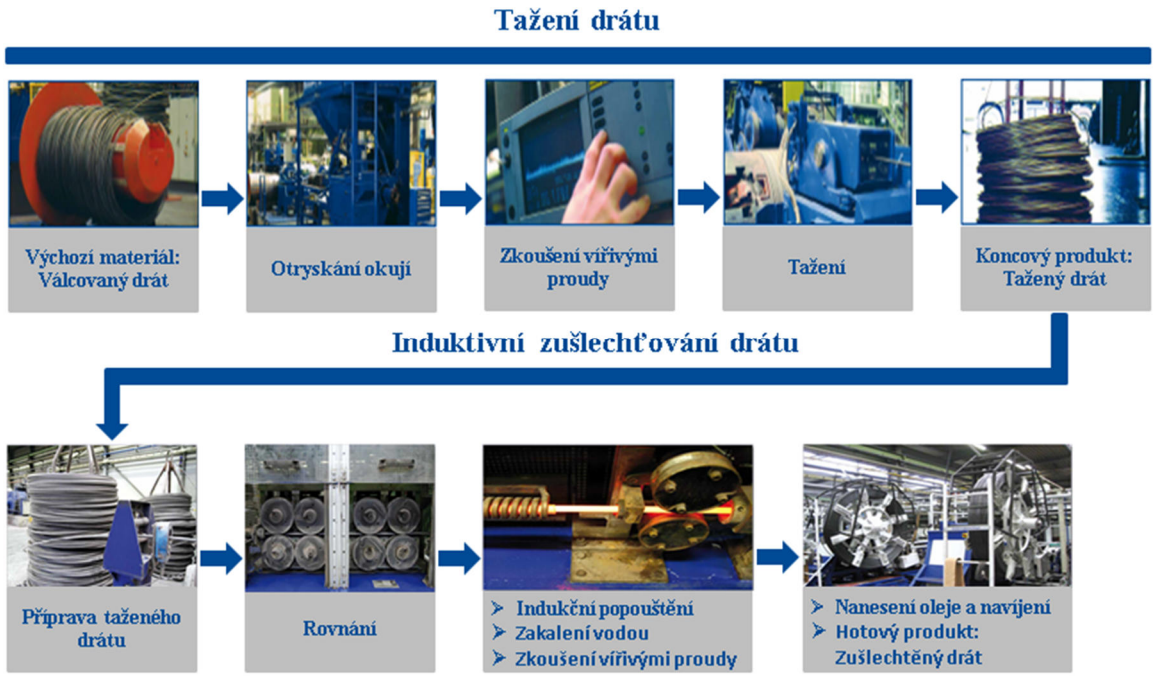
(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

[40] Interní materiály firmy Mubea

3.3. Výrobní proces vinutých pružin

Kompletní realizace výrobního procesu včetně přípravy pružinového materiálu se odehrává v areálu Mubea IT Spring Wire s.r.o. V prostorách areálu je umístěna hala č. 1 na výrobu polotovarů a hala č. 2 na výrobu vinutých pružin. Obě haly mají k dispozici sklady na vstupní materiál i hotové výrobky.

Hala č. 1 (výroba polotovarů) – materiál je do haly č. 1 dodáván ve formě drátěných svitků přímo z ocelárny, kde je nejprve naskladněn a posléze dále zpracováván. Dalším zpracováním se rozumí otryskání okují, zkoušení vířivými proudy, tažení, manipulace, rovnání, indukční popouštění, kalení, znovu zkoušení vířivými proudy a olejová impregnace. Po sledu těchto procesních operací se pružinový drát nachází v naimpregnované podobě opět ve formě drátěných svitků.



Obrázek č. 28 Tok výroby polotovaru pružinového drátu

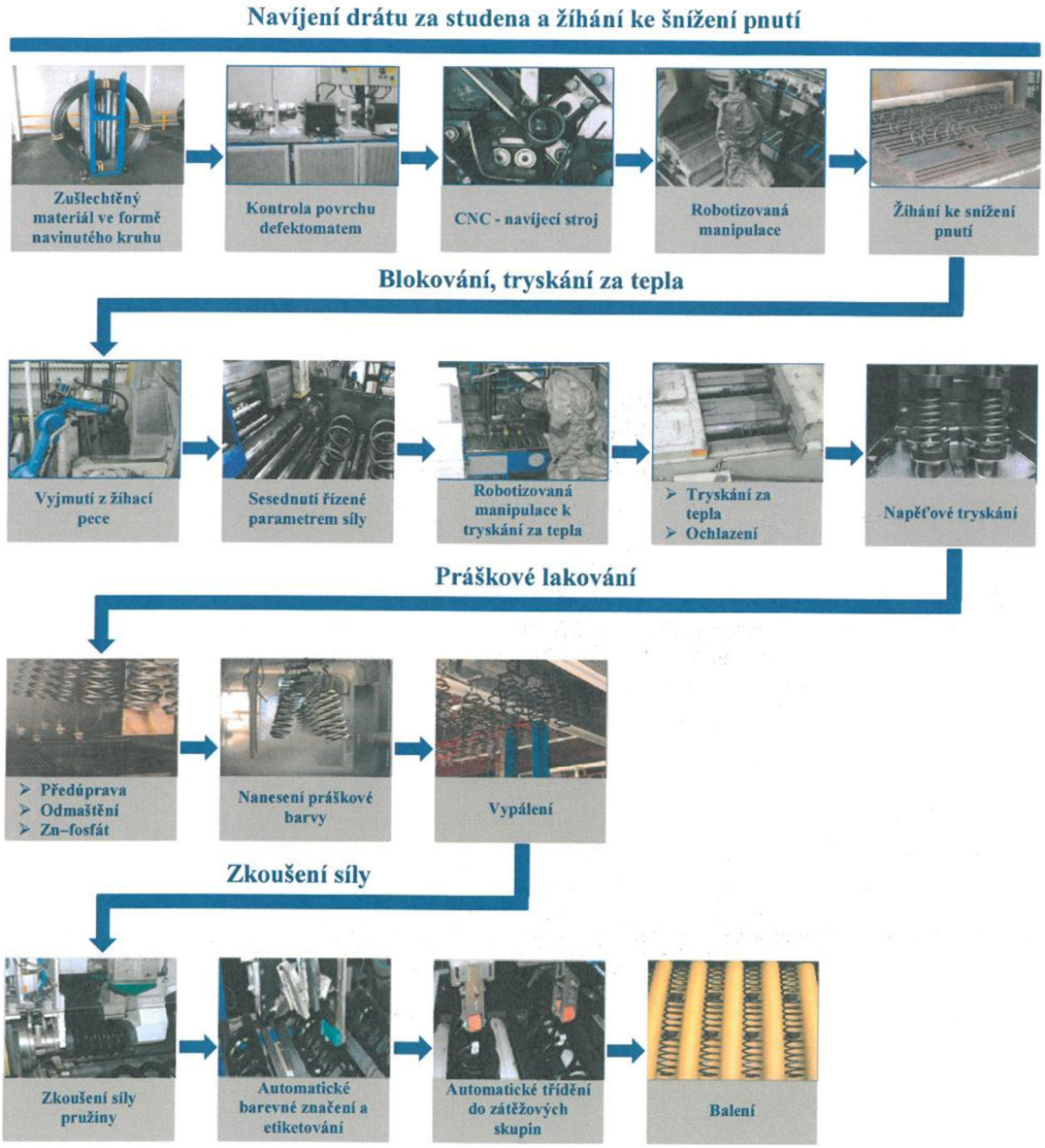
(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Jednotlivé drátěné svitky jsou umístěny do skladu hotových výrobků haly č. 1 a jsou připraveny k expedici pro halu č. 2. Z technologického hlediska tento drát musí ve

skladu zůstat uskladněn nejméně 24 hod, a to z důvodu možného prasknutí. Laboratorní analýzou je dokázáno, že největší možné riziko prasknutí je právě prvních 24 hod po technologické úpravě polotovaru.

Hala č. 2 (výroba vinutých pružin) – základem vinuté pružiny je zušlechtěný materiál ve formě navinutých kruhů. Tento materiál musí prvopočátečně projít kontrolou povrchu defektomatem, který dokáže odhalit příčné vady v materiálu. Po úspěšné kontrole je materiál připraven k navíjecímu procesu, kde proces probíhá v podmínkách teploty haly, tedy nedochází k žádné tepelné úpravě. Navíjecí automat jednoduše vystřihne pružinu podle tvaru a parametrů specifikace. Po navinutí je pružina robotizovanou mechanizací umístěna do popouštěcí pece, aby došlo ke snížení vnitřního pnutí, které vzniklo při navíjení. Pružina se dokáže podle stanoveného technologického cyklu nahřát až na teplotu 400 °C. Po popouštěcím procesu je pružina připravena na sesednutí řízené parametrem síly. Přesun pružiny z pece do tzv. blokovacího zařízení probíhá rovněž robotizovanou mechanizací. Vzhledem k tomu, že je materiál stále teplý, lze jej libovolně deformovat, a tím nastavovat tvar i silové parametry. Jakmile je stále teplá pružina sesednuta, je potřeba jí otryskat, aby se vyhladily drobné povrchové trhliny materiálu. Úpravou povrchu materiálu lze plynule přejít k procesu předúpravy, odmašťování, nanesení Zn–fosfátu a práškové barvy, která se pak následně vypálí v peci. Posledním okruhem výroby je zkoušení síly pružiny a automatické nastříkání jejího barevného značení nebo automatické nalepení etiketovací identifikace. Pružina je v posledním okruhu také tříděna podle zkontrolovaného parametru síly a v případě jejího nadbytku je možnost jí opakovaně procesně upravit. Po sledu všech výše zmíněných technologických operací zbývá už jen balení podle stanoveného balicího předpisu a vyexpedování balicí jednotky na příslušnou skladovou pozici.[41]

[41] Interní materiály firmy Mubea



Obrázek č. 29 Tok výroby vinuté pružiny

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Mimo uvedený výrobní tok některé pružiny z výrobní dávky prochází také pravidelnými kontrolními a laboratorními zkouškami. Jedná se zejména o test tření v tlumiči, geometrickou a napěťovou analýzu, určení přesné polohy tlakových bodů zatížení pružiny. V podmínkách laboratoře dále jde o kmitací zkoušky, test sesednutí, zkoušku v solné mlze, kamínkový test mechanické odolnosti či měření tloušťky laku.[42]

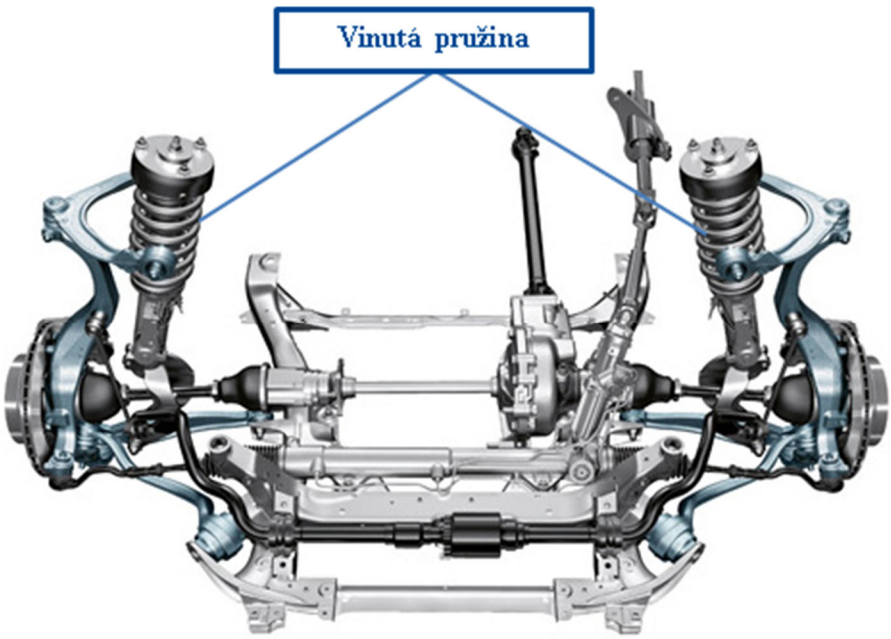
[42] Interní materiály firmy Mubea

3.4. Význam vinuté pružiny a její provedení

Vinutá pružina je jedna ze součástí podvozkových komponent, která primárně slouží k akumulaci a následnému znovu vydání energie při přejezdu automobilu terénní nerovností. Zjednodušeně lze říci, že jedná o součást podvozku automobilu, jež tlumí rázy okolního prostředí.

Funkce vinuté pružiny v osobním automobilu spočívá především v:

- Pružení a tlumení nerovností během jízdy jako je např. zrychlení, brždění, jízda v zatáčkách
- Komfort během jízdy
- Bezpečnost během jízdy



Obrázek č. 30 Pozice umístění vinuté pružiny v přední nápravě automobilu

(Zdroj: Lichoběžníková náprava. *Autolexikon.net* [online, citováno 17. prosince 2014]. Dostupné z: http://cs.autolexicon.net/articles/lichobeznikova-naprava/)

Z pohledu technických parametrů je každá pružina dosti specifická. Je to dáno především požadavky a kritérii zadaných zákazníkem. Všeobecně lze ovšem říci, že vinutou pružinu je možno zkonstruovat a vyrobit při znalosti následujících parametrů:

R…..tuhost [N/mm]

F…..zatížení [N]

s…..délka [mm]

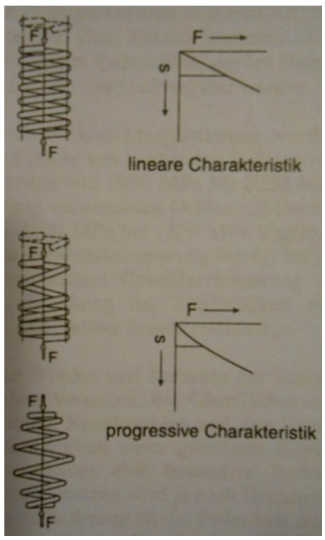
G…..modul pružnosti ve smyku (78.500 N/mm²)

d…..průměr drátu [mm]

D…..střední průměr těla [mm]

n…..počet aktivních závitů [ ]

Konstrukční rozdělení pružin je buď lineární, nebo progresivní. Lineární charakteristiku lze definovat jako stejnoměrné rozložení po stránce průměru závitů a vinutí závitů po celém těle pružiny. Progresivní charakteristika je specifická různorodým rozložením průměrů závitů a vinutí závitů po délce těla pružiny. Vizualizaci lineárního (horní) i progresivního provedení (prostřední, spodní) blíže charakterizuje následující obrázek.[43]



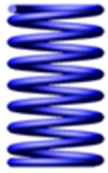
Obrázek č. 31 Charakteristika lineárního i progresivního typu pružiny

(Zdroj: LEISEDER, M. Ludwig, *Federelemente aus Stahl für die Automobilindustrie: Grundlagen und Federarten.* Německo, 1997, s. 52)

[43] LEISEDER, M. Ludwig, *Federelemente aus Stahl für die Automobilindustrie: Grundlagen und Federarten*. Německo, 1997, s. 47–54.

Z hlediska formy geometrie těla, koncovými geometriemi, formami drátu a pružinovými charakteristikami prošla pružina značným vývojem. V současnosti se setkáváme se čtyřmi nejpoužívanějšími kategoriemi:

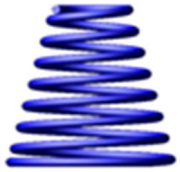
a) **Válcová pružina** – jedná se o konstantní stoupání a konstantní průměr v závitech těla.



Obrázek č. 32 Válcová pružina

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

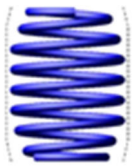
b) **Soudková pružina** – forma stoupání konstantním způsobem. To znamená, že průměr těla roste lineárně.



Obrázek č. 33 Soudková pružina

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

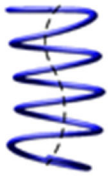
c) **Kuželová pružina** – konstantní stoupání, kde průměr těla až ke koncovému oku narůstá lineárně.



Obrázek č. 34 Kuželová pružina

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

d) **Pružina ve tvaru C** – jedná se o pružinu, která má většinou konstantní průměr těla. Stoupání závitů je formováno tak, že na zakřivené vnější straně mají závity větší rozestup než závity na vnitřní straně zakřivení. Tato pružina se v odborné terminologii někdy také označuje jako SL pružina neboli Side Load Feder.



Obrázek č. 35 Pružina ve tvaru C

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Svou naprostou významnost a jedinečnost z uvedených kategorií pružin má poslední zmíněný typ, a to pružina ve tvaru C neboli SL pružina. Tato pružina je svou konstrukcí naprosto unikátní, neboť jako jediná dokáže rozložit silový vektor při zatížení do více částí. V praxi dochází k tomu, že u provedení nápravy typu McPherson (tj. řešení, kde je tlumič veden středem pružiny, při kterém dochází k ještě lepší absorpci rázů do nápravy a zvýšení bezpečnosti vozidla při vyšších rychlostech) je mimo plnění základních funkcí (např. tlumení rázu) plněna i funkce šetření životnosti těsnění tlumiče. Princip spočívá v zakřivení a provedení stoupání závitů, kde svým uzpůsobením dochází k částečnému snížení intenzity tření mezi pružinou a těsněním tlumiče. Společnost Mubea byla první na světě, kdo s tímto nápadem přišel a má také oficiální patent k průmyslovému využití.[44]

Mubea není jen průkopník provedení SL pružiny, ale je to také první výrobce vinuté pružiny technologií vinutí studeným procesem.[45]

[44] MUHR, H. Karl a Leo Schnaubelt. *Radaufhängung mit einem radführenden Federbein* DE 3743450 C2. Německá, 28. 3. 1991. (patent)
[45] Interní materiály firmy Mubea

4. CÍL ŘEŠENÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem práce je definovat současný stav efektivity využití strojů ve vybraném výrobním úseku a na tomto základě charakterizovat rozhodující faktory v rámci ovlivňování efektivity jako východiska návrhu zlepšení produktivity strojů.

V rámci průzkumu se práce zabývá sledováním činností, které ovlivňují chod zvoleného výrobního podniku, a zaměřuje se především na skutečnosti vedoucí k ekonomickému plýtvání.

Pro splnění cíle diplomové práce jde o následující dekompozici řešení:

- analýza současného stavu výrobního úseku
- analýza výrobních činností
- analýza sběru výrobních dat
- stanovení výpočtu efektivity OEE a produktivity práce
- charakteristika jednotlivých typů výrobních prostojů
- metodika tvorby a implementace časových norem
- návrh zlepšení sběru a sledování výrobních dat
- návrh pro redukci vybraných typů prostojů
- návrh zpřesnění tvorby časových norem vybraného pracoviště

5. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Firma Mubea IT Spring Wire s.r.o. disponuje dvěma výrobními závody. V prvním případě je to hala č. 1 s výrobou polotovarů, ve druhém případě se jedná o halu č. 2 a výrobu vinutých pružin. V rámci praktické části se diplomová práce bude primárně zaměřovat právě na výrobu vinutých pružin.

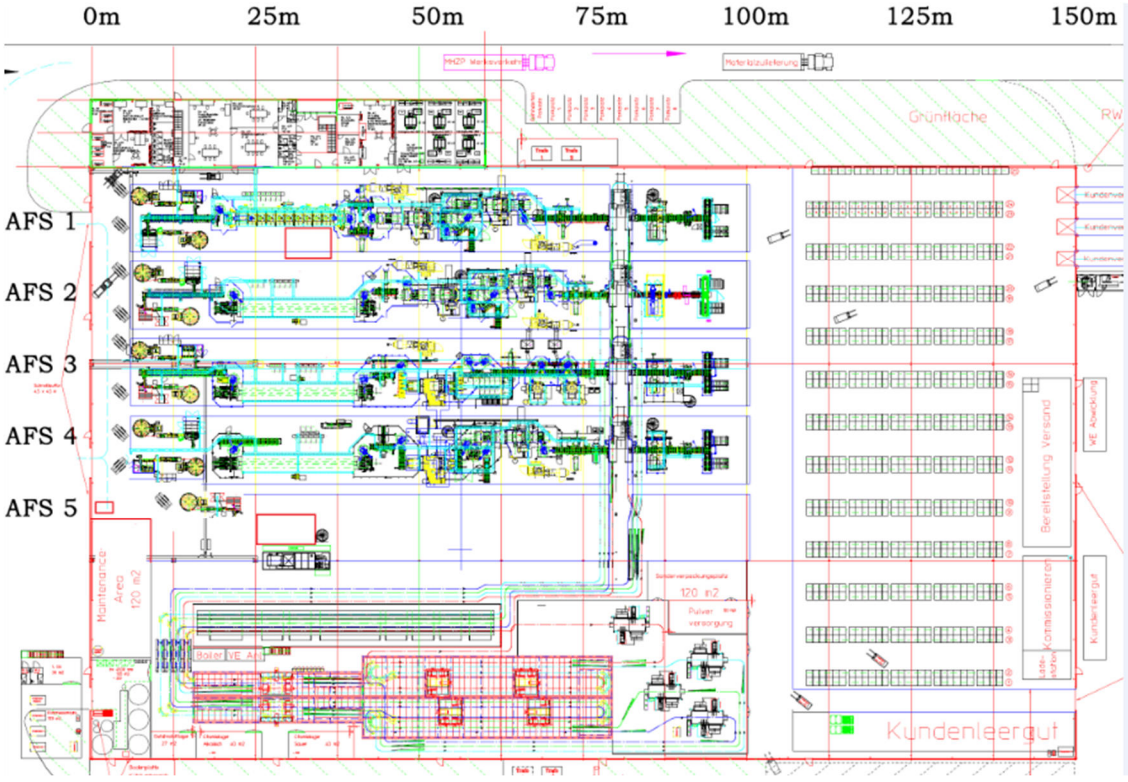
V závodě se analýzou a měřením práce, efektivností a produktivitou výrobních zařízení zabývá oddělení REFA. Název oddělení, který v českých podmínkách není příliš používaný, je převzat podle systematiky z centrály společnosti v Německu. V našem prostředí je oddělení REFA chápáno jako útvar, jenž se zabývá normováním a optimalizací výrobních procesů. V reálu je tato činnost určitou modifikací v Čechách více známého průmyslového inženýrství. Jak REFA v Německu, tak i v České republice se výhradně opírá o standardy Spolkového Svazu e.V. – Svaz pro organizaci práce, provozní organizaci a vývoj podnikání.

Současný stav je v podniku analyzován a popsán u činnosti výrobní linky na vinuté pružiny včetně dílčích pracovních operací, obsluhy operátorů, technickohospodářských faktorů ovlivňujících průběh výroby. Nezbytnou součástí analýzy je monitorování průběhu strojního zařízení s následnou možností optimalizace úrovně monitorovacích procesů a dále návrhy na odstranění některých sledovaných prostojů v návaznosti na cíl v podobě zvýšení efektivity výrobního chodu. Z hlediska analýzy a měření práce je nutné vysledovat aktuální stav dílčí výrobní operace balení a navrhnout řešení ke zvýšení efektivity této činnosti. Balicí operace jsou v závodě dlouhodobým slabým místem a důraz je kladen na jejich optimalizaci.

5.1. Analýza současného stavu výroby

Ve výrobě vinutých pružin se v současné době nachází čtyři výrobní linky. Celá výroba je koncipovaná v rámci výrobní haly č. 2 v areálu firmy Mubea IT Spring Wire s.r.o. Výrobní program je stanoven podle množství zákaznických odvolávek. Vyrábí se především velké sériové zakázky, ale i prototypy a v částečné míře i tzn. aftermarketové

série, které se následně prodávají jako náhradní díly pro starší modely vozidel. Dlouhodobý trend vývoje zákaznických odvolávek směřuje výrobu k nepřetržitému provozu na třech výrobních linkách a čtvrtá linka je standardně využívána v třísměnném pracovním režimu nebo podle odvolávkového stavu. Směnnost v nepřetržitém provozu probíhá ve dvanáctihodinových směnách a je celkově pokryta čtyřmi výrobními týmy. Pracuje se tedy včetně víkendů a placených svátků. Třísměnný provoz probíhá v režimu pracovních dní od pondělí do pátku, délce pracovní směny o osmy hodinách a zastoupení třech týmů. S tímto výrobním systémem je v Prostějově pro rok 2015 plánovaná výroba o objemu až 14,5 miliónů kusů. Kromě samotných linek a jejich částí se ve výrobní hale rovněž vyskytuje prášková lakovna, balicí a kontrolní pracoviště, sklad hotových dílů. Vstupní materiál, který je tažený, popouštěný a na svitku drátu připravený ve vedlejší hale, je uskladněn v prostorách mezi halami a podle potřeby je výrobními vozíčkáři navážen do prostor nacházejících se před výrobními linkami. Průjezdové cesty do haly jsou řešeny pomocí automaticky otevíracích vrat. Uzpůsobení výrobní haly včetně skladu je zobrazeno na obrázku č. 36.



Obrázek č. 36 Layout haly výroby vinutých pružin

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Na layoutu jsou zobrazena následující zařízení a pracoviště:

- 4 výrobní linky vinutých pružin
- 4 výrobní zařízení „Prüfanlage" pro zkoušení síly, nástřik barevného značení, tisk etikety a balení dílů
- 1 prášková lakovna
- 2 ruční pracoviště balení, přebalování výrobků
- 1 centrální sklad hotových výrobků

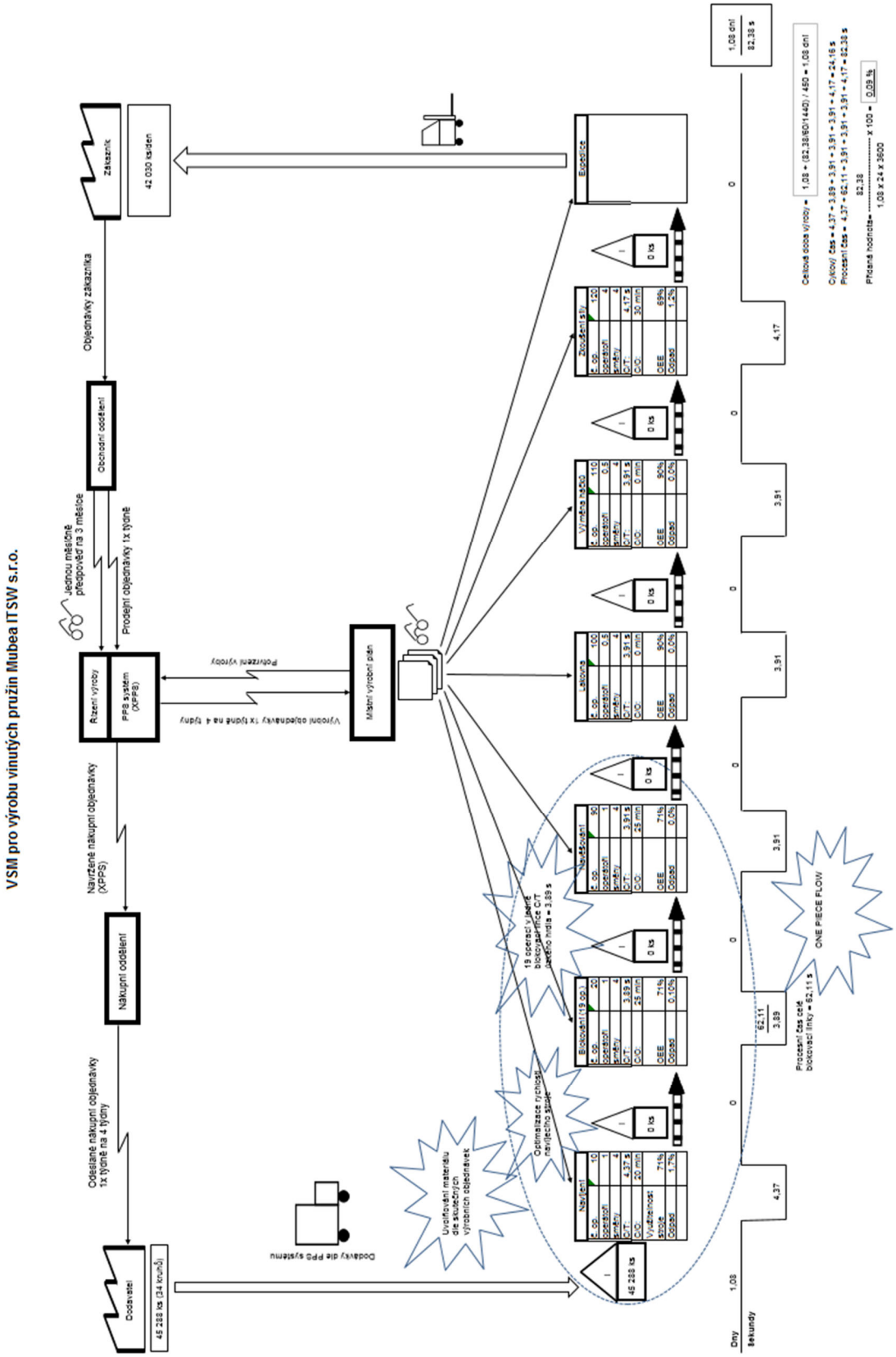
Z hlediska personálního obsazení pracuje v závodě 205 lidí. Ve výrobních pozicích se jedná o 152 pracovníků, v nepřímých výrobních a technickohospodářských pozicích o dalších 53. Stabilní obsazení směny od pondělí do pátku, tedy v době, kdy se potká směna nepřetržitého a třísměnného provozu, je 39 operátorů, o víkendu v době pouze nepřetržité směny je to 31 operátorů. Vedoucím směny je mistr a jeho přímým nadřízeným pak vedoucí výroby. Celkově se jedná o organizační liniově řídící strukturu, kde na nejvyšší pozici stojí vedoucí závodu.

5.1.1. Analýza hodnotového toku

Podstatou zmapování hodnotového toku v podniku bylo určit všechny procesy, jež zvyšují nebo nezvyšují hodnotu na cestě od materiálu k hotovému výrobku. Z hlediska mapování se jedná o analýzu VSM (Value Stream Mapping), tedy prakticky řečeno o analýzu toku hodnot současného stavu. Analýzou je zapotřebí zjistit, jak je efektivní tok hodnot k zákazníkovi, jak dlouhá je skutečná průběžná doba výroby, jaké jsou vazby mezi informačním a materiálovým tokem. Stěžejním zjištěním je výsledek přidané hodnoty neboli VA (Value Added) indexu. Jedná se o poměr časů, jež přidávají hodnotu k časům nepřidávajím.

Provedenou analýzou hodnotového toku byly zjištěny následující údaje:

- Celková doba výroby = 1,08 dne
- Cyklový čas = 24,16 s
- Procesní čas = 82,38 s
- Přidaná hodnota (VA index) = 0,09 %



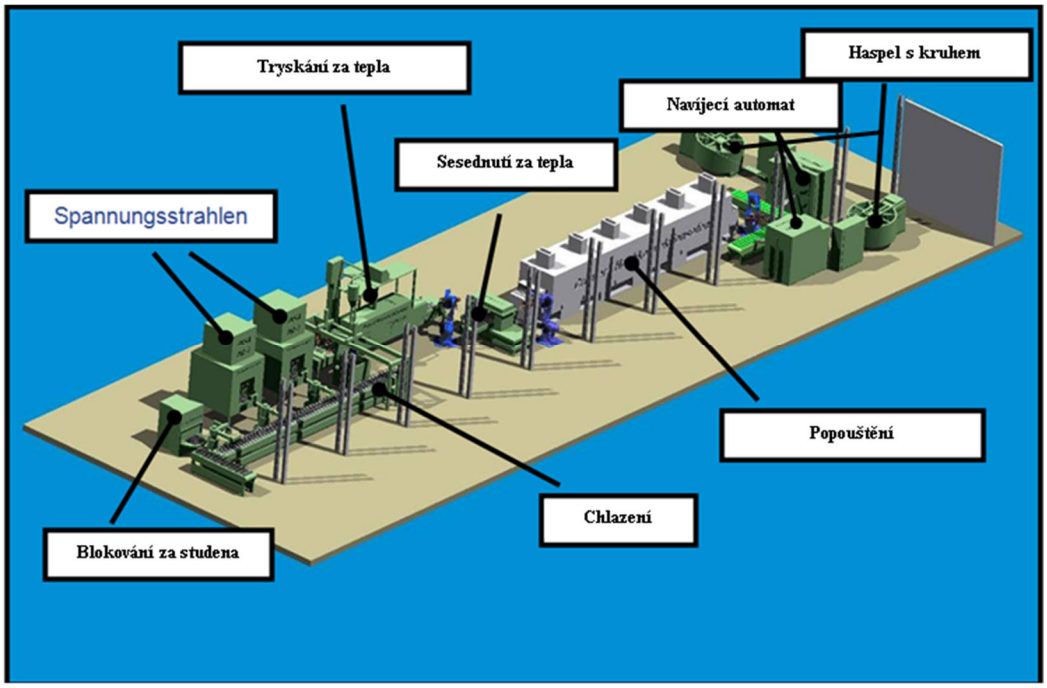
Obrázek č. 37 Hodnotový tok výroby vinuté pružiny

(Zdroj: Vlastní tvorba)

5.2. Analýza vybraného výrobního zařízení

Zvoleným výrobním zařízením pro analýzu je výrobní linka vinutých pružin. Jak bylo v předchozí podkapitole zmíněno, ve výrobě se nachází 4 výrobní linky. Na každé z nich je možné vyrobit v podstatě stejný typ pružiny, ovšem výrobní technologie nejsou zcela identické. Ve výrobě lze najít dvě verze technologií:

a) Výrobní linka vinutých pružin – technologie HPP–SP (High Performance Process – Stress Peening)

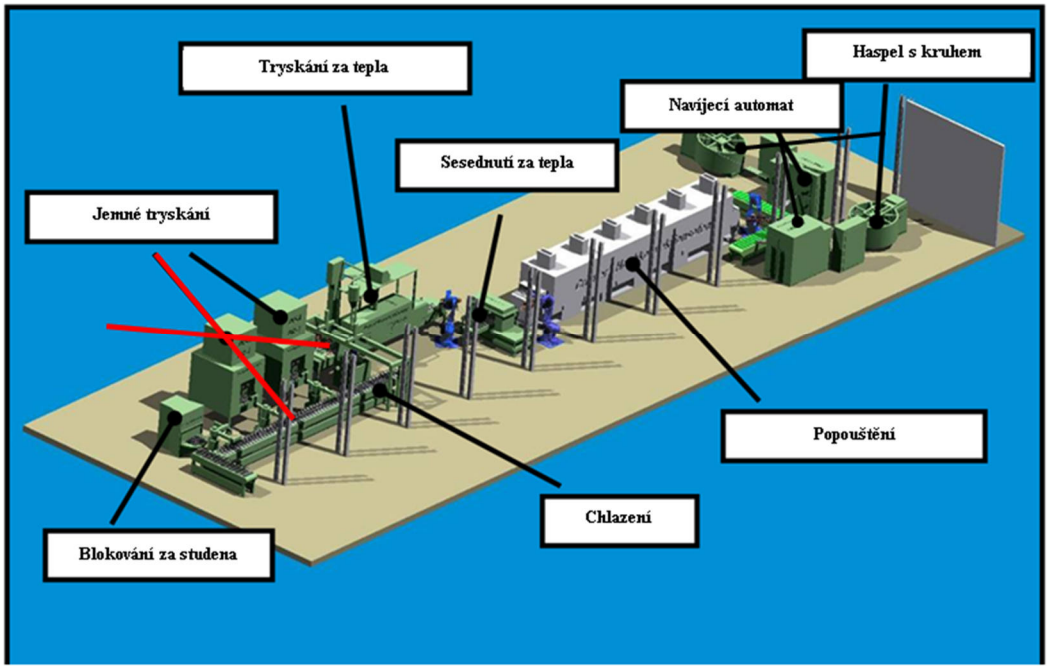


Obrázek č. 38 Výrobní linka technologie HPP–SP

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Celý výrobní proces vzhledem k uvedeným informacím v podkapitole 2.3. je asi zbytečné znovu popisovat, navíc z obrázku jsou patrné jednotlivé technologické kroky. Důležitým technologickým krokem pro nás bude část obrázku s popisem napěťové tryskání. U technologie HPP–SP se provádí dva typy tryskání. Nejprve hrubé průměrem tryskacího zrna o velikosti 0,8 mm a následně tzv. tryskání pod napětím, kde velikost tryskacího zrna je 0,6 mm. Pružiny jedoucí po automatickém pásu jsou pak střídavě vkládány do tryskacích kabin.

b) Výrobní linka vinutých pružin – technologie HPP–FP (High Performance Process – Fine Peening)



Obrázek č. 39 Výrobní linka technologie HPP–FP

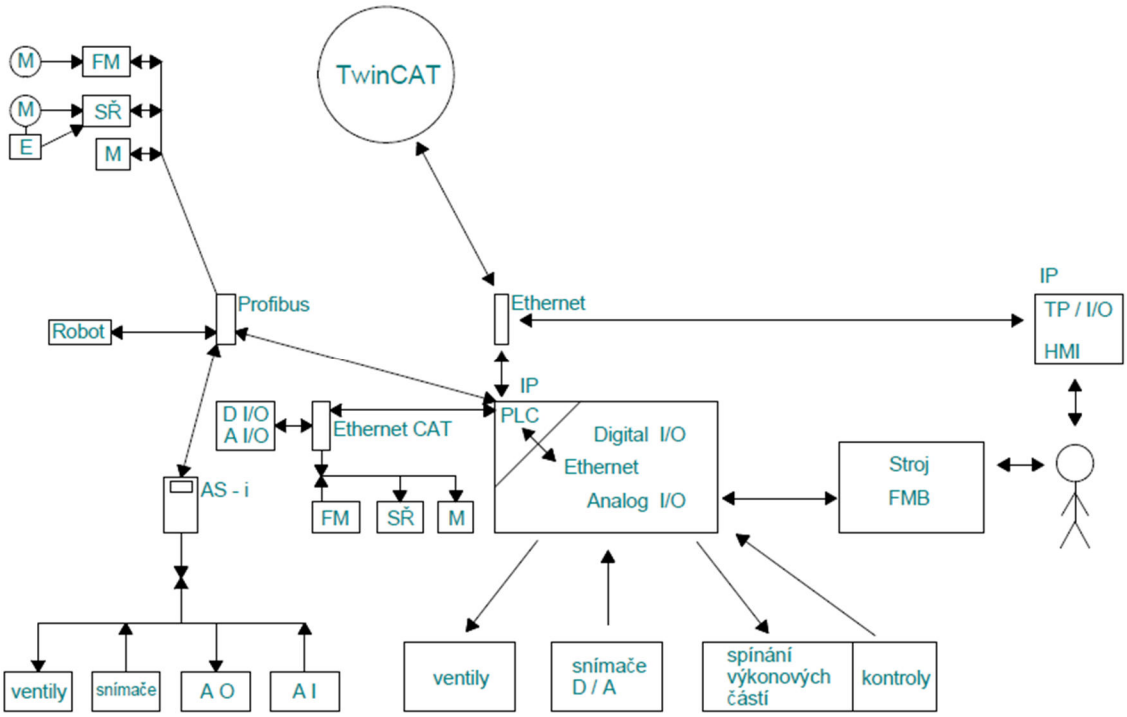
(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

U technologie HPP–FP se rovněž provádí dva typy tryskání. Kromě hrubého o velikosti tryskacího zrna 0,8 mm je to tzv. tryskání jemné, kde velikost zrna dosahuje 0,4 mm. Na obrázku si můžeme všimnout přeškrtnutí jednoho tryskače a to z důvodu toho, že jemné tryskání má pouze jednu tryskací kabinu. Procesní čas stroje není tak dlouhý jako u technologie HPP–SP a stroj dokáže pružiny tryskat v taktu linky.

Z hlediska výrobku je technologie HPP–SP v některých parametrech kvalitnější, pružina by měla vydržet větší počet kmitů, a tím by měla mít i vyšší životnost. Nákladově je ovšem její cena vyšší.

Kromě rozdílu v technologii tryskání jsou linky procesně velmi podobné. Další, ovšem už nikoliv tak technologicky zásadní rozdíl, bychom mohli najít v délkách cyklů

popouštěcích pecí. Všechny výrobní linky jsou plně automatizované s robotizovanými přesuny mezi jednotlivými úseky a disponují moderním hardwarem a softwarem. V linkách jsou zabudované průmyslové počítače PLC (Programmable Logic Controller) značky BECKHOFF. Primárním úkolem těchto počítačů je automatizace výrobních procesů neboli řízení výrobních linek pomocí digitálních nebo analogových vstupů a výstupů. Softwarově jsou pak tyto počítače ovládány a programovány prostřednictvím programu TwinCAT. Komunikace operátora a linky je pak zprostředkovaná pomocí dotykového panelu.



Obrázek č. 40 Komunikace operátora a výrobní linky

(Zdroj: Vlastní tvorba, interní materiály firmy Mubea)

Linku stabilně obsluhují dva operátoři. První se stará o obsluhu navíjecího automatu a druhý o provoz zbytku linky. Když si všimneme počáteční oblasti linky, vyskytují se dva navíjecí automaty. Toto provedení je z důvodu seřizování stroje. Seřízení navíjecího automatu na jiný typ pružiny je poměrně náročná činnost a může trvat i v rozmezí několika hodin. Aby výroba vzhledem k rozsáhlému seřizování nebyla v prostoji, právě osazení dvěma navíjecími automaty bylo zvoleno jako ideální řešení. Když jedno

zařízení vyrábí, druhé se může paralelně seřizovat a naopak. O seřizování stroje se stará seřizovač, přičemž na směně stabilně pracují 3 seřizovači, mající na starost 4 linky.

Linka v provozu dokáže stabilně vyrábět 13–14,2 ks/min v závislosti na typu a geometrii pružiny. V rámci výrobního taktu to pak odpovídá hodnotě od 4,2–4,8 s/ks. Podnikový cíl pro výkonnostní využití dělá 70 %. Linka vyrábí nepřetržitě po dobu celé směny, kde přestávky operátorů se řeší střídáním. Operátor by tedy na konci dvanáctihodinové směny měl vyrobit 6 552–7 157 ks. V podniku se stroj zastavuje jen v době plánovaných odstávek, což jsou především údržby. Systém údržeb je rozvržen na tzv. malé a velké údržby. Malé údržby se provádí pravidelně jednou za týden a linka se odstavuje na 10 hodin. Velké údržby se dělají dvakrát za rok a odstavení linky trvá v rozmezí 9–14 dnů, v závislosti na rozsahu potřeby údržbářských prací. Další plánované prostoje linky už mohou být jen v důsledku nedostatku zakázek nebo jiných celopodnikových důvodů.

5.2.1. Analýza taktu výrobní linky

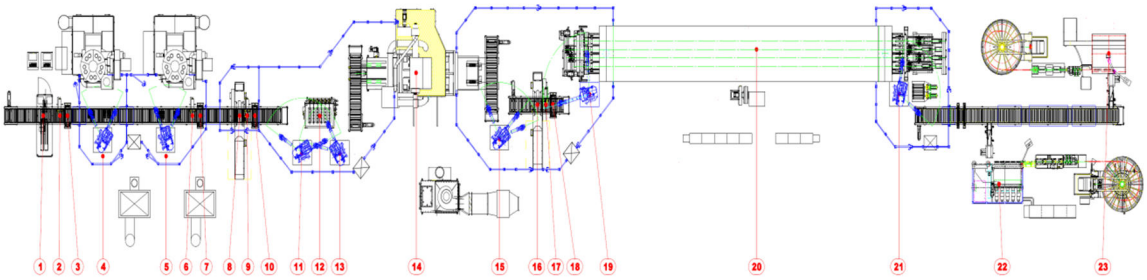
Dle uvedených informací se v závodě vyrábí široké portfolio pružin různých specifikací a tvarů geometrie. Pružina pak v závislosti na své fyzické podobě ovlivňuje takt výrobní linky. Ovlivňujícími faktory jsou materiál a průměr drátu, volná délka, počet závitů a tvar těla pružiny. V podniku se vyrábí pružiny válcové, soudkové, kuželové a pružiny ve tvaru C. Při výrobě je pak cílem nastavit celou linku tak, aby jednotlivé výrobní kroky na sebe kontinuálně navazovaly a výroba probíhala ideální technologickou rychlostí.

Operátoři na začátku výrobní dávky nastaví rychlost navíjecího automatu a rychlost průběžného tryskání. Zbylé výrobní kroky se pak spolu automaticky zřetězí. Kromě PLC vybavení ovšem linky nedisponují žádným monitorovacím systémem pro stav aktuálního taktu linky. Pro kontrolu, zdali nastavené hodnoty odpovídají reálu a ve výrobním procesu není úzké místo, které by kontinuálnost chodu linky brzdilo, se musí přistupovat pomocí klasických stopek. Vzhledem k počtu aktivních dílů ve výrobě (ca.

960) nelze časově měřit každý díl, ale jen vybrané. Z hlediska dlouhodobého měření se takt stroje vykazuje v rozmezí zmíněných 4,2–4,8 s/ks.

Pro kontrolní analýzu bylo uděláno měření náhodně zvoleného dílu zákazníka PSA.
Číslo dílu: 96 734 058 80
Ident: 062268
Délka: 185 mm
Průměr těla: 114 mm
Průměr drátu: 10 mm

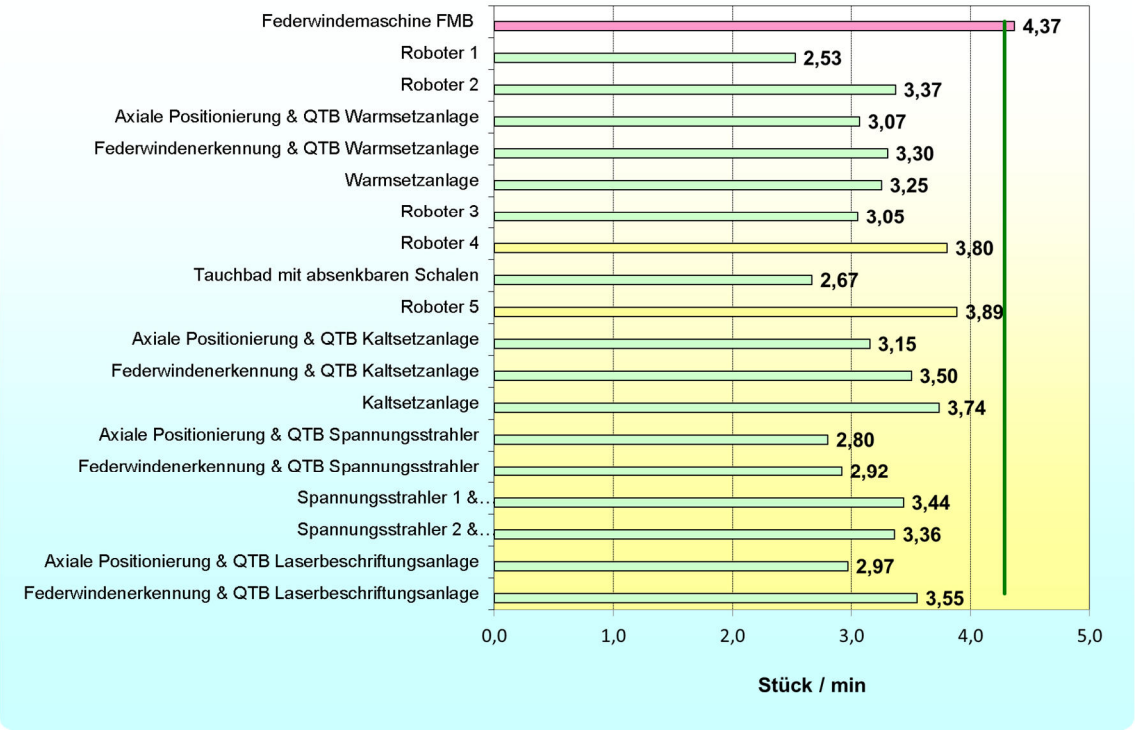
Takt stroje se měřil podle centrálně předem nadefinovaného podnikového standardu, kdy byly měřeny časové intervaly mezi odvedením vždy dvou po sobě následujících kusů. V každé výrobní části linky bylo takto změřeno vždy 30 taktů. Výsledná hodnota jednotlivých výrobních částí se na konci měření zprůměrovala. Měřeny byly vybrané výrobní kroky linky – viz obrázek č. 41.



Obrázek č. 41 Zvolené kroky pro analýzu taktu linky HPP–SP

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Výsledkem měření je graf znázorňující takty jednotlivých výrobních kroků linky a samozřejmě výběr tzv. úzkého hrdla, tedy místa, ve kterém linka vyrábí nejpomaleji a které zároveň determinuje výsledný celkový takt stroje.



Graf č. 2 Analýza taktu linky HPP–SP

(Zdroj: Vlastní tvorba, interní materiály firmy Mubea)

Z grafu je patrné, že úzkým hrdlem při výrobě zvoleného dílu je vstupní operace navíjení, kde takt stroje dosahuje 4,37 s/ks.

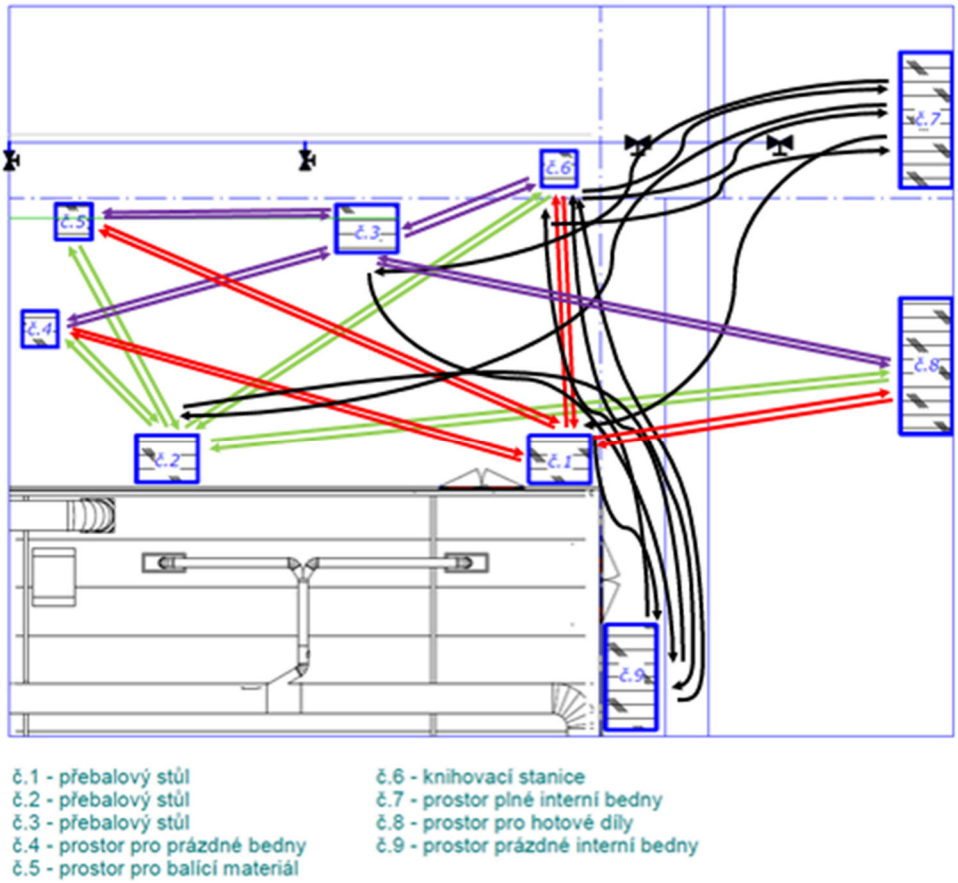
5.3. Analýza ručního pracoviště balení, přebalování

Dalším, pro analýzu stěžejním pracovištěm je ruční pracoviště balení, přebalování dílů. Balicí operace jsou z dlouhodobého trendu v podniku slabým místem. Je nezbytné se jimi zabývat a následně je také optimalizovat. Ve výrobní hale se nacházejí dvě pracoviště, v nichž probíhá balení pružin do zákaznických beden. Jedno je využívané výhradně pro kontrolu a přebalování zákazníka PSA, druhé je využívané pro ostatní zákazníky. Důvodem existence těchto pracovišť je především častý nedostatek zákaznických beden pro expedici, kdy podnik díky velkým nájemním nákladům nedrží potřebnou zásobu. V mnoha případech zákazník také často vyžaduje provádění některých výstupních kontrol před samotnou expedicí. Svou koncepcí uspořádání jsou si obě pracoviště velmi podobné. Za normálních okolností se pružiny balí do zákaznických beden přímo na pracovišti Prüfanlage. Pokud se pružiny nezabalí přímo, tak se balí do interních beden a následně přebalují. Existence přebalovacích pracovišť je také z podnikového pohledu určitou výhodou, protože je možné na nich provádět některou vícepráci, která by z kapacitních důvodů nešla na pracovišti Prüfanlage vykonávat. Jedná se např. o přelepení etikety, opravu barevného značení, popř. opravu gumy nalepené na pružině.

Obrázek č. 42 Ruční pracoviště balení, přebalování pružin

(Zdroj: Vlastní tvorba)

Personální obsazení směny na přebalovací stanici je tvořeno 3 pracovníky. Pracuje se v kombinaci dvanáctihodinových a osmihodinových ranních směn. Noční provoz pro tato pracoviště zatím nebyl zřízen. Negativem nočního provozu by bylo provádění vizuální kontroly některých dílů a odhalování předepsaných vad. Pracovní organizace směny funguje tak, že vždy jeden pracovník naváží interní bedny k přebalení, prázdné zákaznické obaly, balicí materiál. V další fázi tento pracovník také knihuje přebalené bedny a tiskne balicí karty, jež primárně slouží k označování hotových beden. Zbylí dva pracovníci se starají o balení a značení beden kartami. Pod střediskem přebalování je celkově zaměstnáno 8 lidí a v případě potřeby jsou ještě doplňováni brigádníky. Špagetový diagram, uvedený na obrázku č. 43, blíže charakterizuje dráhy pohybů pracovníků po přebalovací stanici.



Obrázek č. 43 Špagetový diagram ručního pracoviště balení, přebalování pružin

(Zdroj: Vlastní tvorba)

Za sledované období posledních dvanácti měsíců bylo zjištěno, že se v podniku dohromady přebalilo, zkontrolovalo přes 1,9 milionů pružin. Z toho přebalovací pracoviště zákazníka PSA představovalo přes 788 tis. pružin a přebalovací pracoviště ostatních zákazníků přes 1 115 tis. pružin. Uvedené kusy byly získaný z podnikového informačního systému za sledované období.

Datum	PSA	Ostatní zákazníci	PSA + ostatní zákazníci
duben 2014	100 601	121 194	221 795
květen 2014	71 263	135 413	206 676
červen 2014	76 959	102 073	179 032
červenec 2014	57 711	91 474	149 185
srpen 2014	35 846	109 228	145 074
září 2014	71 462	98 435	169 897
říjen 2014	46 493	85 799	132 292
listopad 2014	51 604	66 947	118 551
prosinec 2014	32 576	55 627	88 203
leden 2015	78 184	62 786	140 970
únor 2015	78 554	77 871	156 425
březen 2015	86 816	108 987	195 803
∑	**788 069**	**1 115 834**	**1 903 903**

Tabulka č. 1 Množství přebalovaných, kontrolovaných dílů

(Zdroj: Vlastní tvorba, interní materiály firmy Mubea)

Z hlediska pracovních výkonů se dlouhodobě na pracovníka jedná o rozmezí 1700–2700 kusů zabalených pružin za 11 hodin práce. Velké rozmezí výkonu se odvíjí od provedení konkrétní balicí jednotky, váhy a typu pružiny. Různou variabilitu a náročnost konkrétních balicích jednotek také odrážejí příslušné výkonnostní normy. Dalším faktorem, jenž nelze dopředu předpověď s přesnou prognózou, je vícepráce při opravách některých pružin. Každá výrobní dávka může být při náročnosti na opravy nepatrně rozdílná, což následně odráží výkon pracovníka.

5.4. Analýza a měření práce v podniku

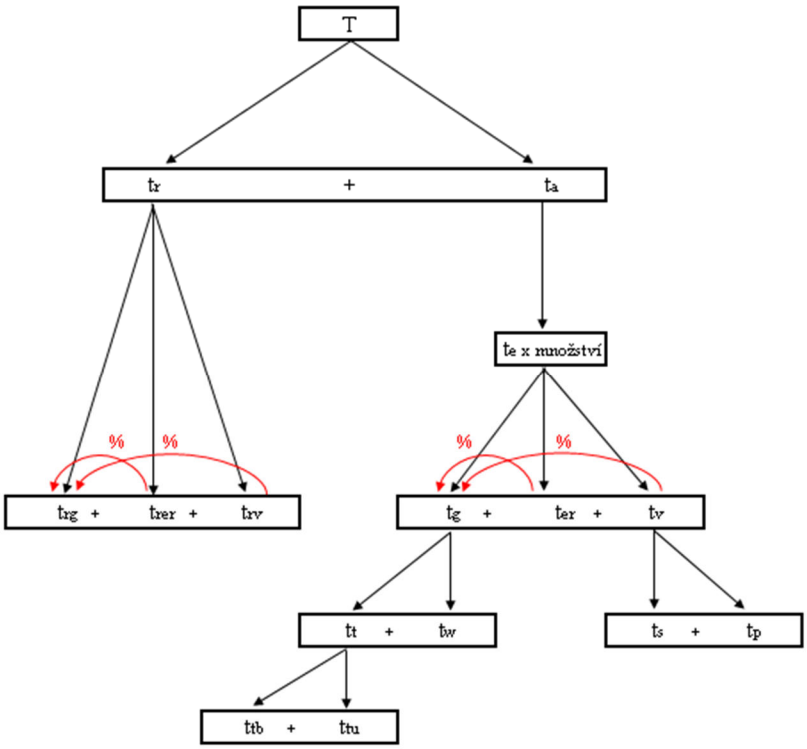
Z hlediska analýzy a měření jsou v podniku plně nastavené standardy německé systematiky REFA (Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung). Volným překladem se dá zkratka organizace REFA chápat jako „říšský výbor pro stanovování časových snímků práce". Systematika REFA se v rámci měření pracovních operací opírá o přímé měření a pozorování. Měření se v podniku provádí digitálními stopkami nebo prostřednictvím speciálního měřícího prkna. Ve všech případech měření se vždy provádí kontinuální časová studie, tedy studie náročnosti času na výrobní operaci prostřednictvím soustavného a opakovaného měření. Podle poskytnutých informací je patrné, že v podniku se v drtivé většině případu jedná o snímek pracovní operace, v případě potřeby se realizovaly i snímky celého pracovního dne. Výstupem pak bývá celopodnikově standardizovaná časová studie vycházející právě z německé systematiky.

Obrázek č. 44 Používané časoměrné prostředky v podniku

(Zdroj: Vlastní tvorba)

REFA obecně časové snímky rozlišuje podle toho, jestli danou výrobní operaci vykonává člověk nebo stroj. Případně je možné dva typy časových studií mezi sebou kombinovat a to podle toho, zdali je aktuální část operace závislá na člověku nebo na stroji.

Pokud se jedná o operaci nebo o část operace, která je prováděna člověkem, časová studie bude koncipovaná podle obrázku č. 45.



Obrázek č. 45 REFA a měření činností prováděných člověkem

(Zdroj: Zeitgliederung nach REFA, bezogen auf den Menschen. *Technischerbetriebswirt-ihk.de* [online, citováno 21. března 2015]. Dostupné z: http://www.technischerbetriebswirt-ihk.de/tfw/texte/)

"T" = Auftragszeit, čas zakázky

"tr" = Rüstzeit, čas přípravy

"ta" = Ausführungszeit, čas vykonávání činnosti

"te" = Zeit je Einheit, čas na jednotku (např. ks)

"trg" = Rüstgrundzeit, základní čas přípravy

"trv" = Rüstverteilzeit, poměrný čas při přípravě (vykonání osobních potřeb)

"trer" = Rüsterholzeit, odpočinkový čas při přípravě

"tg" = Grundzeit, základní čas práce

"ter" = Erholzeit, odpočinkový čas pří práci

"tv" = Verteilzeit, poměrný čas při práci

"tt" = Tätigkeitszeit, doba činnosti

"tw" = Wartezeit, doba čekání

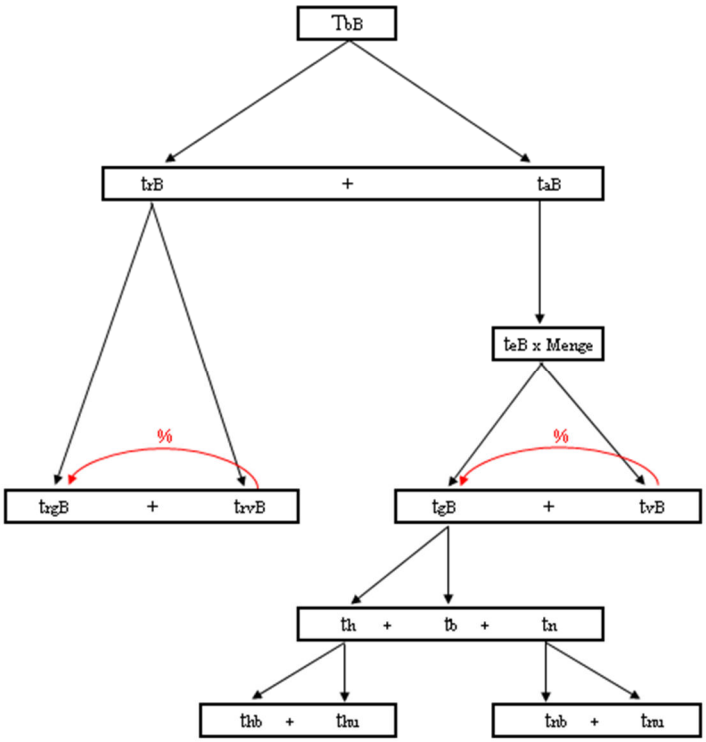
"ts" = sachliche Verteilzeit, věcný poměrný čas (neočekávané vlivy)

"tp" = persönliche Verteilzeit, osobní poměrný čas (vykonání osobních potřeb)

"ttb" = beeinflussbare Tätigkeitszeit, ovlivnitelná doba činnosti

"ttu" = unbeeinflussbare Tätigkeitszeit, neovlivnitelná doba činnosti

Pokud se naopak jedná o operaci nebo o část operace, která je prováděna strojem, je časová studie koncipovaná podle obrázku č. 46.



Obrázek č. 46 REFA a měření činností prováděných strojem

(Zdroj: Zeitgliederung nach REFA, bezogen auf das Betriebsmittel. *Technischerbetriebswirt-ihk.de* [online, citováno 21. března 2015]. Dostupné z: http://www.technischerbetriebswirt-ihk.de/tfw/texte/)

"TbB" = Belegungszeit, doba obsazení stroje

"trB" = Betriebsmittelrüstzeit, čas přípravy stroje

"taB" = Betriebsmittelausführungszeit, čas vykonávání činnosti strojem

"teB" = Betriebsmittelzeit je Einheit, čas stroje na jednotku (např. ks)

"trgB" = Betriebsmittelrüstgrundzeit, základní čas přípravy stroje

"trvB" = Betriebsmittelrüstverteilzeit, poměrný čas při přípravě stroje

"tgB" = Betriebsmittelgrundzeit, základní čas práce stroje

"tvB" = Betriebsmittelverteilzeit, poměrný čas při práci stroje

"th" = Hauptnutzungszeit, doba hlavní činnosti stroje

"tn" = Nebennutzungszeit, doba vedlejší činnosti stroje

"tb" = Brachzeit, chod naprázdno

"thb" = beeinflussbare Hauptnutzungszeit, ovlivnitelná doba hlavní činnosti stroje

"thu" = unbeeinflussbare Hauptnutzungszeit, neovlivnitelná doba hlavní činnosti stroje

"tnb" = beeinflussbare Nebennutzungszeit, ovlivnitelná doba vedlejší činnosti stroje

"tnu" = unbeeinflussbare Nebennutzungszeit, neovlivnitelná doba ved. činnosti stroje[46]

Zajímavostí jsou tzv. poměrné časy (Verteilzeit), jež v sobě vždy zahrnují předpokládaný čas, kdy operátor či stroj nemůže vykonávat danou činnost. V případě činnosti operátora se jedná o osobní poměrný čas a věcný poměrný čas. Osobní poměrný čas představují předpokládané prostoje, kdy člověk musí vykonat své osobní potřeby (např. odchod na toaletu, pitný režim atd.). Věcný poměrný čas je předpokládaný čas ztrát tzv. zásahem vyšší moci (např. výpadek proudu, neočekávaný prostoj způsobený okolím). Ve firmě Mubea se standardy na velikost těchto ztrát pohybují v rozmezí 4–8 % v závislosti na typu pracoviště. V případě činnosti stroje lze hovořit jen o obecném poměrném času stroje, tedy prostoji způsobeném spíše okolními vlivy, který se podle nastaveného podnikového standardu pohybuje dle typu stroje v rozmezí 2–5 %.

Dalším důležitým faktorem při tvorbě časových studií v případě činnosti operátora je tzv. výkonnostní stupeň (Leistungsgrad). Jedná se o výkonnostní ohodnocení daného člověka vzhledem k činnosti, kterou vykonává. V podstatě je tento výkonnostní stupeň determinován subjektivním názorem normovače na základě jeho zkušeností. Výkonnostní stupeň se tedy odvíjí od výsledku časové studie, případně návaznosti na dosažitelnost výkonnostní prémie pracovníka. Výkonnostní normy jsou v podniku nastaveny na stupnici 100–130 %. Mubea standard protokolu měření spotřeby času podle systematiky REFA můžeme najít v příloze 1.

[46] Zeitgliederung nach REFA. *Technischerbetriebswirt-ihk.de* [online, citováno 22. února 2015]. Dostupné z: http://www.technischerbetriebswirt-ihk.de/tfw/texte/

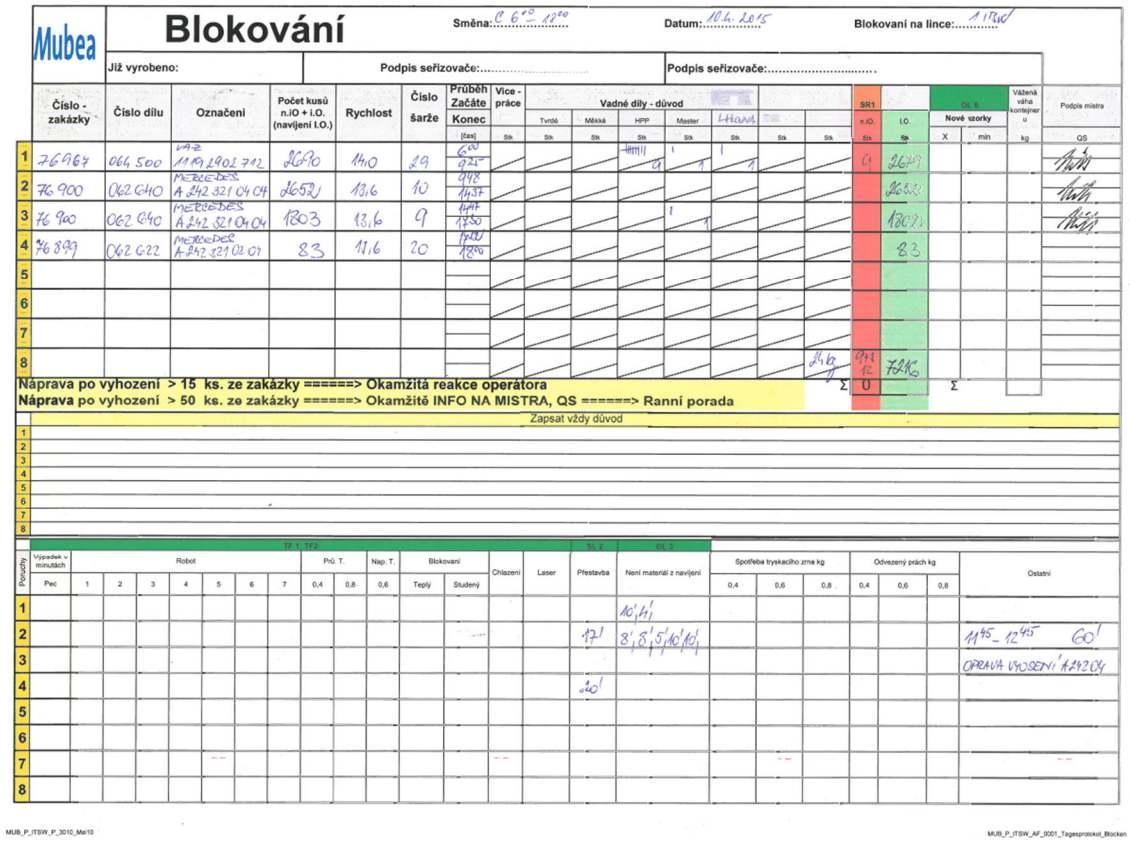
5.4.1. Tvorba norem spotřeby práce balicích, přebalovacích procesů

V současné době jsou normy spotřeby práce balicích, přebalovacích procesů vytvářeny pomocí zmíněné systematiky v předchozí podkapitole, tedy německé systematiky REFA. Vzhledem k časové náročnosti zabalení jednotlivých balicích jednotek se jako relevantní počet měření bere alespoň dvacet opakování pro každý druh balení. Osobní poměrný čas, kdy člověk musí vykonat své osobní potřeby jako je např. odchod na toaletu, pitný režim se v tomto případě pohybuje na úrovni 5%. Věcný poměrný čas, definovaný jako čas ztrát tzv. zásahem vyšší moci, se standardně pohybuje rovněž na úrovni 5%, ovšem do této kategorie spadají také předpokládané ztráty v podobě vícepráce pro daný typ výrobku. Prostřednictvím této kategorie se prognózuje, kolik by operátor mohl ztratit času na např. opravu barevného značení pružiny. Stanovení předpokladu pro vícepráce nelze samozřejmě předpověď detailně, neboť každá výrobní dávka může být nepatrně odlišná. Rozpětí ztrát pro vícepráce se odhaduje buď na základě pozorování více výrobních dávek, popř. na základě vypsaného výkazu práce, kde je poznámka o velikosti a náročnosti vícepráce. Jak již bylo zmíněno, výkonnostní stupeň (výkonnostní ohodnocení daného člověka) závisí na subjektivním názoru a zkušenosti pozorovatele. V podniku obecně platí, že výkonnostní norma by pro operátora měla být dosažitelná, tudíž za normálních okolností se určené výkonnostní stupně pohybují kolem 120 %. Používaným časoměrným prostředkem pro tento typ pozorování bývají v drtivé většině případů stopky.

Norma spotřeby práce balicích procesů je vždy rozdělena na hlavní cyklus a tzv. vedlejší činnosti. U tohoto typu činnosti bývá hlavním cyklem samotné balení dané jednotky, mezi vedlejší činnosti patří operace jako navezení prázdných beden, odvoz plných beden, doplnění pomocného balicího materiálu, zapsání provedeného výkonu do listu výkazu práce. Přehled všech výše popsaných úkonů při stanovování tohoto typu normy spotřeby práce interpretuje obrázek v příloze 2.

5.5. Analýza sběru a vyhodnocování výrobních dat

Podnik v současné době nedisponuje elektronickým sběrem výrobních údajů. Veškeré výrobní evidence a jejich následné vyhodnocování probíhá prostřednictvím předem nadefinovaných a následně také vypsaných výrobních protokolů. Operátor výrobního zařízení do protokolu zapisuje informace o aktuálně vyráběném typu, materiálové šarži, množství shodných a neshodných dílů, v neposlední řadě také výrobní prostoje probíhající na pracovišti.



Obrázek č. 47 Výrobní protokol blokování

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Zajímavostí protokolu jsou oranžově, červeně, zeleně a světle zeleně předdefinované kódy. Účelnost těchto kódů slouží pro třídění jednotlivých kategorií v rámci výpočtu celkové efektivnosti zařízení (OEE). Firma Mubea má celosvětově nastavený standard

pro výpočet tohoto ukazatele. V podnikovém zastoupení je nazýván jako databanka KPI-P.

KPI (Key Performance Indicators) – kritéria řízení výkonnosti. Podle literatury se tato metodika obecně používá k hodnocení výkonnosti podniku a srovnání výsledků se stanovenými cíli a úkoly.[47]

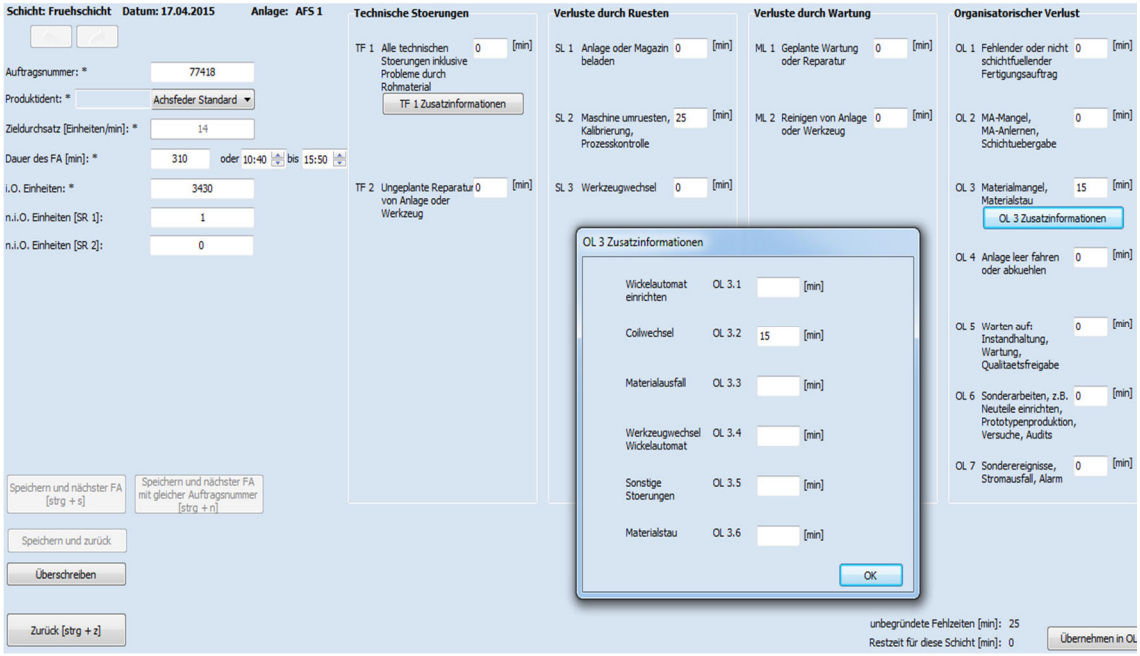
Ukazatel celkové efektivnosti zařízení (OEE) patří právě do skupiny stanovených indikátorů vyhodnocování výkonnosti podniku ve firmě Mubea.

5.5.1. Systematika výpočtu ukazatele OEE

Základem pro výpočet OEE je plánovaní směn a tím spojeného disponibilního času výroby v měsíci. Plánování disponibility směn probíhá vždy v předstihu v návaznosti na plánování kapacit. Pro obojí plánování je pak základem údaj o zákaznických odvolávkách pro dané období. Podnik má nadefinovanou směrnice, která determinuje jednotlivé dílčí kroky výpočtu OEE. Plánování, zdali výrobní zařízení bude disponibilní, musí být podle zmíněné směrnice nejpozději tři dny předem, jinak se zařízení bude vykazovat jako ztrátové. Plánované odstávky, jež se v ukazateli neprojeví, jsou dány nedostatkem zákaznických odvolávek, svátky nebo podnikovými prázdninami. Naopak faktory, které se v ukazateli projeví a budou využití stroje snižovat, jsou např. údržby. Z hlediska samotného zadávání dat do aplikace KPI-P se údaje o výrobě evidují podle jednotlivých výrobních zakázek. V databance pak máme k dispozici informace nejen o OEE směny, dne nebo měsíce, ale také o ztrátách u jednotlivých zakázek. Princip evidence zakázek spočívá v zadání čísla zakázky, její výrobní délky, počtu shodných a neshodných dílů, informaci o technických poruchách, přestavbách, seřizování, údržbě, v případě výroby prototypového dílu i tyto způsobené prostoje. Bázi výpočtu celkové efektivnosti zařízení chce Mubea zachovat, aby v ní byly vidět všechny druhy výrobních ztrát. V praxi často dochází ke konfrontaci se zákazníkem z hlediska správnosti výpočtu celkové efektivnosti zařízení. Někteří

[47] ŠOLJAKOVÁ a L., FIBÍROVÁ, J. *Reporting: 3 rozšířené a aktualizované vydání.* Praha: Grada Publishing, 2010, s. 10.

zákazníci při výpočtu např. nevztahují jako prostoj přestavby nebo údržbu. Ukazatel pak dosahuje vyšších hodnot, ovšem nezahrnuje všechny druhy produkčních ztrát.



Obrázek č. 48 Výpočet OEE prostřednictvím podnikové aplikace KPI-P

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Plánovaná hodnota pro ideální cyklus stroje je centrálním managementem společnosti nastavena v prostějovském závodě na 14 ks/min pro všechny typy pružin. Vzhledem k širokému portfoliu pružin, které se zde vyrábí (přibližně 960 aktivních dílů) a různorodosti jednotlivých konstrukčních provedení (válcová, soudková, kuželová a SL pružina) je poměrně diskutabilní, zdali je takto univerzálně nastavená hodnota z hlediska výpočtu výkonu ukazatele OEE plauzibilní.

Pružinové linky jsou ve všech závodech společnosti Mubea vyhodnocovány pro blokovací část, jinými slovy se v kalkulaci promítají kusy, které na výstupu končí u operace blokování za studena (kap. 5.2.). Cílová hodnota OEE je v Prostějově nastavena na 65 % využití stroje za měsíc. V současnosti se závodu běžně daří plnit v rozmezí 63–64 %. Výroba je ovšem dimenzovaná na předpoklad dvou ročních, velkých údržeb. Z hlediska těchto údržeb je nutné zastavit výrobní linky minimálně na 9 dnů provozu,

což se v daném měsíci projeví negativní hodnotou efektivnosti zařízení. V případě měsíce, ve kterém je vykonávaná velká údržba, dosahuje obvykle hodnota OEE výsledku minimálně o 30 % horšího. Mubea s ukazatelem OEE pracuje od března roku 2014, předtím se vyhodnocování efektivity zařízení opíralo o německý ekvivalent známy jako GEFF (Gesamtanlageneffizienz). Přehled vývoje OEE od března do prosince roku 2014 – viz tabulka č. 2.

Měsíc / Rok	Leden 2014	Únor 2014	Březen 2014	Duben 2014	Květen 2014	Červen 2014	Červenec 2014	Srpen 2014	Září 2014	Říjen 2014	Listopad 2014	Prosinec 2014	Přehled 2014
Počet výrobních dnů	30	28	31	28	31	29	31	31	30	28	30	25	352
Počet výrobních směn bez údržby	203	190	219	183	169	196	216	87	169	146	166	98	2 041
Počet výrobních směn včetně údržby	214	200	231	193	184	207	225	188	180	155	176	155	2 308
Počet výrobních linek	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,0
Vyrobené množství [ks]													
Linka 1	382 329	361 301	388 598	351 816	409 192	392 678	394 528	186 108	382 629	346 375	388 732	225 040	4 209 326
Linka 2	378 731	358 610	403 921	345 750	417 027	395 318	418 505	196 568	393 447	282 015	370 381	228 091	4 188 364
Linka 3	359 916	354 007	402 649	364 294	404 689	363 509	401 339	184 634	385 732	350 984	400 176	225 765	4 197 694
Linka 4	200 649	193 873	251 273	184 230	0	203 879	224 260	5 428	0	7 387	0	16 439	1 287 418
Linka 5													0
Linka 6													0
Linka 7													0
Suma vyrobeného množství všech linek [ks]	1 321 625	1 267 791	1 446 441	1 246 090	1 230 908	1 355 384	1 438 632	572 738	1 161 808	986 761	1 159 289	695 335	13 882 802
Suma kumulativně [ks]	1 321 625	2 589 416	4 035 857	5 281 947	6 512 855	7 868 239	9 306 871	9 879 609	11 041 417	12 028 178	13 187 467	13 882 802	
Průměrný vyrobené množství za směnu [ks]	6 504	6 673	6 605	6 809	7 283	6 915	6 660	6 598	6 875	6 759	6 984	7 132	6 800
	GEFF	GEFF											
Společné OEE – blokování (všechny výrobní linky)	65,8%	67,2%	61,9%	64,1%	66,4%	65,1%	63,5%	30,2%	64,0%	63,0%	65,3%	44,6%	60,1%
Celkový počet přestaveb (všechny výrobní linky)	472	451	498	454	461	478	493	222	447	388	437	192	4 993
Průměrná délka přestavby [min]	27,7	25,6	23,7	23,0	22,0	23,2	23,3	22,3	23,0	23,7	23,3	24,2	23,8
Průměrná velikost výrobní dávky [ks]	2 800	2 811	2 905	2 745	2 670	2 836	2 918	2 580	2 599	2 543	2 653	3 622	2 807
Průměrný počet seř. pružin navíjecího automatu [ks]	26	27	25	24	22	23	26	25	25	24	24	25	24,6
Průměrný počet přestaveb za směnu	2,3	2,4	2,3	2,5	2,7	2,4	2,3	2,6	2,6	2,7	2,6	2,0	2,4

Tabulka č. 2 Vývoj výrobních dat v roce 2014

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

5.5.2. Kategorizace sledovaných prostojů výrobního zařízení

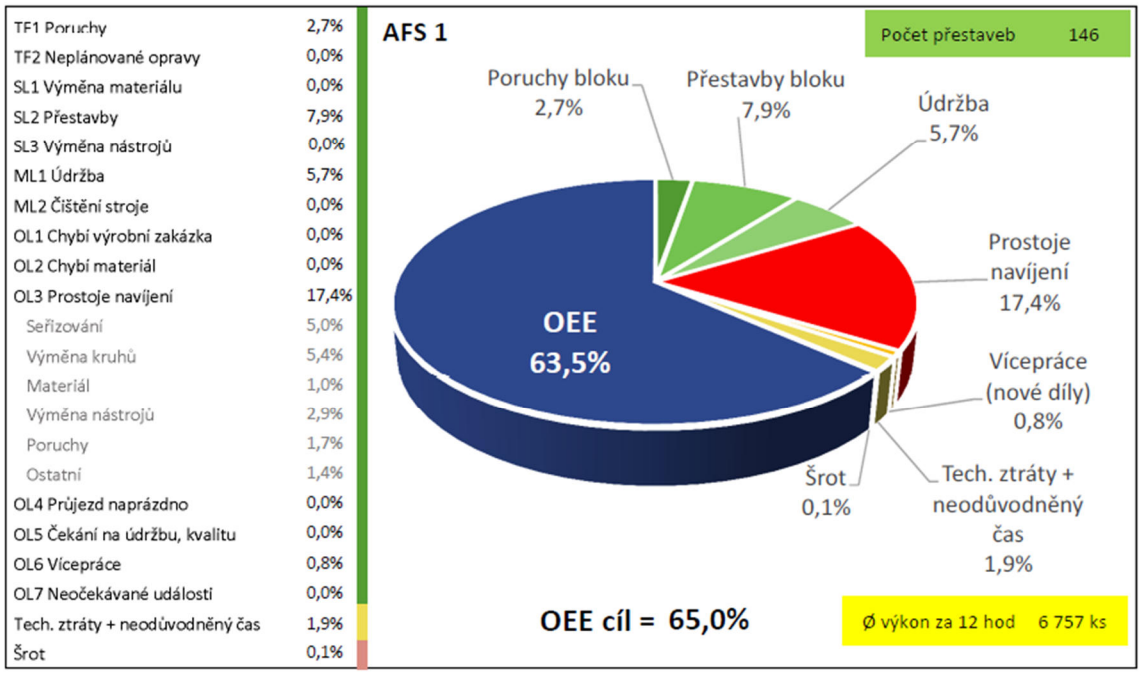
Výrobní prostoje mají v podniku velký vliv na efektivitu zařízení a také na možnost eventuální optimalizace. Kromě vlivu na samotné výrobní zařízení se v neposlední řadě jedná také o významný faktor ovlivňující produktivitu výroby a samozřejmě částečně výkonnostní prémii výrobního operátora. Jednotlivé kategorie prostojů, které jsou prostřednictvím ukazatelé OEE sledovány tedy jsou:

- **Poruchy** – ve vyhodnocování efektivity se rozlišují poruchy blokovací části linky a v případě, že blokovací část stojí kvůli poruše navíjecího automatu, pak i tento typ poruchy. Pro další analýzu se poruchy detailněji vyhodnocují jako podklad oddělení údržby.

- **Přestavby** – jak dlouho trvá přestavba linky na jiný typ výrobku. V současné době se přestavba celé linky pohybuje v rozmezí 15–30 minut v závislosti na typu pružiny a charakteru popouštěcího procesu.
- **Údržby** – jedná se plánovanou údržbu strojních součástí. Jak již bylo zmíněno, tak v podniku se dělá systém tzv. malých a velkých údržeb. Malé údržby jsou prováděny jednou týdně v desetihodinovém intervalu, velké údržby se provádějí dvakrát ročně s odstávkou minimálně 9 dnů. Jiné preventivní údržby se provádějí za provozu stroje.
- **Prostoje navíjecí části linky** – jedná se o prostoje, kdy kusy do blokovací části linky nenajedou v důsledku prostoje části navíjení. Tyto prostoje jsou dále děleny na seřizování navíjecího automatu, výměna materiálového kruhu, výpadek materiálu, výměna nástrojů, již zmíněné poruchy navíjecího automatu, poslední kategorií jsou ostatní prostoje.
- **Vícepráce** – v této kategorii je možné najít prostoje způsobené v důsledku odstavení linky kvůli opakované opravě dílu, opakované nastavení linky na nový produktový prototyp.
- **Neočekávané události** – události vznikající velmi nahodile (např. výpadek elektrického proudu).
- **Technologické ztráty, neodůvodněný čas** – prostoje způsobené ztrátou výkonu technologie, dále se jedná o tzv. „nevysvětlené" prostoje.
- **Šrot** – množství neshodných dílů.

Výši uvedených prostojů je možné prostřednictvím databanky KPI-P interpretovat do různých typů reportů. Běžná podniková praxe je měsíční report, který je společně s jinými ukazateli a informacemi vyvěšen na výrobní nástěnce. Výsledky výrobních dat a kritické prostoje výrobního zařízení za daný měsíc jsou také jedním z bodů pravidelných výrobních porad s operátory.

	vývoj	led 15	pro 14	lis 14	říj 14
Vyrobeno i.O. [ks]	↑	358 388	225 040	388 732	346 375
OEE	↑	63,5%	44,7%	64,3%	62,5%



Obrázek č. 49 Měsíční report výsledku ukazatele OEE

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Na první pohled zavádějícím dojmem může působit nadbytečnost některých prostojových kategorií. Je to zapříčiněno univerzálnosti reportu pro typově jiná výrobní zařízení a jiné závody.

5.6. Analýza produktivity výroby

Mezi další vybrané ukazatele z pozice indikátorů měření výkonnosti podniku patří ukazatel produktivity. Produktivitu obecně bereme jako poměr mezi hodnotou výstupu a množstvím vynaložených zdrojů na dosažení tohoto výstupu. Ve výrobě vinutých pružin jsou nadefinované výpočty dvou typů produktivit:

a) **Produktivita I**

$$\text{Produktivita I } €/\text{Std} = \frac{\text{výkon vyjádřený v } €}{\sum \text{spot. hodin přímých pracovníků}}$$

$$\text{Produktivita I Stck/Std} = \frac{\text{výkon vyjádřený ve vyrobeném množství}}{\sum \text{spot. hodin přímých pracovníků}}$$

Pod spotřebou hodin přímých pracovníků můžeme rozumět hodiny, které tzv. bezprostředně souvisí s výrobou. Podnik tyto hodiny kategorizuje do tří skupin:

1) Fertigunslöhner – z překladu přímé mzdy dělníků. Tedy čistě hodiny výrobních operátorů.
2) Gemeinkostenlöhner – z překladu režijní mzdy. Pracovníci, kteří nejsou výrobní operátoři, ale jejich náplň práce je pro výrobu nezbytná (např. údržbáři, kvalita, vozíčkáři).
3) Angestellte – z překladu úředník. Pracovníci, jež pro výrobu vykonávají nějakou technickoadministrativní činnost (např. technolog, vedoucí výroby, plánovač výroby).

b) **Produktivita II**

$$\text{Produktivita II €/Std} = \frac{\text{výkon vyjádřený v €}}{\sum \text{spot. hodin přímých} + \text{nepřímých pracovníků}}$$

$$\text{Produktivita II €/Std} = \frac{\text{výkon vyjádřený ve vyrobeném množství}}{\sum \text{spot. hodin přímých} + \text{nepřímých pracovníků}}$$

Do spotřeby hodin nepřímých pracovníků se řadí ostatní hodiny jako zejména hodiny technickohospodářských pracovníků.

Ukazatel produktivity je rovněž součástí hodnocení indikátorů výkonu podniku KPI. Z pohledu vývoje produktivity v roce jsou nejkritičtější měsíce, ve kterých se provádějí odstávky v podobě velkých údržeb. V případě, že výroba stojí a neprodukuje se, dochází pouze ke spotřebě hodin zaměstnanců a celkový poměr produktivity se snižuje.

Profitcentrum:		Vinuté pružiny Prostejov														
		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Cíl 2014	MV 2014	
	měs. hod	172,5	150,0	157,5	165,0	165,0	157,5	172,5	157,5	165,0	172,5	150,0	172,5		**163,1**	1-12_2013
Výkon závodu	tis. €	5 528	5 445	6 041	5 310	5 165	5 620	6 002	2 445	5 037	4 122	4 927	3 416	4 681	4 921	4 504
Kumulovaný výkon závodu	tis. €	5 528	10 973	17 014	22 324	27 489	33 109	39 111	41 556	46 593	50 715	55 642	59 058	32 766		54 053
Výroba	tis. ks	1 275	1 243	1 407	1 243	1 223	1 331	1 420	537	1 145	940	1 144	719	1 178	1 136	1 113
Přímé																
Přímé hodiny	hod	24 037	21 981	25 263	23 010	22 390	23 209	25 486	15 838	23 303	20 897	22 060	15 629	19 778	21 925	22 476
Z toho úprava	hod	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Σ Hodin (přímých pracovníků)		**24 037**	**21 981**	**25 263**	**23 010**	**22 390**	**23 209**	**25 486**	**15 838**	**23 303**	**20 897**	**22 060**	**15 629**	**19 778**	**21 925**	22 476
Produktivita I	**€/hod**	**230,0**	**247,7**	**239,1**	**230,8**	**230,7**	**242,1**	**235,5**	**154,4**	**216,2**	**197,3**	**223,4**	**218,6**	**236,7**	**224,5**	200,4
Produktivita I	**ks/hod**	**53,0**	**56,5**	**55,7**	**54,0**	**54,6**	**57,3**	**55,7**	**33,9**	**49,1**	**45,0**	**51,8**	**46,0**	**59,5**	**51,8**	49,5
Nepřímé																
Nepřímé hodiny	hod	6 998	6 287	6 858	6 006	6 673	6 526	6 932	5 538	6 620	6 466	6 899	6 813	5 841	6 551	6 647
Z toho úprava	hod	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Σ (přímé + nepřímé)																
Přímé hodiny	hod	24 037	21 981	25 263	23 010	22 390	23 209	25 486	15 838	23 303	20 897	22 060	15 629	19 778	21 925	22 476
Nepřímé hodiny	hod	6 998	6 287	6 858	6 006	6 673	6 526	6 932	5 538	6 620	6 466	6 899	6 813	5 841	6 551	6 647
Σ Celkových hodin		**31 035**	**28 268**	**32 121**	**29 016**	**29 063**	**29 734**	**32 417**	**21 376**	**29 923**	**27 362**	**28 958**	**22 442**	**25 619**	**28 476**	**29 123**
Produktivita II	**€/hod**	**178,1**	**192,6**	**188,1**	**183,0**	**177,7**	**189,0**	**185,1**	**114,4**	**168,3**	**150,6**	**170,1**	**152,2**	**182,7**	**172,8**	**154,7**
Produktivita II (kum.)	**€/Std**	**178,1**	**185,0**	**186,1**	**185,4**	**183,9**	**184,7**	**184,8**	**178,3**	**177,2**	**174,7**	**174,3**	**172,8**			
Produktivita II	**ks/hod**	**41,1**	**44,0**	**43,8**	**42,8**	**42,1**	**44,8**	**43,8**	**25,1**	**38,2**	**34,4**	**39,5**	**32,1**	**46,0**	**39,9**	**38,2**
Produktivita II (kum.)	**ks/hod**	**41,1**	**42,5**	**42,9**	**42,9**	**42,7**	**43,1**	**43,2**	**41,5**	**41,2**	**40,5**	**40,4**	**39,9**			

Tabulka č. 3 Výsledky produktivity v roce 2014

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

5.7. Vyhodnocení provedených analýz

Provedené analýzy této diplomové práce se především týkaly současného stavu výroby včetně mapy hodnotového toku, analýzy linky na výrobu vinutých pružin včetně výrobního taktu, rozborem ručního pracoviště balení, přebalování pružin. Další dekompozice byla zaměřena na podnikové metody pro oblast měření práce a tvorby norem spotřeby práce, sběr a hodnocení výrobních dat včetně ukazatele OEE a produktivity práce. Cílem této podkapitoly je vyhodnotit stěžejní poznatky z těchto provedených analýz.

5.7.1. Vyhodnocení současného stavu výroby

Výroba vinutých pružin (a využívání jednotlivých výrobních linek) je dlouhodobě determinovaná množstvím zákaznických odvolávek. Tento trend způsobuje, že se na hale vyrábí v kombinaci systému nepřetržitého a třísměnného provozu. Provoz jedné linky je v podstatě plně stanovován zákaznickými výkyvy. Podle informace o čase využití strojů v jednotlivých měsících je provoz na této lince poměrně nepravidelný, což se odráží zejména v produktivitě celé haly. V případě situace zastavení linky lze podnikový personál využít místo brigádníků nebo agenturních zaměstnanců na

vícepracích či jiných podobných činnostech. Vzhledem k existenci jiných firem společnosti Mubea v Prostějově je možné zaměstnance také přesouvat. Nestabilní provoz linky se i následně odráží na její efektivitě v případě provozu. Tento typ stroje je obtížné v nečinnosti dobře sledovat, případně optimalizovat.

Měsíc / Rok	Leden 2014	Únor 2014	Březen 2014	Duben 2014	Květen 2014	Červen 2014	Červenec 2014	Srpen 2014	Září 2014	Říjen 2014	Listopad 2014	Prosinec 2014	Přehled 2014
Počet výrobních dnů	30	28	31	28	31	29	31	31	30	28	30	25	352
Počet výrobních směn bez údržby	203	190	219	183	169	196	216	87	169	146	166	98	2 041
Počet výrobních směn včetně údržby	214	200	231	193	184	207	225	188	180	155	176	155	2 308
Počet výrobních linek	4	4	4	4	4	4	4						4,0
Vyrobené množství [ks]													
Linka 1	382 329	361 301	388 598	351 816	409 192	392 678	394 528	186 108	382 629	346 375	388 732	225 040	4 209 326
Linka 2	378 731	358 610	403 921	345 750	417 027	395 318	418 505	196 568	393 447	282 015	370 381	228 091	4 188 364
Linka 3	359 916	354 007	402 649	364 294	404 689	363 509	401 339	184 634	385 732	350 984	400 176	225 765	4 197 694
Linka 4	200 649	193 873	251 273	184 230	0	203 879	224 260	5 428	0	7 387	0	16 439	1 287 418
Linka 5													0
Linka 6													0
Linka 7													0
Suma vyrobeného množství všech linek [ks]	1 321 625	1 267 791	1 446 441	1 246 090	1 230 908	1 355 384	1 438 632	572 738	1 161 808	986 761	1 159 289	695 335	13 882 802
Suma kumulativně [ks]	1 321 625	2 589 416	4 035 857	5 281 947	6 512 855	7 868 239	9 306 871	9 879 609	11 041 417	12 028 178	13 187 467	13 882 802	
													0,0%
OEE – blokování linka 1	68,8%	70,0%	62,2%	65,9%	65,5%	67,2%	63,1%	29,8%	63,3%	62,5%	64,3%	44,7%	60,6%
OEE – blokování linka 2	67,1%	67,5%	64,6%	64,7%	66,6%	67,6%	67,0%	31,5%	65,1%	65,6%	65,6%	45,3%	61,5%
OEE – blokování linka 3	65,5%	67,2%	64,4%	68,2%	66,9%	62,2%	64,2%	29,5%	63,8%	63,3%	66,2%	44,8%	60,5%
OEE – blokování linka 4	59,2%	61,9%	54,2%	53,8%	-	61,9%	57,5%	26,9%	-	27,5%	-	34,9%	48,6%
	GEFF	GEFF											
Společné OEE – blokování (všechny výrobní linky)	65,8%	67,2%	61,9%	64,1%	66,4%	65,1%	63,5%	30,2%	64,0%	63,0%	65,3%	44,6%	60,1%

Tabulka č. 4 Neefektivnost využití některých výrobních zařízení

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Systém hodnotového toku na výrobních linkách částečně vychází z přístup JIT (Just in Time). Tento přístup se opírá o filozofii, že se vyrábí v určeném množství a na daných výrobních stanovištích se nevytváří zbytečná rozpracovaná výroba.

5.7.2. Vyhodnocení koncepce výrobní linky

Ve firmě Mubea IT Spring Wire s.r.o. se v současnosti plně využívají dva technologické modely a to technologie HPP-SP a HPP-FP. Jak bylo v analýze uvedeno, hlavní rozdíl technologií je v tryskání pružin. Všechny výrobní linky jsou osazeny moderními průmyslovými počítači PLC. Vzhledem k jedinečnosti a hodnotě výrobní technologie zde ovšem chybí standardizovaný elektronicky systém pro monitorování výroby. V současné době není možné online sledovat chod výrobního zařízení, díky čemuž se vytváří absence údajů o vyrobeném množství, o efektivnosti stroje, stavu výrobní zakázky. Podnik má v plánu v roce 2015 vyrobit 14,5 milionů kusů pružin a možnost lepšího sledování a analyzování výroby by byla jistě na místě. Vzhledem k těmto okolnostem je veškeré produkční vyhodnocování závislé na poněkud nemoderním systému vypisování výrobních protokolů. Úskalím takto pojatého sběru výrobních dat

může být nepřesnost či neúplnost údajů. Některé údaje mohou být navíc značně zkreslené a musí být neustále kontrolovány.

Provedenou analýzou výrobního taktu linky bylo zjištěno, že takt pro vybraný díl dosahuje 4,37 s/ks. Celkový takt výrobní linky diktuje tzv. úzké hrdlo, kterým v tomto případě byl navíjecí automat. Tato skutečnost byla způsobena konkrétní geometrií a průměrem drátu pružiny. Dlouhodobě se takt na zkoumané lince pohybuje v rozmezí 4,2–4,8 s/ks, což dokládá i tabulka č. 5.

Datu	Ø drát	Ident	Označení dílu	Takt
20.5.	10,00	062268	96 734 058 80	4,32
22.5.	11,80	063171	8K0 511 115 GT	4,69
3.6.	10,50	062290	096 775 632 80	4,26
13.6.	9,50	069658	1S0 511 115 AK	4,29
27.6.	12,05	064500	1119 2902 712	4,76
24.7.	11,70	062592	550202497R X52	4,26
30.7.	11,15	069626	1S0 411 105 F	4,20
13.8.	9,25	069657	1S0 511 115 AJ	4,20
27.8.	12,40	065255	6 851 718-02	4,72
28.8.	11,00	069974	5Q0 511 121 AE	4,32
10.9.	9,50	069658	1S0 511 115 AK	4,26
12.9.	13,05	064161	41311-61M00-000	4,23
18.9.	12,00	065253	6 851 716-02	4,72
23.9.	11,50	063169	8K0 511 115 GR	4,88
25.9.	13,80	063117	8K0 411 105 EA	4,48
26.9.	11,60	069980	5Q0 511 121 AH	4,23
1.10.	12,00	065253	6 851 716-02	4,44
2.10.	12,20	065254	6 851 717-02	4,23
3.10.	13,05	064161	13 199 448 CL	4,20
12.11.	9,50	069658	1S0 511 115 AK	4,23

Tabulka č. 5 Přehled taktů vybraných zákazníků

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

5.7.3. Vyhodnocení koncepce pracoviště balení, přebalování pružin

Podnik stabilně využívá dispozici dvou ručních pracovišť balení, přebalování pružin. Jedno pracoviště se výhradně zabývá zákazníkem PSA, druhé slouží pro ostatní zákazníky. Význam těchto pracovišť spočívá v překrytí dodávek do interních obalů v případě nedostatku zákaznických beden. Dalším nesporným faktorem je oprava pružin z pozice špatného barevného značení nebo etikety. V neposlední řadě je možné některé kritické pružiny i takto kontrolovat. V podniku obecně platí, že tyto typy pracoviště jsou

úzkými hrdly a je potřeba pracovat na jejich optimalizaci. Uspořádáním jsou obě pracoviště téměř identická. Vizualizaci pohybů zaměstnance během pracovního procesu byla znázorněna v podkapitole 5.3.

Na obou pracovištích se měsíčně přebaluje v průměru 158 tis. ks. Pracovní výkon operátora se pak pohybuje v rozmezí 1850–2700 ks za 11 hod práce. Výkon pracovníka je podmíněn typem pružiny a její balicí jednotkou.

Datum	11 hod směna PSA	11 hod směna ostatní zákazníci
duben 2014	2 166	2 695
květen 2014	2 036	2 650
červen 2014	2 238	2 477
červenec 2014	1 876	2 625
srpen 2014	1 955	2 685
září 2014	2 149	2 248
říjen 2014	2 019	2 182
listopad 2014	2 135	2 177
prosinec 2014	1 955	2 252
leden 2015	2 248	2 125
únor 2015	2 202	2 471
březen 2015	2 126	2 193

Tabulka č. 6 Průměrné výkony přebalování v přepočtu na 11 hod práce

(Zdroj: Vlastní tvorba, interní materiály firmy Mubea)

Uvedené výkony v tabulce vychází na přepočet 11 hod práce, tedy disponibility dvanáctihodinové směny, kde má operátor nárok na hodinovou přestávku.

Výhled vedení podniku je na přebalovací stanici PSA stabilně dělat v průměru 2200–2400 ks za směnu 11 hod. Pro toto pracoviště existují jen tři typy balicích jednotek, tudíž je možné požadavek na průměrný výkon za směnu přesněji určit. Dle uvedené tabulky byl tento požadavek za sledované období splněn jen třikrát, v ostatních měsících to bylo hraniční nebo dokonce podhraniční. Pro pracoviště ostatních zákazníků by se

průměrný požadovaný výkon za směnu určoval velmi složitě vzhledem k variabilitě balicích jednotek.

5.7.4. Vyhodnocení měření práce a tvorby norem spotřeby práce v podniku

Měření práce a tvorba norem spotřeby se ve společnosti Mubea výhradně opírá o standardy německé systematiky REFA. Tato volba je podmíněna faktem dobrých zkušeností a referencí z mateřských závodů v Německu. Měření práce se provádí opakovaně pomocí kontinuálních časových studií přímým měřením. Systematika REFA dobře uchopuje tzv. poměrné časy, kdy operátor nebo stroj nemůže vykonávat danou činnost. Do této kategorie se řádí zmíněné potřeby typu pitný režim, výpadky elektrického proudu a jiné neočekávané zdržení. V podniku se tyto ztráty u většiny operací předem definují v rozmezí 4–8 % v závislosti typu pracoviště. REFA poměrně dobře pracuje i s ohodnocením výkonnostního stupně operátora, což objektivizuje následně vytvořenou normu pro ostatní operátory. V podniku se v drtivé většině případu výkonnostní stupně pohybují kolem 120 %. Nedostatkem této metody měření práce je ovšem závislost velké rozmanitosti lidské práce, která může přímé měření do jisté míry trošku zkreslovat. Pozorovatel danou operaci měří podle toho, jak jí pozorovaný provádí. V tomto případě je tedy velmi náročné vyhodnocovat, zdali nejsou některé pohybu při práci zbytečně nebo trvají příliš dlouho.

Měření práce a tvorby norem spotřeby na balicích, přebalovacích operacích

Z podnikových dat dlouhodobě vyplývá, že je zapotřebí se zaměřit především na přebalovací pracoviště pro zákazníka PSA. Na tomto pracovišti se stabilně balí do třech typů balicích jednotek. V prvním a druhém případě se jedná o balení do plastových beden, třetím případem je balení do kovových košů. Balicí jednotky plastových beden bývají po 72 nebo 80 ks. Balicí jednotka kovového koše je 84 ks. Balení do plastových beden spočívá v rozležení a přípravě prázdné bedny, položení krycí plastové proložky na dno bedny, balení v kombinaci vždy jedné zabalené pružiny do plastové fólie Doufline a přiložení druhé nezabalené pružiny k ní. Dále se jednotlivá patra překrývají krycí plastovou proložkou, na konci balení se označí identifikační kartou a bedna je následně připravena k odvozu do skladu. U kovových košů se jedná o podobný systém

balení pouze s tím rozdílem, že všechny pružiny jsou baleny do plastové fólie a jednotlivá patra nejsou překryta plastovými proložkami. U všech typů zmíněného způsobu balení operátor vizuálně kontroluje pružiny při balení.

Mubea

PRACOVNÍ POSTUP

Číslo: PP 30838

Závod: Mubea IT Spring Wire s.r.o. Operace: Balení/expedice Standardní přepravka: 057 Peugeot 00112 FLC

Projekt: A94-VA Zákazník: PSA Náhradní přepravka:

Číslo dílu zákazníka: 98 147 545 80 Číslo dílu Mubea: 062299

Standardní balení:

1	1	1	1	1	1	1	1	8
2	2	2	2	2	2	2	2	16
2	2	2	2	2	2	2	2	16
2	2	2	2	2	2	2	2	16
2	2	2	2	2	2	2	2	16
								72

Jednobalení

Dno, proložka velký doufline

Každý druhý díl v doufline (balený separátně)

Pružiny nesmí přesahovat horní okraj bedny

Použitý obalový materiál:

850072 – doufline

850088 – dno, proložka

Bedna musí obsahovat identifikační kartu

Před použitím ve výrobě musí být bedna zbavena nečistot a dále nesmí obsahovat olej a prach

MUB_P_GES_GES_3005 April13 1 PP_30838_BP_A94-VA_62299

Obrázek č. 50 Pracovní postup pro balení do plastových beden po 72 ks

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Všechny zmíněné balicí jednotky byly v podniku měřeny a nanormovány REFA systematikou. Náměry balení těchto jednotek byly měřeny a následně nanormovány při balicí práci jedním operátorem.

Balicí jednotka	Počet operátorů pro balení	Výkon:	100%	105%	110%	115%	120%	125%	130%
Pastová bedna 72 ks	1	min/bedna	24,1	22,9	21,9	20,9	20,1	19,3	18,5
		ks/hod	179	188	197	206	215	224	233
		ks/ 7,5 hod	1345	1413	1480	1547	1614	1682	1749
		ks/ 11 hod	1973	2072	2171	2269	2368	2466	2565
Pastová bedna 80 ks	1	min/bedna	26,5	25,2	24,1	23,0	22,0	21,2	20,4
		ks/hod	181	191	200	209	218	227	236
		ks/ 7,5 hod	1361	1429	1497	1565	1633	1701	1769
		ks/ 11 hod	1996	2096	2195	2295	2395	2495	2594
Kovový koš 84 ks	1	min/bedna	30,4	28,9	27,6	26,4	25,3	24,3	23,4
		ks/hod	166	174	183	191	199	207	216
		ks/ 7,5 hod	1245	1307	1369	1431	1494	1556	1618
		ks/ 11 hod	1826	1917	2008	2099	2191	2282	2373

Tabulka č. 7 Normy spotřeby času balicích jednotek PSA – systematika REFA

(Zdroj: Vlastní tvorba, interní materiály firmy Mubea)

Pro eventuální možnost optimalizace balení pracoviště PSA je vhodné se podívat na využití jednotlivých balicích jednotek ve sledovaném období – viz tabulka č. 8.

	Balicí jednotky PSA		
Datum	**Plastová bedna 72 ks**	**Plastová bedna 80 ks**	**Kovový koš 84 ks**
duben 2014	46 728	42 168	11 705
květen 2014	41 976	15 831	13 456
červen 2014	41 906	25 524	9 529
červenec 2014	31 536	18 312	7 863
srpen 2014	25 729	6 048	4 069
září 2014	42 624	20 916	7 922
říjen 2014	26 943	14 221	5 329
listopad 2014	36 470	7 249	7 885
prosinec 2014	16 153	14 028	2 395
leden 2015	42 256	26 653	9 275
únor 2015	45 087	22 438	11 029
březen 2015	49 947	22 680	14 189
∑	**447 355**	**236 068**	**104 646**

Tabulka č. 8 Využívání balicích jednotek zákazníka PSA za sledované období

(Zdroj: Vlastní tvorba, interní materiály firmy Mubea)

Analýza využívání jednotlivých typů balicích jednotek prozrazuje, že nejvíce používaným druhem balení v podniku je plastová bedna po 72 ks. Za období posledních dvanácti měsíců se pak jedná o produkci okolo 447 tis. ks. Druhá v pořadí je plastová bedna po 80 ks s dvanáctiměsíční produkci ca. 236 tis. ks. Třetí typ balení do kovových košů po 84 ks je využívaný podstatně méně než dva předchozí. Za sledované období se do něj zabalilo ca. 104 tis. ks. Cílem podniku by mělo být tato množství balit pomocí co nejefektivnějšího systému balení, tedy při menší spotřebě odpracovaných hodin.

5.7.5. Vyhodnocení sběru a práce s výrobními daty

Veškerý sběr dat z výroby v podniku probíhá prostřednictvím výrobních protokolů. Podnik je v tomto směru plně závislý na schopnosti interpretace popisu správných výrobních dat operátorem. Tento typ sběru a následného vyhodnocování výrobních informací je poněkud zastaralý a u moderních typů provozů by měl být nahrazen jinou, automatizovanější a sofistikovanější technologií. Průkazným výstupem tohoto sběru je prostoj typu ztráty výkonu, neodůvodnění čas. Do této kategorie patří ztráty v důsledku výkonu stroje a prostoje, které nebyly vypsány, popř. špatně rozepsány ve výrobním protokolu. Tyto ztráty byly analyzovány pro období posledních 12 měsíců, tedy období zahrnující dvě velké údržby a zároveň nejaktuálnější data.

Datum	Čas chodu stroje	Ztráty výkonu, neodůvodněný čas Linka 1–4		Ztráty výkonu Linka 1–4		Neodůvodněný čas Linka 1–4	
	min	%	min	%	min	%	min
duben 2014	138 960	1,36	1 890	0,51	709	0,85	1181
květen 2014	132 480	1,30	1 722	0,32	424	0,98	1298
červen 2014	149 040	1,14	1 699	0,48	715	0,66	984
červenec 2014	162 000	1,47	2 381	0,50	810	0,97	1571
srpen 2014	135 360	1,24	1 678	0,43	582	0,81	1096
září 2014	129 600	1,56	2 022	0,36	467	1,20	1555
říjen 2014	111 600	1,70	1 897	0,43	480	1,27	1417
listopad 2014	126 720	1,60	2 028	0,36	456	1,24	1571
prosinec 2014	111 600	1,10	1 228	0,64	714	0,46	513
leden 2015	138 240	1,60	2 212	0,58	802	1,02	1410
únor 2015	151 200	1,73	2 616	0,93	1 406	0,80	1210
březen 2015	160 800	2,83	4 551	0,88	1 415	1,95	3136
∑	1 647 600		25 923		8 980		16 943

Tabulka č. 9 Prostoje způsobené technologickými ztráty, neodůvodněným časem

(Zdroj: Vlastní tvorba, interní materiály firmy Mubea)

Kromě ztráty výkonu, jež bude hodnocena v následujícím odstavci, se vykazují velké ztráty v neodůvodněných časech. Mezi tyto časy patří nevypsané prostoje, tedy prostoje svým původem spadající do jiné kategorie nebo prostoje, které operátor vůbec nezapsal. Jedná se také o prostoje, kdy operátor z nějakého nevykázaného důvodu uvedl stroj

v nečinnost. Velikost těchto neodůvodněných časů dělá za sledované období 16 943 min. Dle dříve analyzovaných skutečností a údajů z denní kontroly výrobních protokolů by minimálně 50 % z tohoto plýtvání šlo odstranit lepším sledováním výroby a operátorů. Lze tedy s velmi vysokou pravděpodobnosti konstatovat, že minimálně 8 472 min je stav plýtvání za období 12 měsíců, protože současný sběr a analýza výrobních dat jsou zastaralé.

Celková efektivnost zařízení, respektive ukazatel OEE, je součástí indikátorů výkonnosti podniku KPI. Ve firmě Mubea je na výpočet tohoto ukazatele vytvořena zvláštní aplikace, databanka KPI-P. Tato aplikace je univerzálně používána ve všech sesterských závodech a v současnosti se používá i pro jiné typy výrobních zařízení. Vzhledem k univerzálnímu konceptu využití pro více typu technologií je její funkčnost poněkud omezená. Dle objektivního názoru by každý výrobní typ zařízení z hlediska vyhodnocování (např. konkrétních typů prostojů) měl být trošku uzpůsoben (viz univerzální výrobní report). Dalším významným nedostatkem této aplikace je v rámci výkonu zařízení tzv. ideální takt stroje. Centrála společnosti stanovila ideální rychlost 14 ks/min (odpovídá taktu cca 4,3 s/ks) pro každý typ vinuté pružiny. Vzhledem k existenci válcové, soudkové, kuželové, SL pružiny a jejich různých variacích je i na základě zjištěných údajů velké rozpětí taktu stroje. Ukazatel OEE je pak neobjektivně vypočten, neboť koeficient výkonu stroje je poněkud zkreslený. Ideálním řešením by bylo navrhnout výrobkové řady a v souladu s dostupnou technologií stanovit ideální takty stroje.

Podle podnikových dat se běžná hodnota OEE pohybuje v rozmezí 63–64 %. Vysvětlovaný systém výpočtu a soulad provádění údržeb v podniku se pak odráží na celoročním výsledku OEE. Vlivem neoptimálně nastaveného ideálního taktu stroje je běžná hodnota ukazatele s odchylkou oproti hodnotě reálné.

6. NÁVRHY ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Návrhy zlepšení současného stavu budou prováděny vzhledem k situaci zjištěné při dílčích analýzách. Z konkrétních analýz a jejich hodnocení vyplynulo, že prvotně návrhy na konkrétní optimalizaci by měly být zaměřeny na zvýšení výkonu na balicích, přebalovacích procesech. Provedená analýza prokázala, že výkony by bylo vhodné navýšit zejména na ručním pracovišti balení, přebalování pružin pro zákazníka PSA. V další fázi se návrhy na zlepšení současného stavu budou týkat sběru a vyhodnocováním dat z produkce. Současný stav ručního sběru je zastaralý a v samotném zájmu podniku by bylo vhodné implementovat jiný systém sběru a vyhodnocování výrobních údajů. Prokázané analýzy navíc potvrdily, že některé kategorie prostojů jsou netransparentní a bylo by vhodné se konkrétními příčinami detailněji zabývat.

6.1. Návrh zavedení MOST

Provedená analýza poukázala na množství a výkony, které se na přebalovacích operacích odvádějí. Především pracoviště PSA je částečně za očekáváním podniku a bylo by dobré balicí procesy na něm optimalizovat. Základním krokem optimalizace výkonů balicích procesů na tomto pracovišti je srovnat současnou systematiku normování balicích jednotek se systematikou jinou. Jako vhodné řešení pro analýzu a měření práce včetně následného normování spotřeby času se nabízí zavedení metody předem určených časů MOST.

6.1.1. Použití Basic MOST pro balicí jednotky pracoviště PSA

Při použití metody Basic MOST v praxi je nejprve nutné pro danou výrobní operaci udělat úvodní analýzu potenciálu pracoviště. Nejčastějším a nepřesnějším způsobem je videosekvence dané operace. Posléze je pak možné si výrobní operaci rozdělit do příslušných sekvenčních modelů a přiřadit odpovídající rozsah pohybového indexu. Výhodou metod předem určených časů je, že se video nemusí dělat s více operátory, protože velikost časové sekvence je podmíněna rozsahem pohybového indexu podle

hodnoty z tabulky. Kromě samotné analýzy sekvenčních modelů a jejich velikostí nám metoda Basic MOST napoví, které pohyby jsou zbytečné a kde vzniká plýtvání. Při analýze balení na pracovišti PSA bylo na základě pořízených videí zjištěno, že ideálně bude použita metoda Basic MOST jen na změření hlavního cyklu samotného balení. Vedlejší operace by bylo vhodné ponechat podle stávajících náměrů. Jsou to operace typu manipulace s materiálem, příprava prázdné bedny k balení, odvoz plné bedny, doplnění balicích prostředků atd.

Plastová bedna – 72 ks v balicí jednotce (aplikace Basic MOST)

ANALÝZA								MAN / MACHINE / METHOD																						27,8	16,26 min
		POUŽITÍ SEKVECE				Množ.		SEKVENČNÍ MODEL																		PČ [s]	F R	TMU	Sec	975,8 s
KROK	POPIS	O	Ř	N	P			A	B	G	A	B	P	M	X	I	.....	A	B	P	A									1
	at 1.																														
1	Uchopit 1 Doufline na dosah, otočit se a udělat 4 kroky, Doufline vložit na dno bedny (uloženo s péčí)	1	0	0	0	1		A 1	B 0	G 1	A 5	B 5	P 5	M	X	I		A	B	P	A 0									1,0	200,0	7,19	x
2	Udělat 1 krok k bedně s materiálem, vzít pravou rukou SIMO 2 pružiny, otočit se a udělat krok ke stolu	1	0	0	0	1		A 3	B 3	G 3	A 0	B 0	P 0	M	X	I		A	B	P	A 3									36,0	4320,0	155,40	x
3	Položit levou ruku na pružiny držené v pravé ruce, pružiny volně rozpojit a položit SIMO na stůl	1	0	0	0	1		A 1	B 0	G 0	A 1	B 0	P 1	M	X	I		A	B	P	A 0									36,0	1080,0	38,85	x
4	Vizuální kontrola	0	0	1	0	1		A 0	B 0	G 0	A 0	B 0	P 0	M	X	I	3	A 0	B 0	P 0	A 0									36,0	2160,0	77,70	x
5	Pravou rukou si přechytnout pružinu (na pravé části stolu) a otočit, vyrovnat ji (kvůli zabalení)	0	1	0	0	1		A 1	B 0	G 1	A	B	P	M 0	X 0	I 1		A	B	P	A 0									36,0	1080,0	38,85	x
6	Levou rukou zachytit Doufline pod pružinou na pravé části stolu (aby mohlo dojít k balení)	1	0	0	0	1		A 1	B 0	G 1	A 0	B 0	P 0	M	X	I 1		A	B	P	A 0									36,0	720,0	25,90	x
7	Procesní čas - pružinu zabalit do Doufline	0	0	0	1	1		A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A									3,16	36,0	3162,6	113,76	x
8	Zabalenou pružinu uchopit, udělat 2 kroky a vložit ji do plastové bedny	1	0	0	0	1		A 1	B 0	G 3	A 3	B 3	P 3	M	X	I		A	B	P	A 0									36,0	4680,0	168,35	x
9	Po napřímení se mírně otočit, uchopit pružinu ležící na levé části stolu (na dosah) a vložit ji do bedny, jít krok k bedně s materiálem	1	0	0	0	1		A 1	B 0	G 1	A 1	B 3	P 3	M	X	I		A	B	P	A 3									36,0	4320,0	155,40	x
10	Jít 4 kroky, vzít Doufline, jít 4 kroky zpět a uložit Doufline na dno bedny (uloženo s péčí)	1	0	0	0	1		A 5	B 0	G 1	A 5	B 5	P 5	M	X	I		A	B	P	A 0									4,0	1000,0	35,97	x
11	Příprava prázdné bedny k balení	0	0	0	1	72		A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A									11,88	72,0	330,3	11,88	x
12	Doplnění Doufline	0	0	0	1	50		A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A									12,95	72,0	518,4	18,65	x
13	Oddělávání překrývacích kartonů	0	0	0	1	46		A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A									4,00	72,0	174,1	6,26	x
14	Manipulace s materiálem	0	0	0	1	152		A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A									25,00	72,0	329,2	11,84	x
15	Vyplnění bílé karty, Barcode, nalepení	0	0	0	1	72		A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A									37,24	72,0	1035,3	37,24	x
16	Odvoz a uložení bílé bedny	0	0	0	1	72		A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A									52,58	72,0	1461,8	52,58	x
17	Zapsání výkonu do výkazu	0	0	0	1	72		A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A									20,00	72,0	556,0	20,00	x

Tabulka č. 10 Basic MOST při analýze měření balení plastové bedny po 72 ks

(Zdroj: Vlastní tvorba)

Provedená analýza měření je kombinací všech sekvenčních modelů. Je použito nejen obecného a řízeného přemístění, ale i použití nástroje, v tomto případě části vizuální kontroly dílu. Výkonnostní stupeň pro operace u Basic MOST se standardně stanovuje na 120 % výkonu operátora. Nově vytvořená norma spotřeby času je zobrazena v tabulce č. 11.

Celkový čas:		975,82	s	**Balení:**	72 ks
Výkonnostní stupeň:		120	%	**Počet operátorů:**	1
Celkový čas vč. VS:		1170,98	s		
Cyklus:		16,26	s/ks		
Poměrný čas věc.:	10 %	1,63	s/ks		
Poměrný čas os.:	5 %	0,81	s/ks		
	te (∑):	18,70	s/ks		
	te (∑):	0,31	min/ks		

Úkolový čas:

=>> te_{1000} = **312** **min/1000 ks**

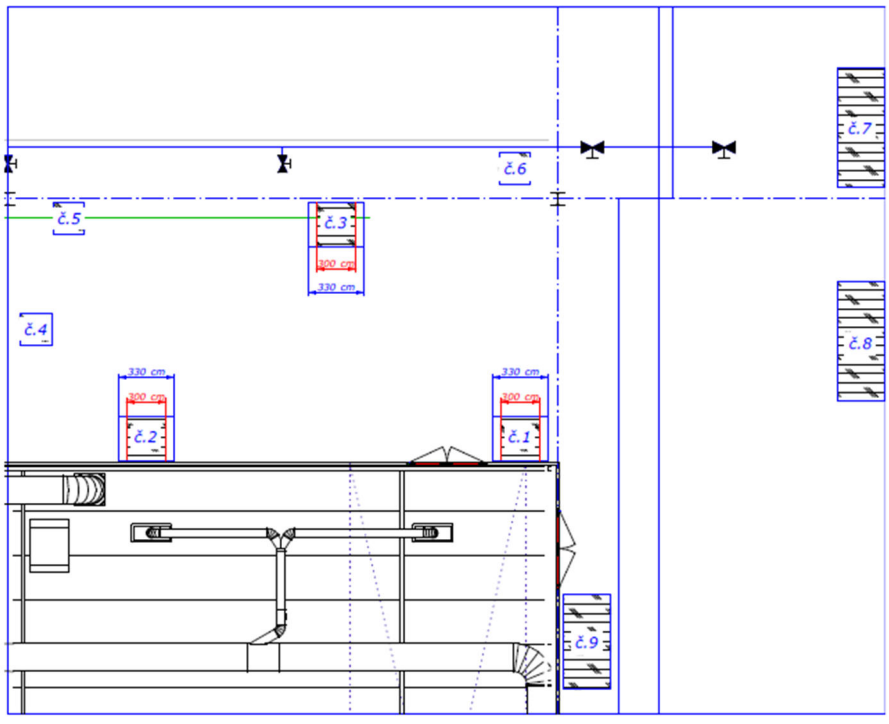
Výkonnostní stupnice:

Výkon:	100%	105%	110%	115%	120%	125%	130%
min/bedna	22,4	21,4	20,4	19,5	18,7	18,0	17,3
ks/hod	192,5	202,1	211,7	221,4	231	240,6	250,2
ks/ 7,5 hod	1444	1516	1588	1660	1732	1805	1877
ks/ 11 hod	2117	2223	2329	2435	2541	2647	2752

Tabulka č. 11 Norma spotřeby času na zabalení plastové bedny po 72 ks

(Zdroj: Vlastní tvorba)

Při průběhu analýzy Basic MOST bylo zjištěno neoptimální rozvržení prostoru pracoviště, kde při samotném balení měl operátor poměrně daleko bednu se vstupními díly. Tento prostor byl zkrácen a byl vytvořen nový návrh layoutu pracoviště.



č.1 - přebalovací stůl
č.2 - přebalovací stůl
č.3 - přebalovací stůl
č.4 - prostor pro prázdné bedny
č.5 - prostor pro balící materiál
č.6 - knihovací stanice
č.7 - prostor pro interní bedny
č.8 - prostor pro hotové díly
č.9 - prostor pro prázdné interní bedny

Obrázek č. 51 Návrh nového layoutu přebalovacího, kontrolního pracoviště PSA

(Zdroj: Vlastní tvorba)

Plastová bedna – 80 ks v balicí jednotce (aplikace Basic MOST)

ANALÝZA						Množ.	MAN / MACHINE / METHOD																					27,8	17,77 min
		POUŽITÍ SEKVECE					SEKVENČNÍ MODEL																			PČ [s]	F R	TMU	Sec	1065,9 s
KROK	POPIS	O	Ř	N	P		A	B	G	A	B	P	M	X	I	.....	A	B	P	A									1
	st 1.																												
1	Uchopit 1 Doufline na dosah, otočit se a udělat 4 kroky, Doufline vložit na dno bedny (uloženo s péčí)	1	0	0	0	1	A 1	B 0	G 1	A 5	B 5	P 5	M	X	I		A	B	P	A 0								1,0	200,0	7,19	x
2	Udělat 1 krok k bedně s materiálem, vzít pravou rukou SIMO 2 pružiny, otočit se a udělat krok ke stolu	1	0	0	0	1	A 3	B 3	G 3	A 0	B 0	P 0	M	X	I		A	B	P	A 3								40,0	4800,0	172,66	x
3	Položit levou ruku na pružiny držené v pravé ruce, pružiny volně rozpojit a položit SIMO na stůl	1	0	0	0	1	A 1	B 0	G 0	A 1	B 0	P 1	M	X	I		A	B	P	A 0								40,0	1200,0	43,17	x
4	Vizuální kontrola	0	0	1	0	1	A 0	B 0	G 0	A 0	B 0	P 0	M	X	I	3 2	A 0	B 0	P 0	A 0								40,0	2400,0	86,33	x
5	Pravou rukou si přechytnout pružinu (na pravé části stolu) a otočit, vyrovnat ji (kvůli zabalení)	0	1	0	0	1	A 1	B 0	G 1	A	B	P	M 0	X 0	I 1		A	B	P	A 0								40,0	1200,0	43,17	x
6	Levou rukou zachytit Doufline pod pružinou na pravé části stolu (aby mohlo dojít k balení)	1	0	0	0	1	A 0	B 0	G 1	A 0	B 0	P 0	M	X	I		A	B	P	A 0								40,0	800,0	28,78	x
7	Procesní čas - pružinu zabalit do Doufline	0	0	0	1	1	A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A								3,16	40,0	3514,0	126,40	x
8	Zabalenou pružinu uchopit, udělat 2 kroky a vložit ji do plastové bedny	1	0	0	0	1	A 1	B 0	G 5	A 5	B 5	P 5	M	X	I		A	B	P	A 0								40,0	5200,0	187,05	x
9	Po napřímení se mírně otočit, uchopit pružinu ležící na levé části stolu (na dosah) a vložit ji do bedny, jít krok k bedně s materiálem	1	0	0	0	1	A 1	B 0	G 1	A 1	B 3	P 3	M	X	I		A	B	P	A 3								40,0	4800,0	172,66	x
10	Jít 4 kroky, vzít Dufline, jít 4 kroky zpět a uložit Dufline na dno bedny (uloženo s péčí)	1	0	0	0	1	A 5	B 0	G 1	A 5	B 5	P 5	M	X	I		A	B	P	A 0								4,0	1000,0	35,97	x
11	Příprava prázdné bedny k balení	0	0	0	1	80	A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A								11,88	80,0	330,3	11,88	x
12	Doplnění Doufline	0	0	0	1	50	A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A								12,95	80,0	576,0	20,72	x
13	Oddělávání překrývacích kartonů	0	0	0	1	46	A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A								4,00	80,0	193,4	6,96	x
14	Manipulace s materiálem	0	0	0	1	152	A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A								25,00	80,0	365,8	13,16	x
15	Vyplnění bílé karty, Barcode, nalepení	0	0	0	1	80	A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A								37,24	80,0	1035,3	37,24	x
16	Odvoz a uložení bílé bedny	0	0	0	1	80	A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A								52,58	80,0	1461,8	52,58	x
17	Zapsání výkonu do výkazu	0	0	0	1	80	A	B	G	A	B	P	M	X	I		A	B	P	A								20,00	80,0	556,0	20,00	x

Tabulka č. 12 Basic MOST při analýze měření balení plastové bedny po 80 ks

(Zdroj: Vlastní tvorba)

Nově vytvořená norma spotřeby času při balení plastové bedny po 80 ks je zobrazena v tabulce č. 13.

Celkový čas:		1065,92	*s*	**Balení:**	80 *ks*
Výkonnostní stupeň:		120	%	**Počet operátorů:**	1
Celkový čas vč. VS:		1279,11	*s*		
Cyklus:		15,99	*s/ks*		
Poměrný čas věc.:	10 %	1,60	*s/ks*		
Poměrný čas os.:	5 %	0,80	*s/ks*		
	te (∑):	18,39	*s/ks*	=>>	
	te (∑):	0,31	*min/ks*		

Úkolový čas:

te_{1000} = **306** **min/1000 ks**

Výkonnostní stupnice:

Výkon:	100%	105%	110%	115%	120%	125%	130%
min/bedna	24,5	23,3	22,3	21,3	20,4	19,6	18,9
Stck/Std	195,8	205,6	215,4	225,2	234,9	244,7	254,5
Stk/ 7,5 Std	1468	1542	1615	1689	1762	1836	1909
ks/ 11 hod	2154	2261	2369	2477	2584	2692	2800

Tabulka č. 13 Norma spotřeby času na zabalení plastové bedny po 80 ks

(Zdroj: Vlastní tvorba)

Kovový koš – 84 ks v balicí jednotce (aplikace Basic MOST)

ANALÝZA						Množ.	MAN / MACHINE / METHOD																						27,8	23,80 min
		POUŽITÍ SEKVECE					SEKVENČNÍ MODEL																				PČ [s]	F R	TMU	Sec	1435,7 s
KROK	POPIS	O	R	N	P		A	B	G	A	B	P	M	X	I	.....	A	B	P	A											
st 1.																														
1	Udělat 1 krok k bedně s materiálem, vzít pravou rukou SIMO 2 pružiny, otočit se a udělat krok ke stolu	1	0	0	0	1	A 3 1	B 3 1	G 3 1	A 0 1	B 0 1	P 0 1	M 1 1	X 1 1	I 1 1		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 3 1										42,0	5040,0	181,29	x
2	Položit levou ruku na pružiny držené v pravé ruce, pružiny volně rozpojit a položit SIMO na pravou část stolu	1	0	0	0	1	A 1 1	B 0 1	G 0 1	A 1 1	B 0 1	P 1 1	M 1 1	X 1 1	I 1 1		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 0 1										42,0	1260,0	45,32	x
3	Vizuální kontrola	0	0	1	0	1	A 0 1	B 0 1	G 0 1	A 0 1	B 0 1	P 0 1	M 1 1	X 1 1	I 3 1		A 1 1	B 0 1	P 0 1	A 0 1										42,0	1260,0	45,32	x
4	Pravou rukou uchytit pružinu (na pravé části stolu) a otočit, vyrovnat ji (kvůli zabalení)	0	1		0	1	A 1 1	B 0 1	G 1 1	A	B	P 0 1	M 0 1	X 0 1	I 1 2	T 1 1	A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 0 1										84,0	2520,0	90,65	x
5	Uchopenou pružinu nadzvednout a volně ji položit na připravený Doufline v levé části stolu	1	0	0	0	1	A 0 1	B 0 1	G 0 1	A 1 1	B 0 1	P 1 1	M	X	I		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 0 1										84,0	1680,0	60,43	x
5	Levou rukou zachytit Doufline pod pružinou na levé části stolu (aby mohlo dojít k balení)	1	0	0	0	1	A 1 1	B 0 1	G 0 1	A 0 1	B 0 1	P 0 1	M 0 1	X 1 1	I 1 1		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 0 1										84,0	1680,0	60,43	x
6	Procesní čas - pružinu zabalit do Doufline	0	0	0	1	1	A 1 1	B 0 1	G 1 1	A 0 1	B 0 1	P 0 1	M 1 1	X 1 1	I 1 1		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 0 1										2,57	84,0	7681,7	276,32	x
7	Zabalenou pružinu uchopit, udělat 2 kroky a vložit ji do kovového koše, udělat 2 kroky do výchozí pozice	1	0	0		1	A 1 1	B 0 1	G 3 1	A 3 1	B 3 1	P 3 1	M 1 1	X 1 1	I 1 1		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 3 1										84,0	13440,0	483,45	x
8	Příprava prázdné bedny k balení	0	0	0	1	84	A 1 1	B 1 1	G 1 1	A 1 1	B 1 1	P 1 1	M 1 1	X 1 1	I 1 1		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 1 1										30,06	84,0	835,7	30,06	x
9	Doplnění Doufline	0	0	0	1	30	A 1 1	B 1 1	G 1 1	A 1 1	B 1 1	P 1 1	M 1 1	X 1 1	I 1 1		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 1 1										12,95	84,0	1008,1	36,26	x
10	Manipulace s materiálem	0	0	0	1	152	A 1 1	B 1 1	G 1 1	A 1 1	B 1 1	P 1 1	M 1 1	X 1 1	I 1 1		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 1 1										25,00	84,0	384,1	13,82	x
11	Vyplnění bílé karty, Barcode, nalepení	0	0	0	1	84	A 1 1	B 1 1	G 1 1	A 1 1	B 1 1	P 1 1	M 1 1	X 1 1	I 1 1		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 1 1										37,24	84,0	1035,3	37,24	x
12	Odvoz a uložení plné bedny	0	0	0	1	84	A 1 1	B 1 1	G 1 1	A 1 1	B 1 1	P 1 1	M 1 1	X 1 1	I 1 1		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 1 1										55,09	84,0	1531,6	55,09	x
13	Zapsání výkonu do výkazu	0	0	0	1	84	A 1 1	B 1 1	G 1 1	A 1 1	B 1 1	P 1 1	M 1 1	X 1 1	I 1 1		A 1 1	B 1 1	P 1 1	A 1 1										20,00	84,0	556,0	20,00	x

Tabulka č. 14 Basic MOST při analýze měření balení kovového koše po 80 ks

(Zdroj: Vlastní tvorba)

Norma spotřeby času poslední balicí jednotky, kovového koše po 84 ks, vychází podle následující tabulky č. 15.

Celkový čas: 1435,70 s
Výkonnostní stupeň: 120 %
Celkový čas vč. VS: 1722,84 s
Cyklus: 20,51 s/ks

Balení: 84 ks
Počet operátorů: 1

Poměrný čas věc.: 10 % 2,05 s/ks
Poměrný čas os.: 5 % 1,03 s/ks
te (∑): 23,59 s/ks
te (∑): 0,39 min/ks

Úkolový čas:

=>> te_{1000} = **393** min/1000 ks

Výkonnostní stupnice:

Výkon:	100%	105%	110%	115%	120%	125%	130%
min/bedna	28,3	27,0	25,7	24,6	23,6	22,6	21,8
ks/hod	152,6	160,3	167,9	175,5	183,2	190,8	198,4
ks/ 7,5 hod	1145	1202	1259	1316	1374	1431	1488
ks/ 11 hod	1679	1763	1847	1931	2015	2099	2183

Tabulka č. 15 Norma spotřeby času na zabalení kovového koše 84 ks

(Zdroj: Vlastní tvorba)

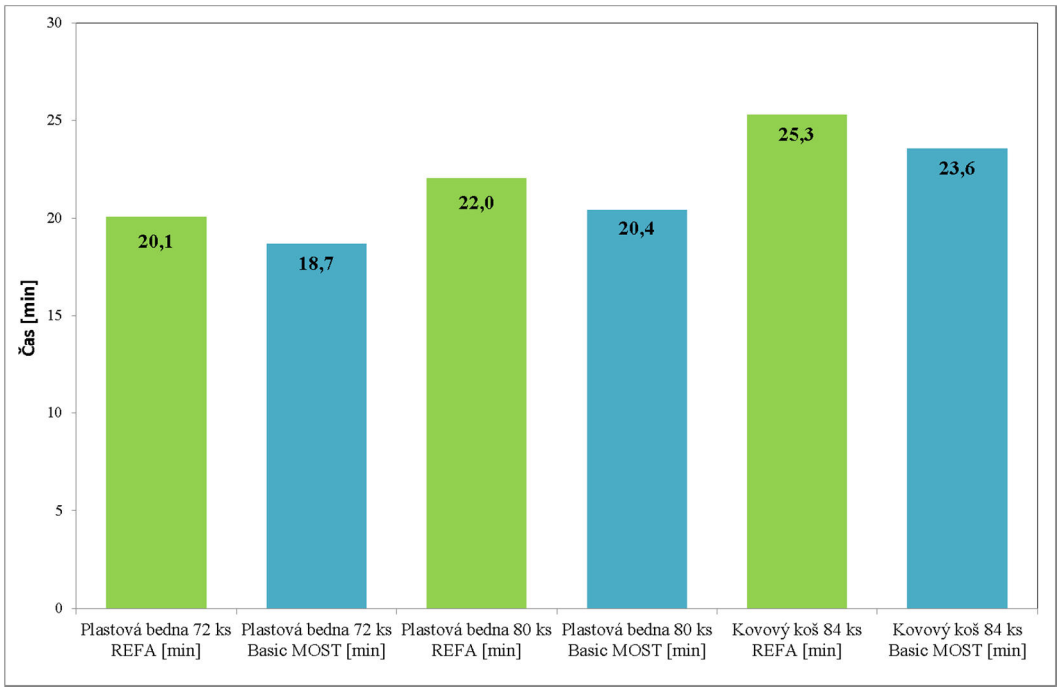
6.1.2. Porovnání výsledků analýz měření metodami REFA a Basic MOST

Provedené analýzy měření spotřeby času ukázaly, že efektivnější metodou pro operace balení je metoda využití předem určených časů Basic MOST. Při její aplikaci bylo navíc zjištěno, že stávající prostor uspořádání balicího stolu je poměrně roztáhlý a měl by se zmenšit. Na základě úpravy pracoviště má pak operátor efektivnější manipulační prostor.

Balicí jednotka	Metodika	Výkon:	120%	Odchylka REFA–Basic MOST
Pastová bedna 72 ks	REFA	min/bedna	20,1	7,30%
	Basic MOST	min/bedna	18,7	
Pastová bedna 80 ks	REFA	min/bedna	22,0	7,91%
	Basic MOST	min/bedna	20,4	
Kovový koš 84 ks	REFA	min/bedna	25,3	7,29%
	Basic MOST	min/bedna	23,6	

Tabulka č. 16 Porovnání metod REFA a Basic MOST

(Zdroj: Vlastní tvorba, interní materiály firmy Mubea)



Graf č. 3 Porovnání časů spotřeby na zabalení bedny metodou REFA, Basic MOST

(Zdroj: Vlastní tvorba, interní materiály firmy Mubea)

6.1.3. Náklady a přínosy zavedení Basic MOST

Náklady na zavedení Basic MOST

Pro samotné zavedení MOST je nejprve nezbytné, aby vhodný zaměstnanec podniku absolvoval základní školení. Vzhledem k typu výroby prostějovského závodu se jako ideální volba nabízí školení pro Basic MOST. V České republice se tímto typem školení zabývá několik školících agentur. Trénink Basic Most je běžně možné absolvovat v průběhu třech výukových dnů včetně možnosti si vyzkoušet praktické modelové situace. Standardní cena tohoto tréninku se obyčejně pohybuje kolem 315 €. Po získání potřebných teoretických a praktických dovedností je možné systematiku Basic MOST volně aplikovat v průmyslové praxi.

Ekonomické přínosy zavedení Basic MOST

Hlavní ekonomickou úsporou po zavedení metody Basic MOST v podniku bude zvýšení produktivity ručního pracoviště balení, přebalování PSA. Vzhledem k novým normám spotřeby času a novému prostorovému uspořádání pracoviště by stávající typy balicích jednotek měly být zabaleny rychleji.

Plastová bedna 72 ks	
Počet ks za 12 měsíců	447 355
Norma spotřeby času REFA [min/bedna]	20,1
Předpokládaný počet člověkohodin za 12 měsíců	2 078
Norma spotřeby času Basic MOST [min/bedna]	18,7
Předpokládaný počet člověkohodin za 12 měsíců	1 937
Předpokládaná úspora počtu člověkohodin za 12 měsíců	**141**
Plastová bedna 80 ks	
Počet ks za 12 měsíců	236 068
Norma spotřeby času REFA [min/bedna]	22,0
Předpokládaný počet člověkohodin za 12 měsíců	1 084
Norma spotřeby času Basic MOST [min/bedna]	20,4
Předpokládaný počet člověkohodin za 12 měsíců	1 005
Předpokládaná úspora počtu člověkohodin za 12 měsíců	**80**
Kovový koš 84 ks	
Počet ks za 12 měsíců	104 646
Norma spotřeby času REFA [min/bedna]	25,3
Předpokládaný počet člověkohodin za 12 měsíců	525
Norma spotřeby času Basic MOST [min/bedna]	23,6
Předpokládaný počet člověkohodin za 12 měsíců	490
Předpokládaná úspora počtu člověkohodin za 12 měsíců	**36**
Celková předpokládaná úspora počtu člověkohodin za 12 měsíců	**257**
Nákladová sazba [€/hod]	10,87
Celková předpokládaná úspora za 12 měsíců brutto [€]	**2 790**
Náklady na školení Basic MOST [€]	315
Celková předpokládaná úspora za 12 měsíců netto [€]	**2 475**

Tabulka č. 17 Kalkulace možné úspory při zavedení metody Basic MOST

(Zdroj: Vlastní tvorba)

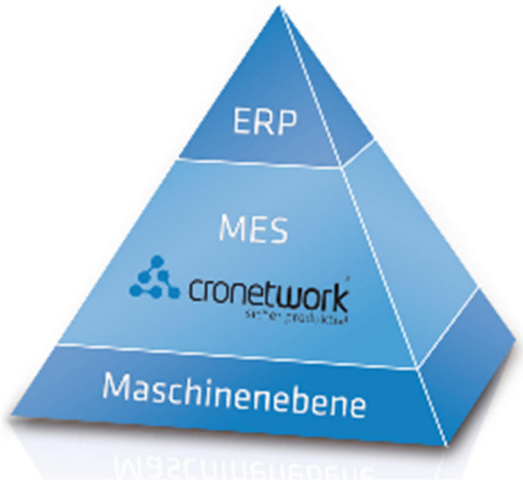
Mimoekonomické přínosy zavedení Basic MOST

Kromě prokazatelné úspory počtu člověkohodin pro dané pracoviště, která představuje 257 za 12 měsíců, plyne i úspora finančních prostředků, která činí 2 475 € za 12 měsíců. Po zohlednění zmíněných přínosů spíše ekonomického hlediska by podnik měl také uvažovat o přínosech mimoekonomických. Základní mimoekonomickými přínosy v tomto případě jsou:

- Lepší ergonomie uspořádání pracoviště, jež povede k odstranění některých zbytečných pohybů, čímž se více šetří zatížení pohybového aparátu operátorů při práci.
- Vlivem uspořádání pracoviště vzniká další eliminace možnosti chyby při nerozpoznání vady vizuální kontrolou.
- Zlepšení vazby při objednávání zákaznických a interních beden mezi výrobou a oddělením logistiky.
- Vysoká přesnost a transparentnost nově zavedených norem v návaznosti na výkonnostní odměňování příslušných zaměstnanců.

6.2. Návrh zavedení MES

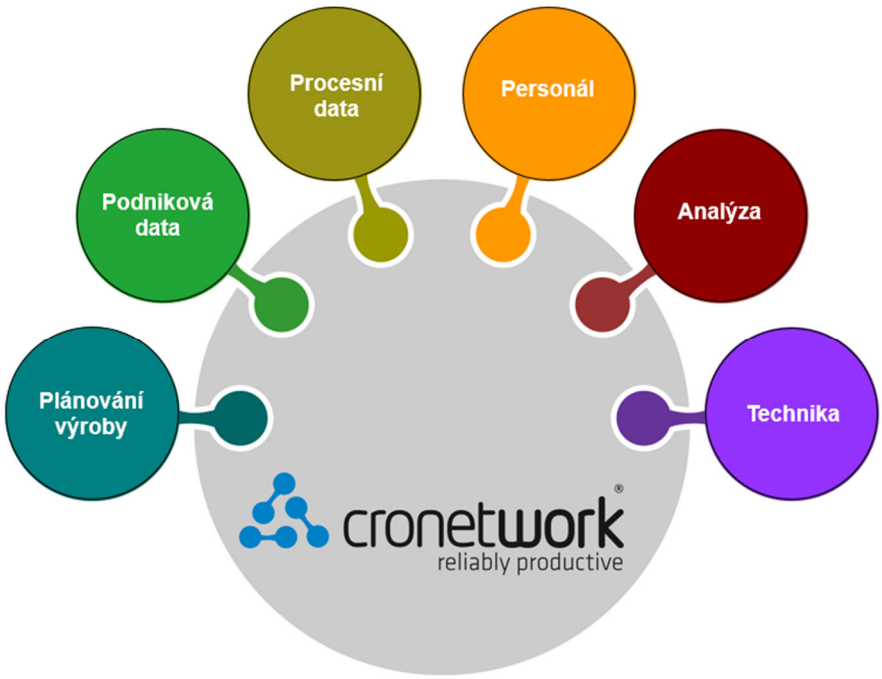
Na základě provedených analýz sběru a vyhodnocování dat včetně vyhodnocení těchto analýz bylo usouzeno, že současná situace ručního sběru dat a práce s nimi je pro účely další optimalizace, popř. zvyšování produktivity, poněkud nevyhovující. Ideální možností návrhu řešení pro tuto situaci by bylo vhodné realizovat implementaci MES (Manufacturing Execution Systém). Pro návrh konkrétní realizace vhodného výběru MES systému pro výrobu vinutých pružin v Prostějově se jako optimální varianta nabízí hotové řešení do firmy Industrie Informatik GmbH pod obchodním názvem Cronetwork. Toto sofistikované řešení je již využíváno v jiném závodě společnosti Mubea pro výrobu válcovaných plechů v německé centrále Attendorn. V prvopočáteční fázi bude záměr implementovaného systému spočívat především ve sběru a vyhodnocování dat, včetně přesnějších dat pro řízení výrobní zakázky a spojením s místním ERP systémem.



Obrázek č. 52 Hierarchie MES systému Cronetwork

(Zdroj: MES: Das Handwerkszeug zur Fertigungsoptimierung. *Industrieinformatik.com* [online, citováno 12. květen 2015]. Dostupné z: http://www.industrieinformatik.com/de/produkte/mes/was-ist-mes.html)

Z obrázku je patrná funkce MES systému Cronetwork, jenž pracuje mezi úrovní ERP systému a výrobního zařízení. Vzhledem k rozšířeným možnostem lze v dalších fázích předpokládat rozvoj řešení Cronetwork i pro jiné oblasti řízení výroby – viz obrázek č. 53.



Obrázek č. 53 Cronetwork a možností jeho využití

(Zdroj: Interní materiály firmy Industrie Informatik)

6.2.1. Implementace MES

Prvopočátečním předpokladem pro úspěšnou implementaci MES systému v podniku je určení požadavku na hardwarové a softwarové vybavení. Nejkomplexnější a nejlepší řešení je instalace systému na všechny čtyři pružinové linky od navíjecího automatu až po výstup blokovací části linky, tedy až po blokování za studena. Vzhledem k existenci průmyslových počítačů PLC včetně jejich příslušenství v linkách nebude tak velký požadavek na hardwarové vybavení. Kromě PLC linky disponují také dostatečným množstvím dotykových panelů pro komunikaci operátora a stroje. V rámci hierarchie elektronického sběru dat budou signály ze stroje prostřednictvím PLC poslány na server (např. OPC) a dále prostřednictvím monitorovacího systému Cronetwork korespondovány do serveru s databázemi nebo serveru s aplikacemi. Kromě takto sesbíraných dat se připojují i data získaná pomocí komunikace operátora a dotykového panelu. Díky této hierarchii je pak v jednotlivých aplikacích Cronetworku možné vidět automaticky sbíraná data stroje včetně reakcí jeho obsluhy. Kromě samotného sběru mohou do celého řetězce vstupovat data z ERP systému.

Obrázek č. 54 Cronetwork a jeho zjednodušené spojení se strojem

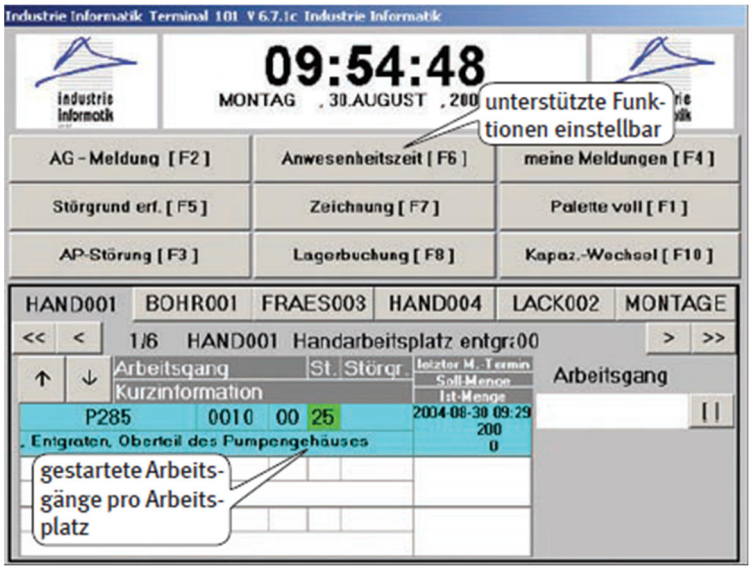
(Zdroj: Interní materiály firmy Industrie Informatik)

O detailnějším rozboru hierarchie sběru jednotlivých datových impulzů včetně možností dílčích komunikací mezi strojem a Cronetworkem poskytuje informace obrázek v příloze 3.

Monitorovací systém Cronetwork bude potřeba zaktivnit celkem na 8 navíjecích automatech a 4 centrálních panelech blokovací části linky. Jednotlivé terminály budou předělány na provoz monitorovacího systému. Současné uživatelské prostředí panelu bude rozšířeno o volbu a potvrzení aktuálního stavu stroje. Uživatelské menu je možné nadefinovat podle individuálních potřeb závodu na sledovaná data, co se týká např. konkrétních typů prostojů. Kromě rozšíření terminálů se bude jednat také o rozšíření jednoho ze stávajících serveru o systém správy a ukládání dat. V neposlední fázi bude potřeba některý ze stávajících serverů rozšířit i o místo, ve kterém budou běžet jednotlivé aplikace pro monitorování výroby. Vzhledem k existenci hardwarového vybavení se bude jednat jen o pořízení vybavení softwarového. Kromě samotného vybavení je třeba brát i vstupní náklady spojené s náběhem a tréninkem pro nový monitorovací systém. Systém po implementaci už pak bude jen pravidelně spravován a aktualizován o případná vylepšení.

6.2.2. Požadavek na obsluhu a sledování dat

Po úspěšné implementaci MES systému Cronetwork je dalším krokem stanovení, jaká data budou z výroby sbírána a vyhodnocována. V prvopočáteční fázi půjde o nastavení výrobních terminálu na podmínky a aspekty výroby vinutých pružin. Kromě univerzálních specifik, jako jsou informace o průběhu výrobní zakázky (spojení s ERP), bude nutné nastavit vhodný katalog výrobních typů prostojů. Vzhledem k propojení s ERP má navíc operátor aktuální informace o výrobním plánu, a naopak plánovač výroby má aktuální přehled o výrobní zakázce. Operátor pomocí nastaveného menu bude moci do detailu vykazovat nečinnost stroje podle reálné situace. Cronetwork je v tomto zaměření velmi flexibilní a je možné ho nastavit téměř pro jakýkoliv typ prostoje. Návrh grafického menu terminálu je zobrazen na obrázku č. 55.



Obrázek č. 55 Návrh podoby terminálového menu

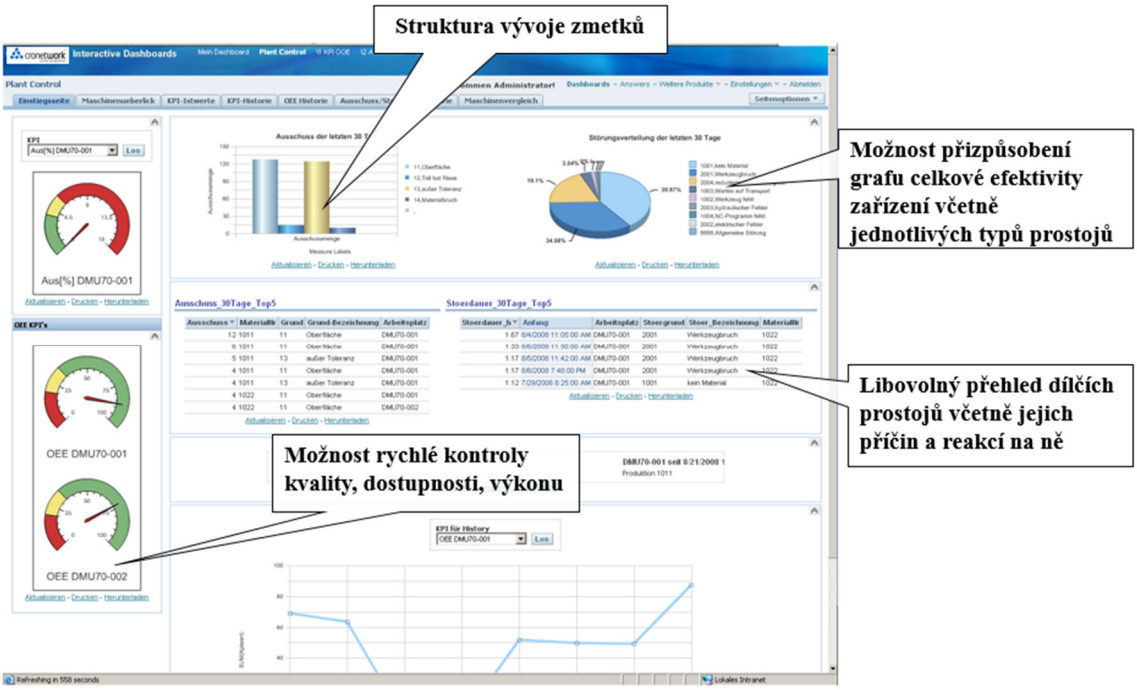
(Zdroj: Interní materiály firmy Industrie Informatik)

Do terminálu bude nadefinován takový katalog prostojů, jenž bude obsahovat technické poruchy včetně příčiny a čekání na údržbu, výměny nástrojů a materiálových kruhů, přestavby, údržbu a čištění, čekání na vstupní materiál, seřizování stroje a další libovolné možnosti podle požadavku na sledování a obsluhu výrobního zařízení. Struktura komunikace a přihlašování do systému Cronetwork bude probíhat na základně osobního čísla a hesla a bude spojovat následující úrovně:

- Operátor
- Mistr
- Vedoucí výroby
- Technolog
- Průmyslový inženýr
- Pracovník oddělení údržby

Pomocí takto nadefinované struktury se v podstatě pracovníci vzájemně kontrolují, tudíž nebude možné, aby např. operátor natahoval čas poruchy, protože ho systém vyzve k přivolání údržbáře, který následně čas a příčinu poruchy potvrdí.

Výstupy z Cronetworku pak bude možné prohlížet a pracovat s nimi prostřednictvím nainstalované aplikace v počítači, případně mobilního telefonu nebo i pomocí webového rozhraní. Data budou k dispozici online 24 hodin denně a bude možné si je dle požadavku libovolně upravovat do různých sestav.



Obrázek č. 56 Návrh podoby datových výstupů

(Zdroj: Interní materiály firmy Industrie Informatik)

Takto nadefinované výstupy nyní poslouží k vytvoření lepší vazby pro řízení výroby a možnosti její další optimalizace. Kromě hodnocení celkové efektivity zařízení včetně kategorizace důvodů nečinnosti stroje získáme také přehled o dlouhodobých reálných taktech výrobního zařízení. Cronetwork posléze dokáže sám o sobě vyhodnotit ideální takt stroje. Díky těmto informacím je možné rovněž zlepšit vazbu na plánování výroby a kapacit. V neposlední řadě může systém sloužit jako transparentní nástroj při výpočtu výkonnostní prémie. Síťově bude možné systém propojit s docházkovým terminálem, a tím bude možné pracovat i s přesnou hodnotou produktivity výroby.

6.2.3. Náklady a přínosy zavedení MES

Náklady na implementaci

Na základě vytvořené poptávky firmou Mubea Mubea IT Spring Wire s.r.o. byla firmou Industrie Informatik GmbH vytvořena nabídková kalkulace. Uvedené kalkulační položky byly vzhledem k existenci hardwaru orientovány jen na potřebný software. Celkové náklady na implementaci MES systému Cronetwork byly vyčísleny na 66 958 € včetně systému řízení databázové platformy. Po implementaci systému je nezbytné v dalších letech udržovat jeho funkci, případně ho doplňovat o aktuálně vyvinuté novinky. Údržba systému byla vykalkulována na 9 344 € ročně. Zkrácená verze kalkulace se nachází v tabulce č. 18, kompletní kalkulace se pak nachází v příloze 4.

PROJECT BUDGET SUMMERY			Licence & Service	Maintenance/year
Price / Licence cronetwork®			29 820	6 898
Price / Licence ORACLE			10 588	2 446
Consulting, Training, Expenses			26 550	
Total Project (€)			**66 958**	**9 344**

Tabulka č. 18 Základní kalkulace za implementaci MES systému Cronetwork

(Zdroj: Interní materiály firmy Industrie Informatik)

Ekonomické přínosy implementace

V průběhu analýz této diplomové práce bylo poukázáno na existenci prostojů v podobě tzv. neodůvodněných časů (viz kapitola 5.7.5.). Tyto prostoje jsou původně způsobené neúplně vypsaným výrobním protokolem nebo zastavením výrobního zařízení a nevykázáním důvodu. Tento typ prostoje v prostředí systému Cronetwork prakticky

přestává existovat. S velmi vysokou pravděpodobností by se tento dříve neproduktivní čas mohl nyní projevit v čase produktivním, čímž by došlo k zvýšení efektivnosti výrobního zařízení. Analýzou bylo určeno, že tento nevýrobní čas dříve znamenal prokazatelné výrobní plýtvání 8 472 min za období 12 měsíců. Bilance finanční úspory a nákladů na pořízení MES systému Cronetwork je zobrazena v tabulce č. 19.

Plýtvání za období 12 měsíců [min]	8 472
Reálný, průměrný takt výrobního zařízení [s/ks]	4,31
Reálný, průměrný takt přepočítaný na počet kusů za výrobní minutu [ks/min]	13,92
Ušlý počet vyrobených pružin za období 12 měsíců brutto [ks] *= Plýtvání x Přepočet reálného taktu na počet kusů za výrobní minutu*	117 940
Očekávaná výše tvB [%] *tvB - poměrný čas při práci stroje (např. neočekávané vlivy)*	5,00
Přepočet očekávané výše tvB [ks] *5 % z ušlého počtu vyrobených pružin za období 12 měsíců brutto*	5 897
Očekávané množství nejakosti [%] *Podle platné kvóty množství nejakosti v podniku za rok 2015*	3,00
Očekávané množství nejakosti [ks] *= 3 % z ušlého počtu vyrobených pružin za období 12 měsíců brutto*	3 538
Ušlý počet shodných dílů za období 12 měsíců netto [ks] *= Ušlý počet vyrobených pružin brutto - Přepočet očekávané výše tvB - Očekávané množství nejakosti*	108 505
Průměrná zákaznická cena pružiny [€] *Podle podnikových údajů za rok 2015*	4,30
Ušlý zisk způsobený plýtváním za období 12 měsíců [€] *= Ušlý počet shodných dílů netto x Průměrná zákaznická cena pružiny*	**466 569**
Úspory:	
1. rok	
Náklady na instalaci systému Cronetwork [€] *Pouze instalace systému, není nutno úhrady roční údržby*	66 958
Možná úspora za 1. rok [€] *= Ušlý zisk způsobený plýtváním - Náklady na instalaci systému Cronetwork*	**399 611**
2. rok (+ ostatní roky)	
Roční náklady na údržbu sytému Cronetwork [€] *Ve druhém a následujících letech nutno hradit údržbu systému*	9 344
Možná úspora za 2. rok (+ ostatní roky) [€] *= Ušlý zisk způsobený plýtváním - Roční náklady na údržbu sytému Cronetwork*	**457 225**

Tabulka č. 19 Kalkulace možné úspory při používání MES systému Cronetwork

(Zdroj: Vlastní tvorba)

Pokud bereme v úvahu první rok, kde se promítají náklady na pořízení a implementaci MES systému, představuje úspora pro podnik 399 611 €. V dalších letech pak půjde o úsporu ve výši 457 225 €. Uvedená úspora je prokazatelná při odstranění zmíněného typu plýtvání. Dalším eventuálním potenciálem především v budoucnu bude možnost lepšího sledování, případně i redukce jiných typů prostojů.

Mimoekonomické přínosy investice

Kromě prokazatelné finanční úspory implementace by měl podnik také uvažovat o přínosech mimoekonomických. Mezi základní mimoekonomické přínosy jistě patří:

- Zlepšení řízení výrobní zakázky při spojení MES a ERP.
- Zefektivnění systému údržby podniku při reakci a odstraňování vzniklých prostojů. Systém Cronetwork je možné napojit na GSM modul, který podle nastavení automaticky rozesílá SMS zprávy při poruše.
- Objektivní informace pro výpočet výkonnostní prémie operátorů.

Výkonnostní prémie navíjení – linka 1					Počet výměn kruhů						Počet výměn nástrojů				Přestavba	Výměna materiálu během výrobní zakázky, ztráta kapacity při výrobě nových prototypů						
Datum	Rychlost ks/min	i.o. kusy	Verd. Čas netto	tvB + údržba 5%	min 7	min 8	min 10	min 12	min 15	Σ	min 5	min 10	min 15	Σ	min 25	min 30	min	Prototypy	Σ	Čas brutto	Produkční čas	Výk. prémie
01.02.	13,92	15703	1128	56	1	2	6			83		3	1	45	5	1	0		155	1467	1440	131,9%
02.02.	13,92	15493	1113	56		3	6	1		96		2	1	35	5		0		125	1425	1440	128,0%
03.02.	13,87	12766	920	46	1		2	2		51		3	2	60	6	2	15		225	1302	1440	116,8%
04.02.	13,96	13270	951	48			7			70		2		20	9		0		225	1313	1440	118,3%
19.08.	13,87	15484	1116	56	1	2	5			73		2	2	50	5		0		125	1420	1440	127,2%
06.02.	13,85	13401	968	48		1	6	5		128		2		20	3	4	0		195	1359	1440	121,7%
07.02.	14,01	15447	1103	55	2	5	9			144		2	2	50	4	3	0		190	1542	1440	139,3%
08.02.	14,00	13397	957	48		1	8	1		100		5		50	8		30		230	1385	1440	125,0%
09.02.	13,79	14520	1053	53			6	3		96		2	2	50	5	2	0		185	1437	1440	128,2%
10.02.	13,92	14419	1036	52		2	5	3		102		2	1	35	7		10		185	1410	1440	126,7%
11.02.	13,77	9509	691	35	1		4	2		71		2	3	65	1	2	0		85	946	845	143,7%
12.02.	13,92	12407	891	45		1	5	3		94		2		20	4		0		100	1150	1440	103,3%
13.02.	13,65	5381	394	20			1	1		22		2	1	35	3		55		130	601	1440	53,3%
14.02.	13,94	15614	1120	56		2	6	4		124		1	3	55	3		0		75	1430	1440	128,7%
15.02.	13,90	14738	1060	53	1		5	1		69		6		0	4		0		100	1282	1440	115,0%
16.02.	13,90	13062	940	47			7	2		94		3	2	60	2	4	63		233	1374	1440	123,4%
17.02.	13,90	13432	966	48		3	5	1		86		4	1	55	6		30		180	1336	1440	119,9%
18.02.	13,70	7984	583	29			6	1		72		6		60	4	2	23		183	927	1440	82,5%
19.02.	13,65	15071	1104	55	1	3	6	3		127		2	2	50	4	2	10		170	1506	1440	133,4%
20.02.	13,97	5498	394	20			3			30		6		60	6		10		160	663	960	89,7%
21.02.	13,97	15245	1091	55		1	4	2		72		5		50	4	3	0		190	1458	1440	131,4%
22.02.	13,95	14799	1061	53		3	5	4		122		4	1	55	5		0		125	1416	1440	127,5%
23.02.	13,70	12883	940	47		1	5	1		70		8		80	7		10		185	1322	1440	117,5%
24.02.	13,82	14115	1021	51	1	4	5	2		113		5		50	6		0		150	1385	1440	123,8%
25.02.	13,93	10505	754	38		3	5	1		86		2	3	65	5		70		195	1138	1440	102,4%
26.02.	13,89	11329	816	41		2	6	1		88		4		40	5		30		155	1139	1440	102,3%
27.02.	13,89	7271	523	26			3	1		42		2	2	50	1	3	0		115	757	695	140,7%
28.02.	13,83	14132	1022	51			6	4		108		2	3	65	4		0		100	1346	1440	120,3%
Σ	13,9	356875	25716	1286	9	39	147	49	0	2433	0	91	32	1330	131	28	##	0	4471	35236	38500	118,2%

Tabulka č. 20 Návrh podoby výkonnostní prémie

(Zdroj: Interní materiály firmy Industrie Informatik)

Výkonnostní prémie bude vypočítána na bázi nečinnosti stroje zaviněné operátorem a nečinnosti, kdy operátor za danou věc nemůže (např. výměna kruhů, nástroje, přestavba). Tento typ nečinnosti je způsobem výrobních plánem. Uvedené časy výměn nástrojů se budou libovolně měnit podle reálné situace ve výrobě.

- Přesný nástroj pro plánování kapacit výrobního zařízení. Tento prokazatelný nástroj plánování kapacit je i reprezentativní pro zákazníka při jeho návštěvě.
- Prokazatelný nástroj pro plánování spotřeb výrobních a provozních prostředků (např. výrobní nástroje).

6.3. Vývoj produktivity po aplikaci návrhů zlepšení

Produktivita po aplikaci MOST

Z dosažených výsledků návrhu zavedení Basic MOST vyplývá, že pomocí této metody dochází k úspoře spotřebovaných člověkohodin při přebalovacích, kontrolních procesech. Výsledky prokazují, že lze ušetřit až 257 člověkohodin za 12 měsíců. V produktivitě podniku se tento fakt projeví menším počtem spotřebovaných přímých hodin na množství vyrobených kusů.

Produktivita po aplikaci MES

Výsledky návrhu zavedení MES systému Cronetwork jasně prokazují redukci plýtvání v podobě prostojů. Kalkulace úspory naráží na skutečnost, že při stávající disponibilitě výrobních linek bude možné vyrobit větší množství shodných dílů, konkrétně se jedná o 108 505 ks za 12 měsíců. V ukazateli produktivity podniku se tento stav projeví vyšší úrovní výstupů, v tomto případě množství vyrobených dílů a ekonomického výkonu závodu na počet spotřebovaných hodin.

Profitcentrum:		Vinuté pružiny Prostejov – období za 12 měsíců				
		Stávající produktivita	Produktivita po aplikaci MOST	Produktivita po aplikaci MES	Produktivita po aplikaci MOST + MES	Odchylka produktivity po aplikaci MOST + MES a produktivity stávající
Výkon závodu	tis. €	59 058	59 058	59 528	59 528	
Výroba	tis. ks	13 626	13 626	13 735	13 735	
Přímé						
Přímé hodiny	hod	263 100	262 844	263 100	262 844	
Z toho úprava	hod					
Σ Hodin (přímých pracovníků)		**263 100**	**262 844**	**263 100**	**262 844**	
Produktivita I	**€/hod**	**224,5**	**224,7**	**226,3**	**226,5**	**0,89%**
Produktivita I	**ks/hod**	**51,8**	**51,8**	**52,2**	**52,3**	
Nepřímé						
Nepřímé hodiny	hod	78 615	78 615	78 615	78 615	
Z toho úprava	hod					
Σ (přímé + nepřímé)						
Přímé hodiny	hod	263 100	262 844	263 100	262 844	
Nepřímé hodiny	hod	78 615	78 615	78 615	78 615	
Σ Celkových hodin		**341 716**	**341 459**	**341 716**	**341 459**	
Produktivita II	**€/hod**	**172,8**	**173,0**	**174,2**	**174,3**	**0,87%**
Produktivita II	**ks/hod**	**39,9**	**39,9**	**40,2**	**40,2**	

Tabulka č. 21 Vývoj produktivity po aplikaci návrhů zlepšení

(Zdroj: Vlastní tvorba)

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo prvopočátečně aplikovat metodu předem určených časů MOST na vybraná pracoviště podniku Mubea IT Spring Wire s.r.o. Těmito pracovišti jsou dlouhodobě úzká místa ručního přebalování, kontroly hotových vinutých pružin. V další fázi práce se jedná o implementaci elektronického systému sběru a vyhodnocování výrobních dat prostřednictvím MES systému. Mezi vybraná výrobní zařízení pro implementaci MES sytému patří linky na výrobu vinutých pružin. Vedení závodu si tímto krokem slibuje zpřesnění práce při analýze a vyhodnocování výrobních dat s následnou možností odstranění některých druhů plýtvání v podobě zbytečných prostojů.

V rámci provedených analýz bylo zjištěno, že v podniku se dlouhodobě vyskytuje problém s efektivním vykonáváním práce na ručních přebalovacích, kontrolních pracovištích. Dispozice těchto pracovišť je nutná především z důvodu nedostatku zákaznických beden pro expedici a nutnosti provádění výstupních kontrol. Vyhodnocováním konkrétních množství a výkonů byla zjištěna nezbytnost optimalizace práce při přebalování.

Současná analýza měření a spotřeby práce se plně opírá o standardy německé systematiky REFA, přičemž technickohospodářské normy v podniku jsou determinovány těmito standardy. Vzhledem k existenci úzkých míst především zmíněných přebalovacích procesů bylo nutné se podívat na podstatu stávajících norem spotřeby času. Ve spojitosti norem spotřeby času a přebalovacího pracoviště se jako ideální volba jeví zkusit používané balicí jednotky měřit a normovat pomocí jiné systematiky. Vhodnou alternativou pro tento typ měření se nabízí aplikace Basic MOST.

Dílčími rozbory byla zjištěna zbytečnost některých pohybů při balení, ze které následně plynul i ergonomický nedostatek pracoviště. Po vhodném prostorovém uspořádání se zlepšila efektivnost balení a s tím spojená možnost stanovení vyšších norem v podniku. Podnik touto cestou dokáže některé balicí jednotky zabalit téměř o 8 % rychleji oproti

původním možnostem. Výsledná kalkulace také ukázala potenciál úspory až 257 člověkohodin za dvanáct měsíců, což v redukci nákladů dělá 2 475 €.

V další části provedených analýz, jež byly zaměřeny na sběr a vyhodnocování výrobních dat, se ukázalo, že podnik se v současné době výhradně opírá o ruční sběr těchto údajů. Princip sběru jednoduše funguje pomocí vyplňování výrobních protokolů operátorem. Pro následné vyhodnocování dat v podobě ukazatele OEE a kategorizaci jednotlivých typů prostojů se používá interní podniková aplikace. Báze výpočtu ukazatele a třídění sbíraných dat do jednotlivých forem prostojů není pro potřeby výroby vinutých pružin optimálně nastavena. Ve stávající aplikaci vznikají zbytečně diference při výpočtu dílčího koeficientu výkonu, neboť celé výrobní portfolio je počítáno se stejným ideálním taktem strojem, což úplně neodpovídá technologickým možnostem výrobní linky. Z prokázaného vyhodnocení se ovšem jako větší problém jeví existence prostojů v podobě tzv. neodůvodněných časů, které svou podstatou spadají do jiné kategorie prostoje nebo dle podnikových informací znamenají až 50 % plýtvání. Za sledované období dvanácti měsíců činí plýtvání až 8 472 výrobních minut.

Zvoleným návrhem řešení pro optimalizaci analýzy a sběru výrobních dat byla implementace MES systému. V rámci zastoupení některých sesterských závodů podniku v Německu a jejich zkušeností s MES systémem se jako ideální volba jeví implementace profesionálního řešení Cronetwork od společnosti Industrie Informatik GmbH. Výsledná implementace MES systému poskytne detailní přehled o chodu pružinových linek a jejich obsluze. Další výhodou investice je zlepšení vazby mezi výrobou a plánovaním, neboť celý systém nabízí kompatibilitu spojení s ERP.

Z hlediska celkové efektivnosti zařízení OEE a navrhnutého řešení dochází nejenom k zpřesnění výpočtu tohoto ukazatele, ale také možnosti práce se vždy aktuálními daty. Největší úspora při implementaci MES systému pak vyplyne z redukce zmíněného plýtvání tzv. neodůvodněných časů. Provedená kalkulace úspory poukazuje na možnost za sledovaný disponibilní čas vyrobit až o 108 505 ks shodných dílů více. Ve finanční úspoře je reálné první rok ušetřit 399 611 €. V dalším roce, kdy už pořizovací cena MES systému bude uhrazena a platí se jen náklady na údržbu, činí úspora 457 225 €.

Z uvedených poznatků diplomové práce je patrné, že navrhnutá řešení vedou ke skutečným ekonomickým, případně mimoekonomickým výsledkům. Vzhledem k rozsahu produkce společnosti na trhu podvozkových komponentů do osobních automobilů se zavádění prvků štíhlé výroby jeví jako optimální cesta pro budoucí rozvoj.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literatura

BASL, J. a BLAŽÍČEK, R. *Podnikové informační systémy: Podnik v informační společnosti.* Praha: Grada Publishing, 2012, s. 323. ISBN 978-80-247-4307-3.

BAUER, M. a kolektiv. *KAIZEN: Cesta ke štíhlé a flexibilní výrobě.* Brno: BizBooks, 2012, s. 193. ISBN 978-80-265-0029-2.

BÖRSCH–SUPAN, A. a kolektiv. Produktivität, Wettbewerbsfähigkeit und Humanvermögen in alternden Gesellschaften. In: *Produktivität in alternden Gesellschaften*, Halle: Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, 2009. ISBN 978-3-8047-2545-4.

HIRANO, H. 5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace. New York: Productivity Press, 1996. ISBN 978-1-5632-7123-6.

JUROVÁ, M. a kolektiv. *Výrobní procesy řízené logistikou.* Brno: BizBooks, 2013, s. 260. ISBN 978-80-265-0059-9.

KOŠTURIAK, J. a kolektiv. *Kaizen: Osvědčená praxe českých a slovenských podniků.* Brno: Computer Press, 2010, s. 234. ISBN 978-80-251-2349-2.

KOŠTURIAK, J., FROLÍK, Z. a kolektiv. *Štíhlý a inovativní podnik.* Praha: Alfa Publishing, 2006, s. 237. ISBN 80-86851-38-9.

LEISEDER, M. Ludwig. Federelemente aus Stahl für die Automobilindustrie: Grundlagen und Federarten. Německo, 1997, s. 71. ISBN 3-478-93158-4.

LORKO, M. a JAMBRICHOVÁ, Z. *Ergonómia*. Prešov: TU Košice, 1998, s. 122. ISBN 80-7099-392-8.

MacINNES, L. Richard. *Štíhlý podnik: Memory Jogger* ^{TM}. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006, s. 169. ISBN 80-02-01849-4.

MAŠÍN, I. a VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě: Strategie založená na průmyslovém inženýrství.* Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, s. 254. ISBN 80-902235-0-8.

MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M., STAŇEK, M. *Podnik světové třídy: Geneze produktivity a kvality.* Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1997, s. 276. ISBN 80-902235-1-6.

MATOUŠEK, O. Ergonomická kritéria a parametry v hodnocení strojních zařízení. *Inovace*, č. 4, 2000, s. 10.

MUHR, H. Karl a Leo Schnaubelt. *Radaufhängung mit einem radführenden Federbein* DE 3743450 C2. Německá, 28. 3. 1991. (patent)

ÓNO, T. *Toyota Production System*: *Beyond Large-Scale Production*. Oregon: Productivity Press, 1988. ISBN 0-915299-14-3.

ŠLAICHOVÁ, E. *Výzkum vybraných metod měření produktivity práce.* Liberec: Geoprint, 2013, s. 98. ISBN 978-80-7494-007-1.

ŠOLJAKOVÁ, L. a FIBÍROVÁ, J. *Reporting: 3 rozšířené a aktualizované vydání.* Praha: Grada Publishing, 2010, s. 221. ISBN 978-80-247-2759-2.

TOMEK, G. a VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby a nákupu.* Praha: Grada Publishing, 2007, s. 378. ISBN 978-80-247-1479-0.

ZANDIN, B. Kjell. *MOST: Work Measurement Systems.* New York: Marcel Dekker, Inc., 2003, s. 552. ISBN 0-8247-0953-5.

Internetové zdroje

1. Diagnostická fáze. *Leancompany.cz* [online, citováno 24. leden 2015]. Dostupné z: http://www.leancompany.cz/diagnostika.html

Analýza a meranie práce. *Ipaslovakia.sk* [online, citováno 12. února 2015]. Dostupné z: http://www.ipaslovakia.sk/cz/ipa-slovnik/casove-studie

Analýza a měření práce. *E-api.cz* [online, citováno 12. února 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/68397.analyza-a-mereni-prace/

Analýza a měření práce. *Svetproduktivity.cz* [online, citováno 12. únor 2015]. Dostupné z http://www.svetproduktivity.cz/slovnik/Analyza-a-mereni-prace.htm

Co je VSM? *E-api.cz* [online, citováno 27. ledna 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/68395.vsm/

Časové studie – nástroj průmyslového inženýrství. *E-api.cz* [online, citováno 12. únor 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/article/68428.casove-studie-8211-nastroj-prumysloveho-inzenyrstvi/

Ergonomie. *Svetproduktivity.cz* [online, citováno 11. února 2015]. Dostupné z: http://www.svetproduktivity.cz/slovnik/Ergonomie.htm

Kaizen. *Svetproduktivity.cz* [online, citováno 31. leden 2015]. Dostupné z: http://www.svetproduktivity.cz/slovnik/Kaizen.htm

Kompetence v odlehčených konstrukcích. *Mubea.com* [online, citováno 14. prosince 2014]. Dostupné z: http://www.mubea.com/cz/strategy/lightweight-competence/

LEAN slovník. *Leancompany.cz* [online, citováno 28. leden 2015]. Dostupné z: http://leancompany.cz/leanslovnik.html

Lichoběžníková náprava. *Autolexikon.net* [online, citováno 17. prosince 2014]. Dostupné z: http://cs.autolexicon.net/articles/lichobeznikova-naprava/

Lokality. *Mubea.com* [online, citováno 7. prosince 2014]. Dostupné z: http://www.mubea.com/cz/company/locations/

MES: Das Handwerkszeug zur Fertigungsoptimierung. *Industrieinformatik.com* [online, citováno 12. květen 2015]. Dostupné z: http://www.industrieinformatik.com/de/produkte/mes/was-ist-mes.html

MES (Manufacturing Execution Systems). *Systemonline.cz* [online, citováno 15. března 2015]. Dostupné z: http://www.systemonline.cz/clanky/mes-manufacturing-execution-systems.htm

Metoda 5S je základním elementem každého štíhlého systému. *E-api.cz* [online, citováno 27. leden 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/68391.5s/

Momentkové pozorovanie. *Ipaslovakia.sk* [online, citováno 17. únor 2015]. Dostupné z: http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovnik/momentkove-pozorovanie

MOST – Maynard Operation Sequence Technique. *Ipaczech.cz* [online, citováno 22. února 2015]. Dostupné z: http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovnik/most-maynard-operation-sequence-technique

OEE – Overall Equipment Effectiveness z anglického překladu. *E-api.cz* [online, citováno 1. únor 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/68415.ukazatel-oee/

Průmyslové inženýrství. *Kvs.tul.cz* [online, citováno 23. února 2015]. Dostupné z: http://www.kvs.tul.cz/PI

Štíhlý podnik a jeho části. *Systemonline.cz* [online, citováno 24. leden 2015]. Dostupné z: http://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/stihla-logistika.htm

The 5S Process: 12 Visualizations That Explain It Best. *Cisco-eagle.com* [online, citováno 26. leden 2015]. Dostupné z: http://www.cisco-eagle.com/blog/2013/11/05/the-5s-process-visualization/

TPM (Total Productive Maintenance). *E-api.cz* [online, citováno 31. leden 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/article/70766.tpm-total-productive-maintenance-/

Vizualizované pracoviště v praxi při výrobě kompresorů do klimatizací. *E-api.cz* [online, citováno 29. leden 2015]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/70730.vizualizovane-pracoviste-v-praxi-pri-vyrobe-kompresoru-do-klimatizaci/

Výrobky & technologie. *Mubea.com* [online, citováno 10. prosince 2014]. Dostupné z: http://www.mubea.com/cz/products-technologies/

Závod Prostějov. *Mubea.com* [online, citováno 14. prosince 2014]. Dostupné z: http://www.mubea.com/nc/cz/career-new/europe/ceska-republika/prehled/mubea-prostejov/?sword_list[0]=mubea&sword_list[1]=prost%C4%9Bjov

Závod Žebrák. *Mubea.com* [online, citováno 14. prosince 2014]. Dostupné z: http://www.mubea.com/cz/career-new/europe/ceska-republika/prehled/mubea-zebrak/

Zeitgliederung nach REFA. *Technischerbetriebswirt-ihk.de* [online, citováno 22. února 2015]. Dostupné z: http://www.technischerbetriebswirt-ihk.de/tfw/texte/

Zeitgliederung nach REFA, bezogen auf das Betriebsmittel. *Technischerbetriebswirt-ihk.de* [online, citováno 21. března 2015]. Dostupné z: http://www.technischerbetriebswirt-ihk.de/tfw/texte/

Zeitgliederung nach REFA, bezogen auf den Menschen. *Technischerbetriebswirt-ihk.de* [online, citováno 21. března 2015]. Dostupné z: http://www.technischerbetriebswirt-ihk.de/tfw/texte/

Interní materiály

Interní materiály firmy Industrie Informatik GmbH

Interní materiály firmy Mubea IT Spring Wire s.r.o.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka	Originální název	Český význam
CEZ	Celková efektivnost zařízení	Celková efektivnost zařízení
ERP	Enterprise Resource Planning	Plánování podnikových zdrojů
GSM	Global System for Mobile	Globální systém pro mobilní komunikaci
HPP–FP	High Performance Prozess – Fine Peening	Vysokotlaký proces jemného tryskání
HPP–SP	High Performance Prozess – Stress Peening	Vysokotlaký proces napěťového tryskání
KPI	Key Performance Indicators	Kritéria řízení výkonnosti
MES	Manufacturing Execution Systém	Výrobní informační systémy
MESA	Manufacturing Enterprise Solutions Association	Asociace výrobních informačních systémů
MOST	Maynard Operation Sequence Technique	Měření operací sekvenčními technikami
MTM	Methods Time Measurement	Metoda měření času
NC	Numerical Control	Číslicově řízený
OEE	Overall Equipment Effectiveness	Celková efektivnost zařízení
OPC	Open Platform Communications	Otevřená platforma komunikace
PLC	Programmable Logic Controller	Programovatelný logický automat
REFA	Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung	Říšský výbor pro stanovování časových snímků práce
SL	Side Load	Boční naklánění
SMS	Short message service	Služba krátkých textových zpráv
TMU	Time Measurement Unit	Jednotka měření času
TPM	Total Productive Maintenance	Úplná údržba výroby
TPS	Toyota Production Systém	Výrobní systém Toyota
UAS	Universelles Analysier Systém	Univerzální systém analýzy
UMS	Universal Maintenance Standards	Univerzální údržbářské normy
USD	Unifield Standard Data	Sjednocená standardizovaná data
VA	Value Added	Přidaná hodnota
VSM	Value stream Mapping	Mapování toku hodnot

SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK

Obrázek č. 1 Štíhlý podnik 12
Obrázek č. 2 Mapa hodnotového toku 15
Obrázek č. 3 Fáze implementace 5S 17
Obrázek č. 4 Vizualizační nástěnka aktivit výrobní sekce 19
Obrázek č. 5 Absorpce Kaizenu v jednotlivých vrstvách podniku 21
Obrázek č. 6 Druhy ztrát 22
Obrázek č. 7 Změny na pracovišti 24
Obrázek č. 8 Pět bloků TPM 25
Obrázek č. 9 Výpočet CEZ a vliv ztrát 26
Obrázek č. 10 Analýza a měření práce 28
Obrázek č. 11 Techniky měření práce 29
Obrázek č. 12 Časové studie 30
Obrázek č. 13 Ukázka snímku pracovního dne 31
Obrázek č. 14 Momentkové pozorování 32
Obrázek č. 15 Rodina MOST 37
Obrázek č. 16 Výběr vhodného MOST systému 38
Obrázek č. 17 Obecné přemístění – sekvenční model 39
Obrázek č. 18 Obecné přemístění – data karta 40
Obrázek č. 19 Řízené přemístění – sekvenční model 42
Obrázek č. 20 Řízené přemístění – data karta 42
Obrázek č. 21 Použití nástroje – sekvenční model 44
Obrázek č. 22 Použití nástroje – data karta 45
Obrázek č. 23 Geografické zastoupení jednotlivých poboček firmy Mubea 53
Obrázek č. 24 Výrobní portfolio firmy MUBEA 54
Obrázek č. 25 Zákaznické zastoupení firmy Mubea 55
Obrázek č. 26 Zákaznické zastoupení firmy Mubea 56
Obrázek č. 27 Vinutá pružina včetně přehledu její výrobní lokalizace 57
Obrázek č. 28 Tok výroby polotovaru pružinového drátu 59
Obrázek č. 29 Tok výroby vinuté pružiny 61
Obrázek č. 30 Pozice umístění vinuté pružiny v přední nápravě automobilu 62

Obrázek č. 31 Charakteristika lineárního i progresivního typu pružiny 63
Obrázek č. 32 Válcová pružina 64
Obrázek č. 33 Soudková pružina 64
Obrázek č. 34 Kuželová pružina 64
Obrázek č. 35 Pružina ve tvaru C.....65
Obrázek č. 36 Layout haly výroby vinutých pružin.....68
Obrázek č. 37 Hodnotový tok výroby vinuté pružiny.....70
Obrázek č. 38 Výrobní linka technologie HPP–SP.....71
Obrázek č. 39 Výrobní linka technologie HPP–FP.....72
Obrázek č. 40 Komunikace operátora a výrobní linky.....73
Obrázek č. 41 Zvolené kroky pro analýzu taktu linky HPP–SP.....75
Obrázek č. 42 Ruční pracoviště balení, přebalování pružin 77
Obrázek č. 43 Špagetový diagram ručního pracoviště balení, přebalování pružin.....78
Obrázek č. 44 Používané časoměrné prostředky v podniku 80
Obrázek č. 45 REFA a měření činností prováděných člověkem 81
Obrázek č. 46 REFA a měření činností prováděných strojem.....82
Obrázek č. 47 Výrobní protokol blokování 85
Obrázek č. 48 Výpočet OEE prostřednictvím podnikové aplikace KPI-P 87
Obrázek č. 49 Měsíční report výsledku ukazatele OEE 90
Obrázek č. 50 Pracovní postup pro balení do plastových beden po 72 ks 97
Obrázek č. 51 Návrh nového layoutu přebalovacího, kontrolního pracoviště PSA.....103
Obrázek č. 52 Hierarchie MES systému Cronetwork 109
Obrázek č. 53 Cronetwork a možností jeho využití.....110
Obrázek č. 54 Cronetwork a jeho zjednodušené spojení se strojem 111
Obrázek č. 55 Návrh podoby terminálového menu 112
Obrázek č. 56 Návrh podoby datových výstupů.....113

Graf č. 1 Vývoj produkce vinutých pružin včetně očekávaných budoucích prognóz.....58
Graf č. 2 Analýza taktu linky HPP–SP.....76
Graf č. 3 Porovnání časů spotřeby na zabalení bedny metodou REFA, Basic MOST .106

Tabulka č. 1 Množství přebalovaných, kontrolovaných dílů.....79
Tabulka č. 2 Vývoj výrobních dat v roce 2014.....88
Tabulka č. 3 Výsledky produktivity v roce 2014.....92
Tabulka č. 4 Neefektivnost využití některých výrobních zařízení.....93
Tabulka č. 5 Přehled taktů vybraných zákazníků 94
Tabulka č. 6 Průměrné výkony přebalování v přepočtu na 11 hod práce 95
Tabulka č. 7 Normy spotřeby času balicích jednotek PSA – systematika REFA.....97
Tabulka č. 8 Využívání balicích jednotek zákazníka PSA za sledované období.....98
Tabulka č. 9 Prostoje způsobené technologickými ztráty, neodůvodněným časem 99
Tabulka č. 10 Basic MOST při analýze měření balení plastové bedny po 72 ks 102
Tabulka č. 11 Norma spotřeby času na zabalení plastové bedny po 72 ks.....103
Tabulka č. 12 Basic MOST při analýze měření balení plastové bedny po 80 ks 104
Tabulka č. 13 Norma spotřeby času na zabalení plastové bedny po 80 ks.....104
Tabulka č. 14 Basic MOST při analýze měření balení kovového koše po 80 ks 105
Tabulka č. 15 Norma spotřeby času na zabalení kovového koše 84 ks 105
Tabulka č. 16 Porovnání metod REFA a Basic MOST.....106
Tabulka č. 17 Kalkulace možné úspory při zavedení metody Basic MOST 107
Tabulka č. 18 Základní kalkulace za implementaci MES systému Cronetwork 114
Tabulka č. 19 Kalkulace možné úspory při používání MES systému Cronetwork 115
Tabulka č. 20 Návrh podoby výkonnostní prémie 116
Tabulka č. 21 Vývoj produktivity po aplikaci návrhů zlepšení 117

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Mubea standard protokolu měření spotřeby času podle systematiky REFA

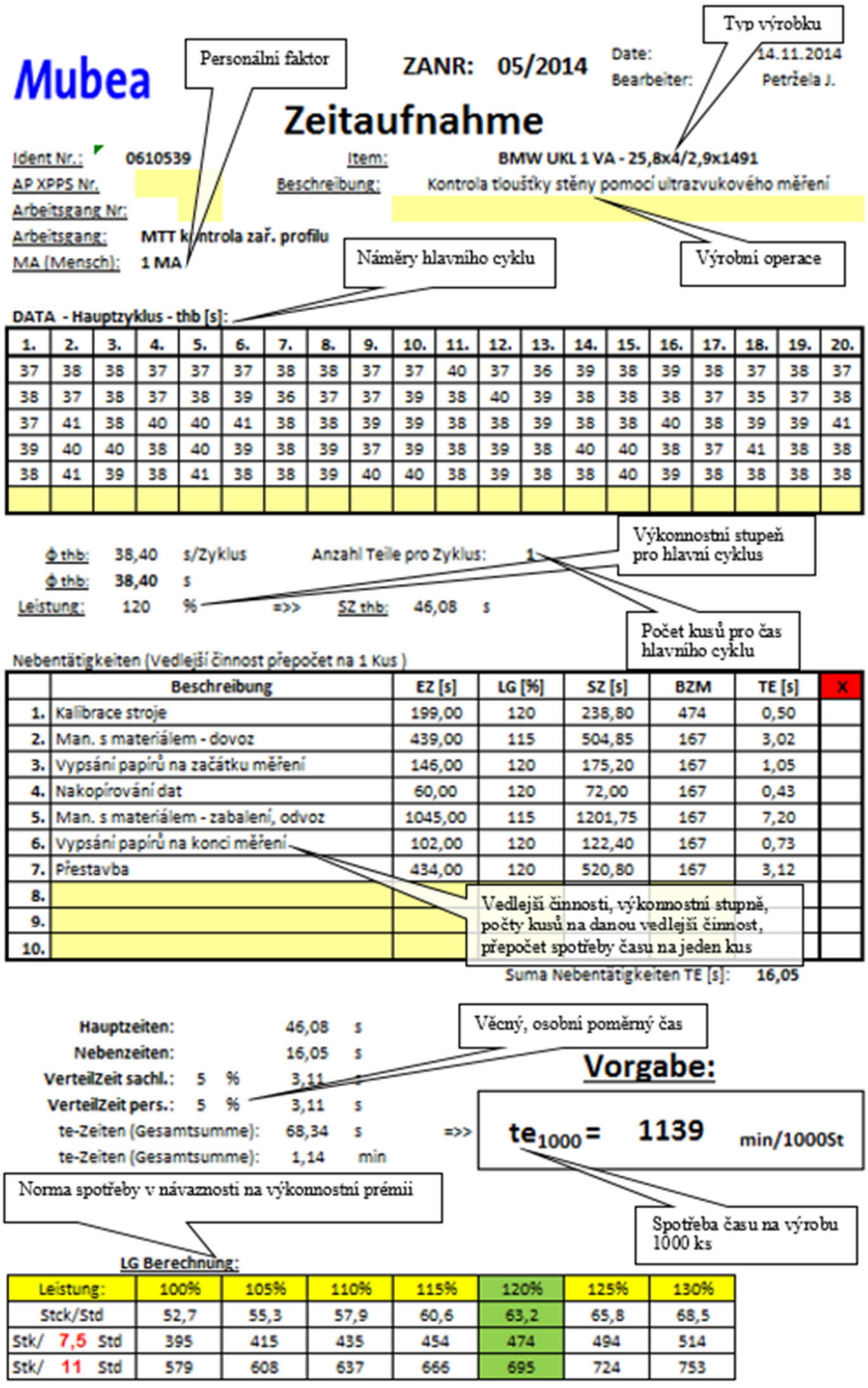
Příloha 2 Měření spotřeby času včetně výkonnostní normy přebalování plastové bedny PSA po 72 ks

Příloha 3 Hierarchie sběru jednotlivých datových impulzů včetně možností dílčích komunikací mezi strojem a Cronetworkem

Příloha 4 Kompletní kalkulace za implementaci MES systému Cronetwork

Příloha 1

Mubea standard protokolu měření spotřeby času podle systematiky REFA



1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
37	38	38	37	37	37	38	38	37	37	40	37	36	39	38	39	38	37	38	37
38	37	38	37	38	39	36	37	37	39	38	40	39	38	38	38	37	35	37	38
37	41	38	40	40	41	38	38	39	39	38	38	39	38	38	40	38	39	39	41
39	40	40	38	40	39	38	39	37	39	38	39	38	40	40	38	37	41	38	38
38	41	39	38	41	38	38	39	40	40	38	39	38	38	40	39	38	38	38	38

ϕ thb: 38,40 s/Zyklus Anzahl Teile pro Zyklus: 1
ϕ thb: 38,40 s
Leistung: 120 % =>> SZ thb: 46,08 s

	Beschreibung	EZ [s]	LG [%]	SZ [s]	BZM	TE [s]	X
1.	Kalibrace stroje	199,00	120	238,80	474	0,50	
2.	Man. s materiálem - dovoz	439,00	115	504,85	167	3,02	
3.	Vypsání papírů na začátku měření	146,00	120	175,20	167	1,05	
4.	Nakopírování dat	60,00	120	72,00	167	0,43	
5.	Man. s materiálem - zabalení, odvoz	1045,00	115	1201,75	167	7,20	
6.	Vypsání papírů na konci měření	102,00	120	122,40	167	0,73	
7.	Přestavba	434,00	120	520,80	167	3,12	
8.							
9.							
10.							

Leistung:	100%	105%	110%	115%	120%	125%	130%
Stck/Std	52,7	55,3	57,9	60,6	63,2	65,8	68,5
Stk/ 7,5 Std	395	415	435	454	474	494	514
Stk/ 11 Std	579	608	637	666	695	724	753

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Příloha 2

Měření spotřeby času včetně výkonnostní normy přebalování plastové bedny PSA po 72 ks

Mubea
engineering for mobility

ZANR: 02/2014 Date: 22.8.2014
Bearbeiter: Petržela J.

Zeitaufnahme

Ident Nr.: 062282 Item: PSA 98 021 583 80 - VA A9
AP XPPS Nr. Beschreibung: Přebalování PSA plastové bedny, baleno po 72 ks
Arbeitsgang Nr:
Arbeitsgang: Přebalování, kontrola PSA
MA (Mensch): 1 MA

DATA - Hauptzyklus - thb [s]:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
884	900	870	893	910	921	872	876	919	895	868	856	906	870	875	894	880	884	911	889

Ø thb: 888,62 s/Zyklus Anzahl Teile pro Zyklus: 72
Ø thb: 12,34 s
Leistung: 120 % =>> SZ thb: 14,81 s

Nebentätigkeiten (Vedlejší činnost přepočet na 1 Kus)

	Beschreibung	EZ [s]	LG [%]	SZ [s]	BZM	TE [s]	X
1.	Příprava prázdné bedny k balení	11,88	120	14,26	72	0,20	
2.	Doplnění Doufline	12,95	120	15,54	50	0,31	
3.	Oddělávání překrývacích kartonů	4,00	120	4,80	46	0,10	
4.	Manipulace s materiálem	25,00	120	30,00	152	0,20	
5.	Vyplnění bílé karty, Barcode, nalepení	37,24	120	44,69	72	0,62	
6.	Odvoz a uložení plné bedny	52,58	120	63,10	72	0,88	
7.	Zapsaní výkonu do výkazu	20,00	120	24,00	72	0,33	
8.							
9.							
10.							

Suma Nebentätigkeiten TE [s]: 2,64

Hauptzeiten: 14,81 s
Nebenzeiten: 2,64 s
VerteilZeit sachl.: 10 % 1,75 s
VerteilZeit pers.: 5 % 0,87 s
te-Zeiten (Gesamtsumme): 20,07 s
te-Zeiten (Gesamtsumme): 0,33 min

=>> **Vorgabe:** te_{1000} = 334 min/1000St

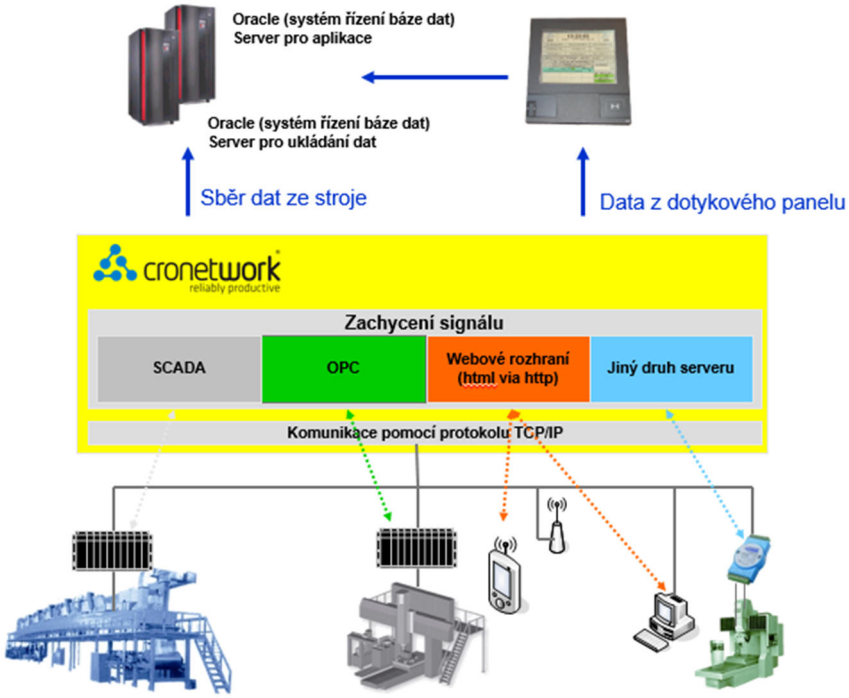
LG Berechnung:

Leistung:	100%	105%	110%	115%	120%	125%	130%
min/Kiste	24,1	22,9	21,9	20,9	20,1	19,3	18,5
Stck/Std	179,4	188,4	197,3	206,3	215,3	224,2	233,2
Stk/ 7,5 Std	1345	1413	1480	1547	1614	1682	1749
Stk/ 11 Std	1973	2072	2171	2269	2368	2466	2565

(Zdroj: Interní materiály firmy Mubea)

Příloha 3

Hierarchie sběru jednotlivých datových impulzů včetně možností dílčích komunikací mezi strojem a Cronetworkem



(Zdroj: Interní materiály firmy Industrie Informatik)

Příloha 4

Kompletní kalkulace za implementaci MES systému Cronetwork

PLANT Achsfedern CZ machine's (based on MUBEA-contract)
all prices in EURO (€)

		Qty.	Single price	Price / Licence cronetwork®	Licence ORACLE	p.a. cronetwork®	e p.a. ORACLE
ONLY for single Server onsite:							
Price at 4th. additional Server:							
Data	cw	1	1 625	1 625	560	608	123
Add on price MDC incl. PDC (= with production order relation MDC/PDC) - *Machine*	cw	1	1 585	1 585	1 225	1 980	270
License per machine mdc (8 Wickelautomat, 4 Blocken) - *BDE software*	cw	12	300	3 600	504	516	108
MDC/PDC-terminalsoftware each terminal (12 OTERM) or foreman-PC (2 VISUAL) each - *BDE system*	cw	14	390	5 460	1 176	1 204	252
KPI -Cockpit (25 items) - *Analysis*	cw	1	2 900	2 900	126	418	32
Workcenter monitor - *Machine Data*	cw	2	200	400	84	86	18
productioninfo - *Analysis*	cw	1	1 625	1 625	350	360	77
ORACLE - DISCOVERER	or	1	2 700		2 700		675
Sysadmin - *Typology of Cronetwork*	cw	1	1 400	1 400	375	390	94
cronetwork© language package CZ		1		2 500		360	
OPC client, for connectivity of Beckhoff-OPC-Server (je Instanz)	cw	1	2 000	2 000		308	
Dashboard, 5 user - *Analysis*	cw	1	2 500	2 500		360	-
Oracle BI SE 1 for serving the cw dashboard, 5 user	or	1			2 880		720
scheduling board with max. 2.500 Operations	cw	1	4 225	4 225		308	-
Oracle embedded for scheduling board 2.500 OP	or	0			608		77
Sub total (€)				**29 820**	**10 588**	**6 898**	**2 446**

Consulting, Implementation & Support				
all worktimes (Installation 16h, Workshop 20h, Implementation 20h, Training Onsite 60h, Follow up Support 40)	dl	150	140	21 000
Travel time München - CZ (estimated 4 trips)	dl	40	70	2 800
Kilometergeld (estimated 4 trips a 1200 Km)	dl	5000	0,55	2 750
Sub total (€)				**26 550**

PROJECT BUDGET SUMMERY			**Licence & Service**	**Maintenance/year**
Price / Licence cronetwork®			29 820	6 898
Price / Licence ORACLE			10 588	2 446
Consulting, Training, Expenses			26 550	
Total Project (€)			**66 958**	**9 344**

(Zdroj: Interní materiály firmy Industrie Informatik)