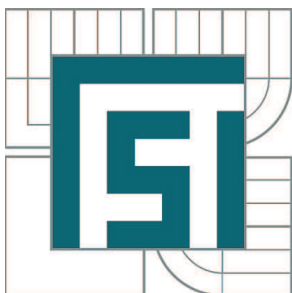


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## STUDIE EFEKTIVNOSTI VYUŽITÍ STROJŮ VE VYBRANÉM PROVOZU

THE STUDY OF EFFECTIVENESS OF THE USE OF MACHINES IN THE SELECTED OPERATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MIROSLAV STRNAD

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MARIE JUROVÁ, CSc.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/13

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Miroslav Strnad

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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

### **Studie efektivity využití strojů ve vybraném provozu**

v anglickém jazyce:

#### **The Study of Effectiveness of the Use of Machines in the Selected Operation**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úvod

Popis podnikání ve výrobní firmě se zaměřením na:

- výrobní program
- výrobní proces
- způsoby objednávání zakázek

Cíle řešení

Analýza současného stavu průběhu technologických operací ve výrobní procesu

Vyhodnocení teoretických přístupů efektivity využití strojů

Návrh monitoringu využití strojů

Podmínky realizace a přínosy

Závěr

Použitá literatura

Cíle diplomové práce:

Efektivnost využití strojů k navýšení produktivity práce u vybrané skupiny výrobního zařízení.

Seznam odborné literatury:


- JUROVA, M. Production Management, Brno, VUT 2006, s. 196, ISBN 80-214-2359-5  
KAVAN, M. Výrobní a provozní management. 1. vyd. Praha Grada Publishing 2002, s. 424, ISBN 80-247-4099-5  
KOŠTURIÁK, J., Kaizen : osvědčená praxe českých a slovenských podniků. Brno Computer Press 2010, 234s. ISBN 78-80-251-2349-2  
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

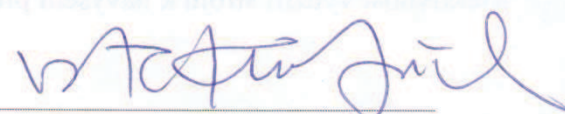
Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 28.11.2012



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_  
prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan

## ABSTRAKT

Práce je zaměřena na studii efektivnosti vybraných strojů v podniku prostřednictvím ukazatele celkové efektivity zařízení. Cílem je zvýšit produktivitu strojních zařízení sledováním chodu strojů. Na vybraných strojích jsou provedeny analýzy, kterými jsou zjištěny prostoje omezující stroj v chodu. Základem pro zjištění prostojů jsou použity metody a nástroje štíhlé výroby. Konkrétně se jedná o zavedení první fáze TPM – „Total Productive Maintenance“, pomocí které je implementováno sledování výroby ke zjištění aktuálního stavu strojů. V práci je také zmíněna údržba strojních zařízení jako důležitá součást výsledné hodnoty produktivity. Výsledkem těchto analýz je rozklíčování prostojů na jednotlivé faktory, kterými je přímo ovlivněna produktivita stroje. Výstupem analýz je návrh protipatření vůči jednotlivým prostojům a návrh systému monitoringu strojů včetně technicko-ekonomického zhodnocení. Podle získaných poznatků je vyhodnoceno sledování strojů s automatickým sběrem dat pro podnik jako vhodná varianta.

### Klíčová slova

Celková efektivnost zařízení, štíhlá výroba, totálně produktivní údržba, sledování strojů, prostoj

## ABSTRACT

Master thesis is focused on the study of effectiveness of selected machines in the company through indicators of Overall Equipment Effectiveness. The aim is to increase productivity of machinery by monitoring machine run. Analyses are performed on selected machines which are found out downtimes reducing machine run. Methods and tools of lean manufacturing are used for determine downtimes as a core part. Specifically, the implementation of the first phase of TPM – “Total Productive Maintenance” which is used in manufacturing, for determine current status of machines. Maintenance of machinery is also referred in the master thesis as important part of Overall Equipment Effectiveness. Individual factors of OEE are identified as a result of these analyses which are directly affected to productivity of machines. The output of these analyses is to design countermeasures against each downtime and system design of monitoring tools including technical and economical evaluation. Machine monitoring with automatic data collection based on calculated data is suitable option for the company.

### Key words

Overall equipment effectiveness, lean manufacturing, total productive maintenance, machine monitoring, downtime

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STRNAD, M. *Studie efektivnosti využití strojů ve vybraném provozu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 89 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

### PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Studie efektivity využití strojů ve vybraném provozu** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....  
Datum

.....  
Bc. Miroslav Strnad

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto paní prof. Ing. Marii Jurové, CSc., za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě TVD – Technická výroba a.s., za umožnění vypracování diplomové práce a všem zaměstnancům za vstřícný přístup i poskytnuté informace. Především pak děkuji vedoucímu oddělení průmyslového inženýrství panu Ing. Radimu Sládkovi za odborné konzultace a poskytnuté materiály. V neposlední řadě děkuji rodině za morální i finanční podporu během studia.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 ŠTÍHLÁ VÝROBA A ŠTÍHLÝ PODNIK.....	10
1.1 Historie štíhlé výroby.....	10
1.2 Štíhlý podnik.....	11
1.3 Plýtvání .....	11
1.4 Štíhlá výroba .....	14
1.4.1 Metody a nástroje štíhlé výroby.....	14
2 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE.....	18
2.1 Základy TPM .....	19
2.2 Současnost TPM.....	20
2.3 Postup zavedení TPM v podniku .....	20
2.4 Ukazatel CEZ.....	23
2.4.1 Faktory CEZ .....	24
2.4.2 Ukazatel CEPZ .....	25
2.5 Zkušenosti z českých firem se sledováním výroby.....	26
2.5.1 Ztráty ve výrobě.....	27
2.5.2 Správnost výpočtu CEZ.....	29
2.5.3 Postup zavedení CEZ.....	29
2.6 Přínosy zavedení sledování CEZ .....	30
2.7 Střední doba poruchy a střední čas do opravy .....	30
2.8 SMED.....	32
3 MES SYSTÉMY.....	33
4 POPIS FIRMY .....	35
4.1 Historie firmy .....	35
4.2 Výrobní program.....	36
4.3 Výrobní proces .....	37
4.4 Organizační struktura firmy .....	38
4.5 Způsob objednávání zakázek .....	38
5 CÍLE ŘEŠENÍ PROJEKTOVÉ ČÁSTI V PODNIKU.....	39

6	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU .....	40
6.1	Analýza současného stavu ve výrobní hale.....	40
6.2	Analýza práce na vybraných strojích .....	41
6.2.1	Skupina laserů.....	42
6.2.2	Skupina vysekávacích lisů .....	47
6.2.3	Ohýbací centrum.....	52
6.3	Analýza údržbářských činností v TVD .....	56
6.3.1	Údržba strojů v TVD .....	57
6.4	Nalezení jednotlivých typů prostojů u vybraných strojů .....	59
6.5	Návrh stanovení výpočtu CEZ a CEPZ pro potřeby podniku.....	59
6.6	Vyhodnocení provedených analýz .....	62
6.6.1	Situace ve výrobní hale.....	62
6.6.2	Pracoviště laseru .....	65
6.6.3	Pracoviště vysekávacího lisu .....	66
6.6.4	Pracoviště ohýbacího centra .....	68
6.6.5	Údržba strojních zařízení a práce údržby .....	69
7	NÁVRH PRO ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU .....	72
7.1.1	Administrativa .....	72
7.1.2	Čekání na materiál .....	73
7.1.3	Rozdílnost strojních časů.....	75
7.1.4	Nekvalitní vstupní materiál.....	75
7.1.5	Laser.....	77
7.1.6	Vysekávací lis .....	77
7.1.7	Ohýbací centrum.....	78
7.1.8	Návrh pro zlepšení sledování údržby a poruch strojů.....	79
7.2	Návrh monitoringu strojů.....	80
7.3	Práce s daty .....	84
7.4	Odměňování na základě hodnoty CEZ .....	85
7.5	Podmínky realizace a přínosy .....	86
	ZÁVĚR .....	89
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	90
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	94
	SEZNAM PŘÍLOH.....	95

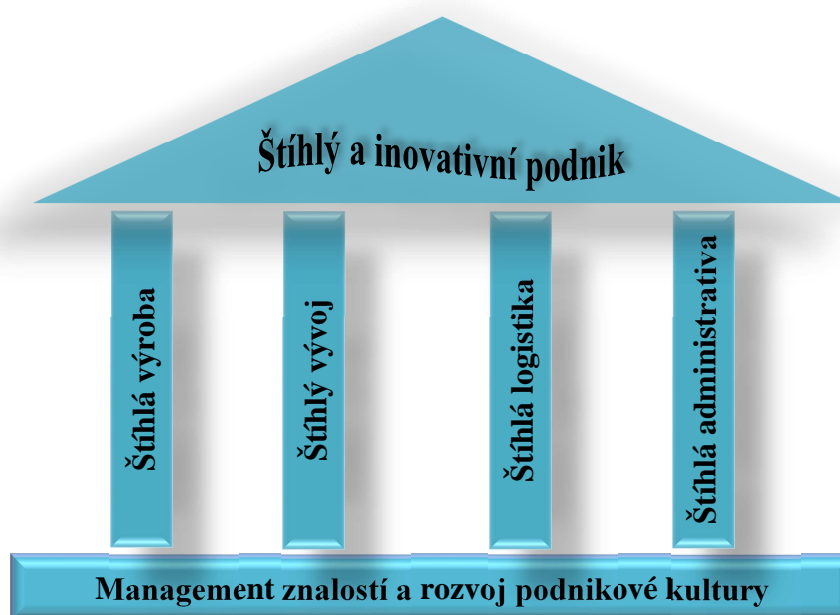
## ÚVOD

V dnešní době je vedením podniků kladen důraz na snižování nákladů a zvyšování efektivity strojních zařízení. Výrobní ředitelé jsou mnohdy pod tlakem vedení na redukci nepotřebných a nákladných činností. Důsledkem tohoto tlaku jsou stroje často přetěžovány v domněnku, že pokud je stroj déle zapnut, tak je i více produktivní. Následně pro zvýšení časového fondu práce je některých případech zaveden nepřetržitý provoz, aby bylo zařízení využíváno. Cíl využít stroj na maximum bez ohledu na ostatní vlivy vede k přehlížení plánovaných údržbářských činností a údržba je prováděna pouze po poruše. Snižování nákladů a zvýšení efektivity je však možné provést pomocí programu totálně produktivní údržby. Tento účinný program není stále v České republice mezi většinou podniků známým pojmem. Důvodem je neznalost vedení této filozofie a také jeho časová náročnost implementace. Základem implementace je zjištění současného stavu strojních zařízení jako podklad pro aktivity totálně produktivní údržby.

Zjištění produktivity je stanoveno ukazatelem celkové efektivity zařízení. Jeho pomocí je možno odhalit skryté ztráty, prostoje, nevyužití výrobní kapacity a další činnosti spojené s chodem stroje. Prostřednictvím rozdělení ukazatele na tři hlavní části je okamžitě udán možný směr pro zlepšení produktivity. Základní prvkem pro pochopení problematiky efektivity zařízení je schopnost identifikace prostojů. Prostoje jsou určitým druhem plýtvání, které je často spojováno se štihlou výrobou. Pokud podnik plýtvání aktivně vyhledává a eliminuje, je více konkurenceschopnějším. Bez porozumění filozofie štihlého podniku a štihlé výroby není možné zavádět program totálně produktivní údržby z toho důvodu, že program samotný je založen na funkci jednotlivých nástrojů štihlé výroby.

## 1 ŠTÍHLÁ VÝROBA A ŠTÍHLÝ PODNIK

Štíhlá výroba a štíhlý podnik jsou provázané pojmy, proto je potřeba hned na začátku tyto pojmy rozlišit. V celém podniku není možné omezení pojmu „lean“ pouze na výrobní procesy. Naopak je nutné rozšíření tohoto pojmu do všech sfér podniku. Po zkušenostech z průmyslových projektů jsou zavedeny tyto části, které musí každý štíhlý podnik obsahovat. Oblasti jsou tvořeny štíhlou výrobou, štíhlou logistikou, štíhlým vývojem a štíhlou administrativou obr. 1. Základem oblastí je management znalostí a kultury podniku, protože ten je tvořen lidmi, jejich postojem k práci, motivací a znalostmi [3].



Obr. 1 Schéma štíhlého podniku [1].

### 1.1 Historie štíhlé výroby

Základy koncepce štíhlé výroby byly položeny v Japonsku v 50- 60 letech 20. století. Velký podíl na vzniku koncepce je připisován manažerům Taiichi Ohnovi a Shingeo Shingovi ve firmě Toyota, kteří měli za úkol pod vedením prezidenta firmy Kiichira Toyody implementovat změny vedoucí k eliminaci plýtvání. Taiichi Ohno se nechal inspirovat hromadnou výrobou aut ve firmě Ford. Strategii firmy Ford vylepšil o eliminaci plýtvání a poté ji zavedl do firmy Toyota. Taiichi Ohno a Shingeo Shing vymysleli metodu, kterou nazvali „Toyota production system“.

Tato metoda změnila do té doby zakořeněné názory na výrobní činnosti po celém světě. Ze štíhlé výroby vznikl celý koncept štíhlého podniku, který obsahuje štíhlou výrobu, štíhlou logistiku, štíhlý vývoj a štíhlou administrativu [2].

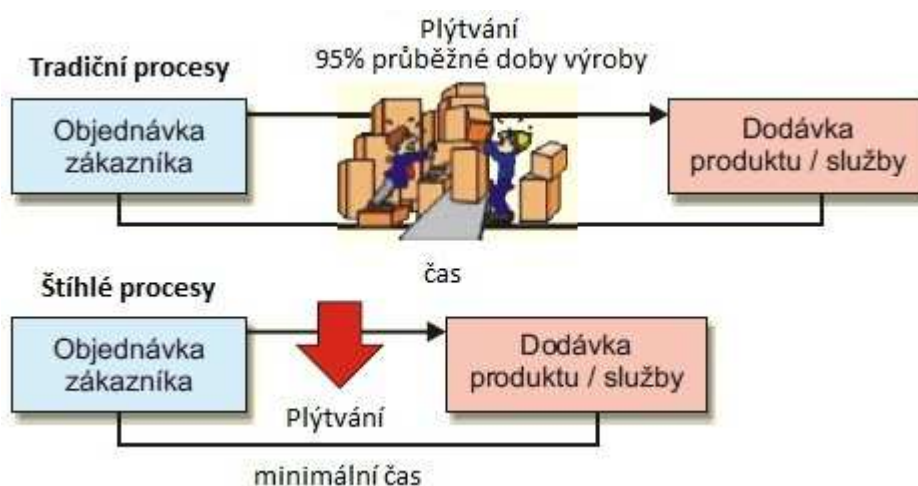
## 1.2 Štíhlý podnik

Štíhlý podnik představuje nový způsob nahlížení na klasické podnikové procesy. Obecnou definici je možné formulovat jako souhrn principů, metod a postupů, které přispívají k uskutečnění vize a strategie podniku. V zahraniční literatuře je možné se setkat s pojmy lean enterprise (štíhlý podnik), lean manufacturing (štíhlá výroba) nebo lean management (štíhlý management). Tyto pojmy jsou společně úzce spjaty a není možné, aby jeden z těchto prvků fungoval samostatně. Jedná se totiž o celou filozofii podniku, který musí nejen štíhle tvářit, ale i štíhle jednat.

Štíhlost podniku spočívá ve vykonávání pouze potřebných činností, které jsou napoprvé provedeny správně, a vykonávat je rychleji než konkurence při nižších nákladech. Štíhlý podnik produkuje pouze to, co požaduje zákazník. Je kladen velký důraz na minimalizaci počtu činností, které nezvyšují hodnotu výrobku nebo služby.

Klasická rovnice pro stanovení ceny ( $\text{Cena} = \text{Zisk} + \text{Náklady}$ ) je nahrazena rovnicí ( $\text{Zisk} = \text{Cena} - \text{Náklady}$ ), kterou je možné popsat štíhlý podnik. Tato rovnice vyjadřuje, že zákazník by neměl platit za pochybení firmy a náklady, které jsou s tímto pochybením spojeny. Ve štíhlém podniku je usilováno o zkrácení průběžné doby výroby, neboť kratší průběžná doba výroby znamená, rychlejší vydělávání peněz viz obr. 2.

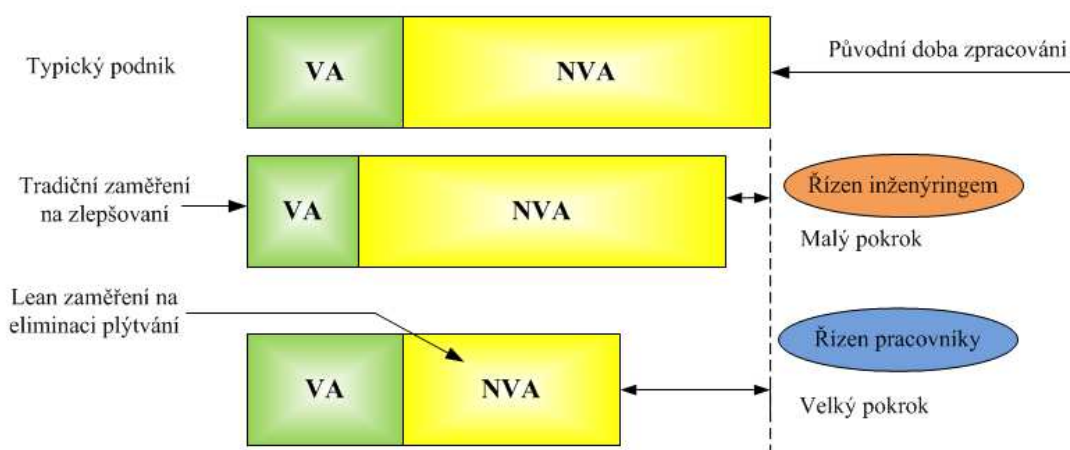
Je usilováno také o eliminaci plýtvání neboli činností nepřidávající hodnotu, která ovlivňuje průběžnou dobu výroby. V běžném podniku je plýtvání tvořeno až 95 % průběžné doby výroby [3, 4].



Obr. 2 Schéma průběžné doby výroby [5].

## 1.3 Plýtvání

V praxi je rozlišováno sedm hlavních druhů plýtvání. Plýtvání jsou všechny činnosti nepřidávající hodnotu výrobku nebo službě. V angličtině je činnost nepřidávající hodnotu označena zkratkou NVA (Non- Value Added) a činnosti přidávající hodnotu jsou označovány zkratkou VA (Value Added). V Japonsku jsou používány 3 výrazy pro plýtvání, z nichž každý vyjadřuje rozdílný druh plýtvání. Pro filozofii štíhlého podniku je plýtvání významný pojem obr. 3 [3, 6].



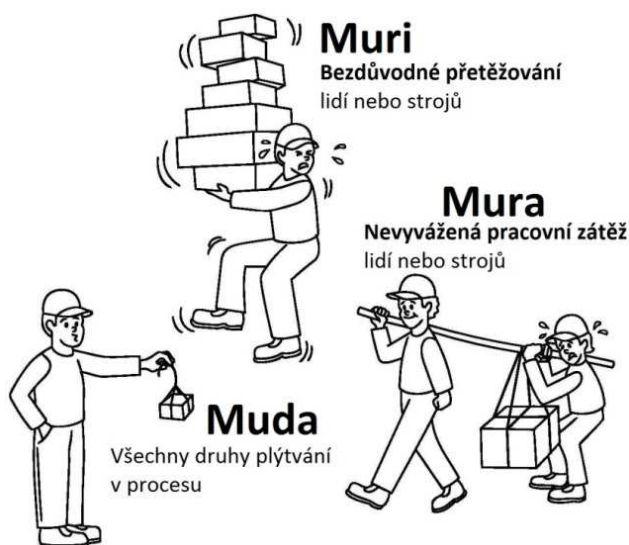
Obr. 3 Přidaná a nepřidaná hodnota [6].

### Skupiny, které tvoří NVA:

- vše za co není zákazník ochoten zaplatit,
- vše co nepřidává hodnotu hotovému výrobku/ službě,
- všechny činnosti, které nenapomáhají k rozvoji podnikání.

Zákazník se sám rozhoduje o tom, co je pro něj přidaná hodnota. Zákazníkem je určeno, jaké množství výrobku odebere, v jaké kvalitě, termínu a ceně. Poté je ochoten koupit určitý výrobek nebo službu. Mnoho podniků dokáže tyto podmínky splnit, ale už jen menší množství podniků je schopno v těchto podmínkách eliminovat plýtvání [8].

Muda jsou všechny druhy plýtvání a ztrát v podniku, které vedou ke snížení produktivity nebo hospodárnosti organizace. Plýtvání Mura znamená nevyváženost a Muri přetěžování viz obr. 4. Hiragana muda je zvláštní druh plýtvání, který nelze eliminovat, ale je možné jej pouze minimalizovat. Takovým případem je přeprava dílů, kterou nelze nikdy zcela eliminovat [7].

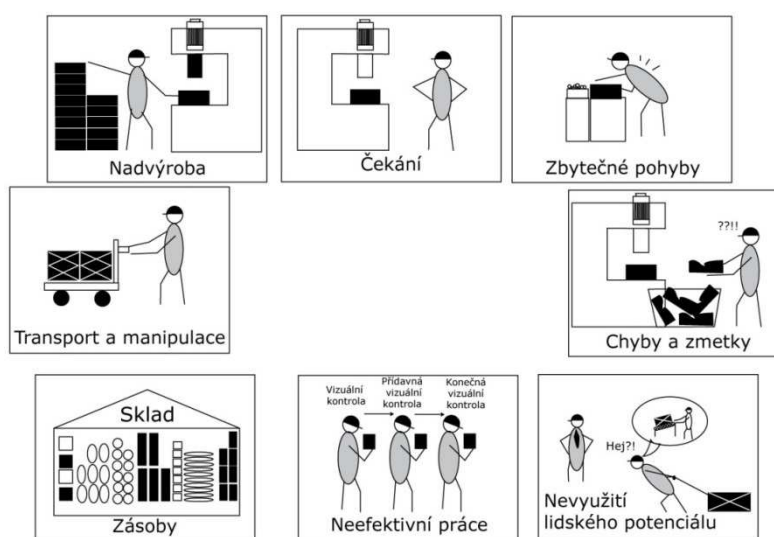


Obr. 4 Druhy plýtvání [7].

### Rozdělení plýtvání

Plýtvání je ve výrobním podniku rozděleno do níže uvedených druhů obr. 5. Akronym „TIM WOOD“ je používán pro snazší zapamatování, který je složen z anglických slov. Za osmý druh plýtvání je uváděn nevyužitý potenciál pracovníků.

- **Transport** (přemísťování)- zbytečná manipulace s materiálem nebo výrobkem,
- **Inventory** (zásoby)- skladování materiálu, který není potřebný pro dokončení procesu,
- **Motion** (pohyb)- zbytečné pohyby pracovníků při práci,
- **Waiting** (čekání)- prostoje vzniklé čekáním na materiál, dokončení cyklu stroje,
- **Over- production** (nadvýroba)- vyšší výroba než je požadována nebo ještě nevznikla potřeba ji vykonávat,
- **Over- processing** (nadbytečné zpracování)- vykonávání činností, které nejsou požadovány zákazníkem,
- **Defects** (Vady)- vadné díly, které je nutné opravit nebo vyrobit znovu.



Obr. 5 Hlavní druhy plýtvání [10].

Dále je možné se setkat s dalšími druhy plýtvání, které jsou používány především v nevýrobních oblastech [9]:

- **informační systém**- nevhodné informační systémy používané v podniku,
- **nejasná strategie**- provádění činností, které neodpovídají strategii organizace,
- **tržní příležitosti**- nevyužití příležitostí prodeje služeb nebo výrobků,
- **administrativa**- nadbytečná a nepřehledná administrativa,
- **čas zákazníka**- zbytečné dotazování zákazníka.

## 1.4 Štíhlá výroba

Základní myšlenkou štíhlé výroby je maximalizace hodnoty pro zákazníka při minimalizaci plýtvání. Problematika plýtvání, přidané a nepřidané hodnoty je popsána v podkapitole 1.3. Výroba je orientovaná na zákazníka a panuje snaha být maximálně flexibilní při jakémkoliv změně ve výrobě.

Podnik musí být schopen identifikovat plýtvání a naučit se ho měřit, aby mohla být provedena náprava a následné zlepšení. K identifikaci plýtvání je možné uplatnit management toku hodnot- jednoduchý nástroj, kterým je analyzováno, vizualizováno a měřeno plýtvání v podniku. Ve štíhlé výrobě je využíváno dalších prvků pro analýzu plýtvání obr. 6 [3].



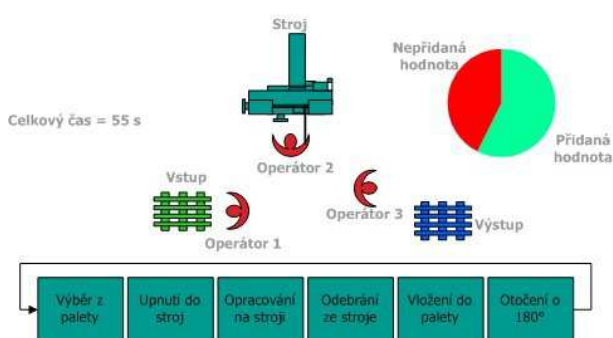
Obr. 6 Schéma štíhlé výroby [11].

### 1.4.1 Metody a nástroje štíhlé výroby

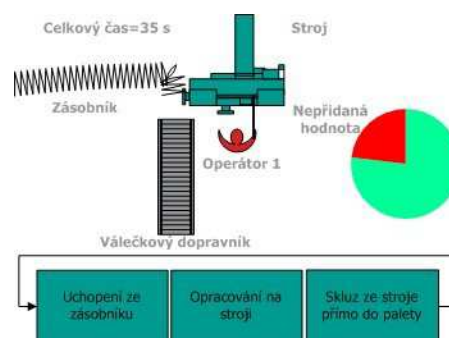
Nejběžněji používanými nástroji jsou níže uvedené nástroje a metodiky, které tvoří základ štíhlé výroby [12].

- **Štíhlý layout pracoviště, výrobní buňky**

Pracoviště, na kterém se nachází vše potřebné a na místech, které jsou k tomu určena, je nazýváno štíhlé pracoviště. Potřebné jsou pouze ty předměty, které přidávají hodnotu finálnímu výrobku či službě. K uspořádání a vytřídění předmětů je využíváno metodiky 5S. Štíhlý layout znamená, že je pracoviště uspořádáno tak, aby bylo eliminováno plýtvání a maximalizována přidaná hodnota. Změnou layoutu je možné docílit zrychlení výrobních operací, zvýšení automatizace pracoviště, zefektivnění týmové práce, atd. obr. 7 [12].



Obr. 7 Layout pracoviště [13].



Obr. 8 Štíhlý layout pracoviště [13].

- **Metodika 5S**

Metoda 5S je strukturovaný program k implementaci uspořádaného a standardizovaného pracoviště. Metoda 5S zvyšuje bezpečnost na pracovišti, pracovní efektivitu, produktivitu a motivuje pracovníky. Program je nazýván 5S podle 5- ti japonských slov začínající na „s“.

Seiri (vytřídit)- jsou definovány potřebné pomůcky a odstraněny ty, které zde nejsou potřeba.

Seiton (uspořádat)- definování správného a snadno dostupného místa pro všechny potřebné pomůcky a zařízení.

Seiso (čistit)- definice oblastí které je třeba čistit, jak často se toto čištění bude provádět, co je k tomu potřeba a kdo bude čištění provádět.

Seiketsu (standardy)- jsou vytvořeny standardy uspořádaného pracoviště, které musí každý dodržovat (na první pohled jsou zřejmé také odchylky od tohoto standardu).

Shitsuke (disciplína)- je dbáno na trénink všech pracovníků na pracovišti pro zajištění správného fungování metodiky 5S.

Při použití metody 5S je vizualizováno a redukováno plýtvání na pracovišti. Vyrobené kusy i zásoby materiálu jsou označeny hladinou maximální a minimální úrovně. Chyby jsou minimalizovány pomocí vizualizace (např. barevného značení) a „chybuvedorných“ přípravků. Pracoviště je poté lépe kontrolováno, protože hned na první pohled je jasné, když něco není na svém místě obr. 9 [12].



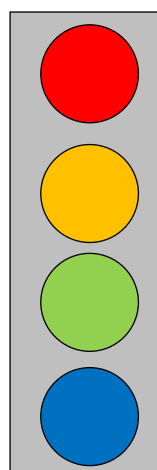
Obr. 9 Postup metodiky 5S [14].

- **Vizualizace**

Vizualizace, někdy také označení vizuální management, znázorňuje probíhající procesy, například pomocí barevných značení či speciálních symbolů. Vizualizace je využita především jako rychlá kontrola pracovišť, jejich produktivity a efektivity obr. 10 a obr. 11. V podniku jsou používány nejčastěji pro shodné a neshodné kusy, andony, podlahové značení a LCD displeje. Uplatnění vizualizace je široké a je možné ji nalézt i v běžném životě například u dopravních značek, semaforů, atd. [3].



Obr. 10 Vizualizace tabule s kanbanem [15].



Linka stojí

Problém/ potřeba asistence

Stroj pracuje

Potřeba materiálu

Obr. 11 Světelný andon [16].

- **Týmová práce**

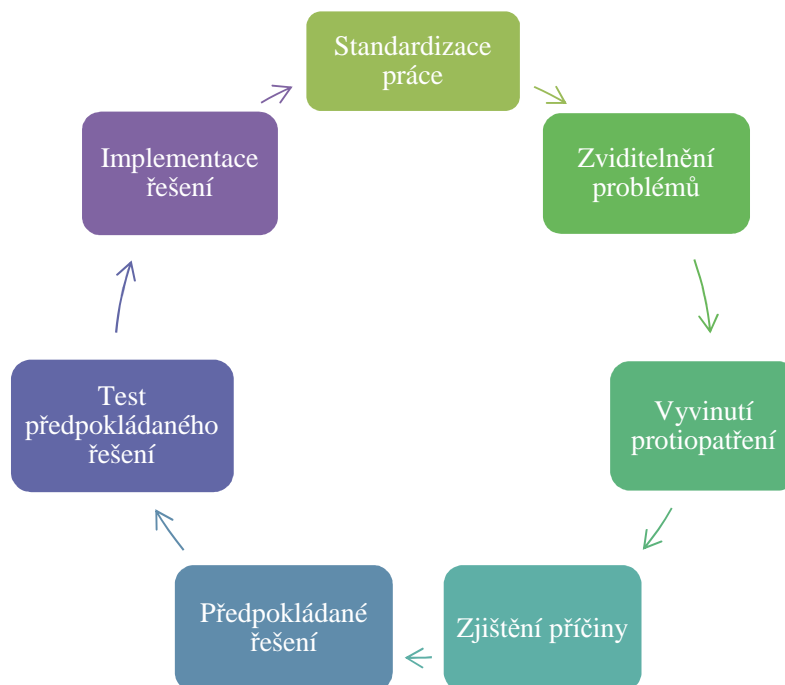
Tým je pracovní skupina lidí, jejíž členové mají společný cíl a koordinují své činnosti, aby svého cíle dosáhly. Týmová práce tvoří základ pro správnou funkčnost většiny prvků a nástrojů štíhlého podniku. Důležitou součástí práce v týmu je neustálé zlepšování (kaizen) za účelem zeštíhlení podniku [3].

- **Kaizen**

Kaizen pochází z japonských slov Kai (změna) a Zen (dobrý, lepší), což je překládáno jako změna k lepšímu. Nejedná se o byrokratický systém či zlepšovatelství, které nutí pracovníky do podávání zlepšovatelství návrhů, ale je to filozofie života. V Japonsku je zastáván názor, že Kaizen nelze zavést, ale žít.

Neustálé hledání a odstraňování plýtvání, které je spojeno s nespokojeností danou současným stavem, dává za vznik systému Kaizen. Jedná se o neustálý nikdy nekončící proces zlepšování. Tento proces není realizován jednorázovým inovačním skokem, ale postupným zdokonalováním jednotlivých detailů. Pokud chceme změnit procesy okolo sebe, je nutné začít zdokonalovat především sebe samého. Potom je možné zlepšit vztahy a týmovou práci se svými spolupracovníky. Teprve potom s nimi společně změnit procesy okolo nás. Výrobní management nezná podrobnosti až 99 % problémů ve výrobní dílně. Z těchto problémů je možné odstranit (60 ÷ 70) % bez vynaložení finančních zdrojů. Základem je využití pracovníků pro zlepšování procesů, a to nejen v jejich soukromém, ale i v pracovním životě [3, 17].

Při aplikaci filozofie Kaizen je možno vycházet z následujícího obr. 12.



Obr. 12 Postup při aplikaci Kaizen [17].

- **Synchronizace procesů a vyvážené toky**

Vyvážený tok znamená, že je vyráběno jen to, co požaduje zákazník v požadovaném čase, kvalitě a množství. Výroba se stává více flexibilní. Pro plynulý tok výroby je uplatněn tahový způsob řízení typu kanban nebo jeho modifikovaná podoba [3, 18].

- **Management toku hodnot**

Využitím managementu toku hodnot je vytvořen souhrn všech aktivit v podniku, které přidávají nebo nepřidávají hodnotu výrobku. V angličtině označováno termínem „Value stream mapping“. Cílem této metody je zkrácení průběžné doby výroby eliminací nebo redukcí aktivit [3].

- **TPM (Total Productive Maintenance)**

Další prvek štíhlé výroby, který je možné přeložit jako totálně produktivní údržba. Cílem TPM je zvyšování produktivity výrobních zařízení, které je dosaženo postupnou redukcí prostojů ubírajících výrobní kapacity. Detailnější popis TPM je formulován v samostatné kapitole 2 [3].

## 2 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

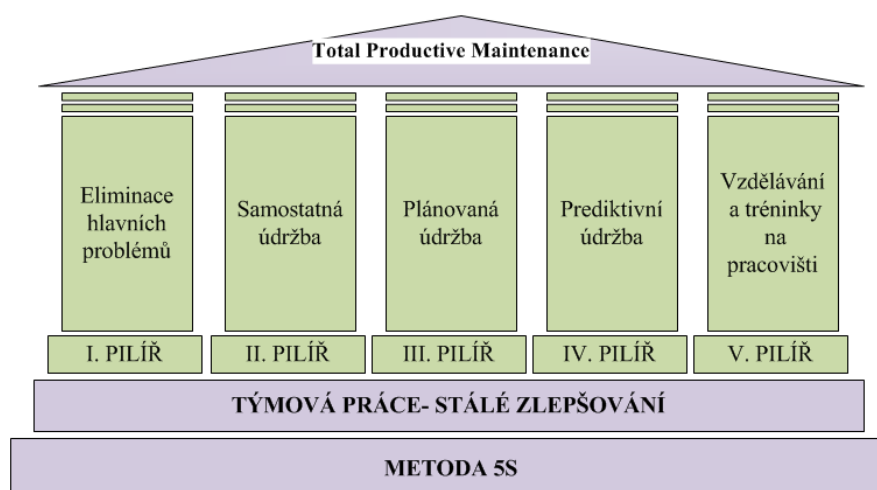
Údržba strojů a zařízení je další významnou oblastí pro zlepšování v rámci metod štlé výroby. Totálně produktivní údržbu je možno chápat jako filozofii, která se musí promítnout do všech sfér podniku podobně jako Kaizen. Při uplatnění této filozofie není možné se omezit jen na údržbu prováděnou specializovanými pracovníky, ale naopak se jedná o rozšíření údržbářských úkonů na pracovníky obr. 13 [3].



Obr. 13 Filozofie TPM [19].

Základní principy TPM obr. 14 [20]:

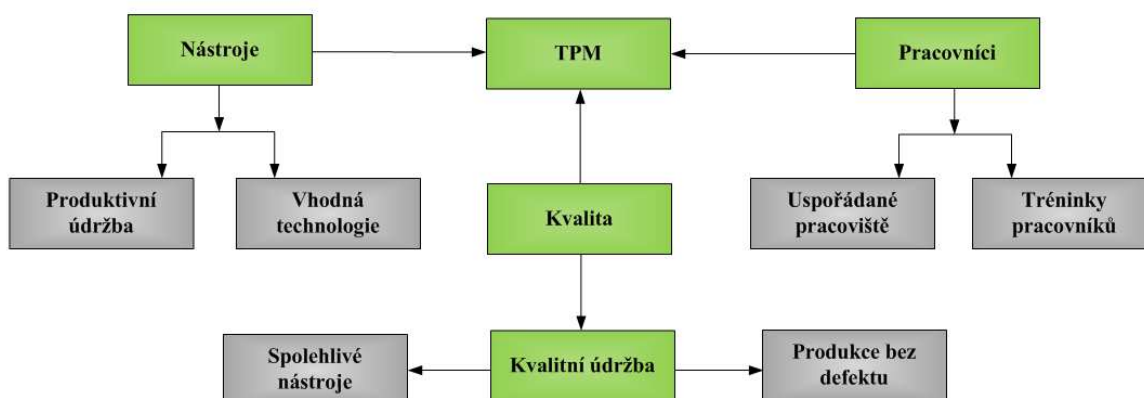
- maximalizace efektivity strojního zařízení,
- celopodnikový systém údržby, která obsahuje preventivní i produktivní údržbu a zlepšování stavu strojů,
- úspěšná realizace vyžaduje spolupráci operátorů, údržbářů, konstruktérů strojů, techniků a managementu,
- do činnosti jsou zapojeni jak řadoví pracovníci, tak i top-manažeři,
- aktivita výrobních týmů je klíčová při založení produktivní údržby.



Obr. 14 Základní pilíře TPM [21].

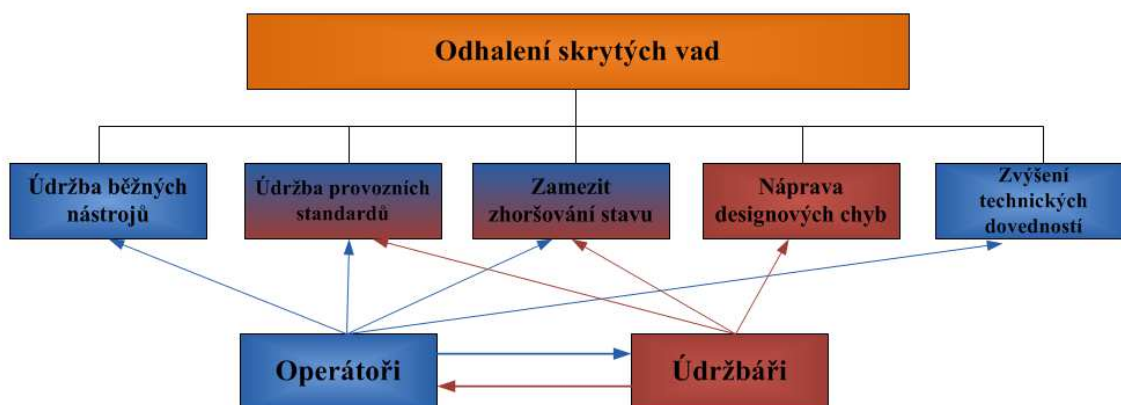
## 2.1 Základy TPM

Počátky TPM jsou spojovány s preventivní údržbou v USA. Samotné uplatnění TPM spadá do 70. let minulého století jako metoda, která zahrnovala operátory strojů v preventivní údržbě jejich vlastních strojních zařízení. Metoda byla uplatněna v Japonsku v automobilovém průmyslu. Vznikla jako reakce na zvyšující se specializaci a centralizaci údržbářských činností, které vytvořilo bariéru mezi operátory strojů a údržbou jejich vlastních strojů a zařízení. Tato bariéra je patrná i dnešní době, kdy se pracovníci zastávají názoru, že pracovník má stroj obsluhovat a údržbář opravovat obr. 15.



Obr. 15 Schéma činností TPM [45].

Činnosti autonomní údržby jsou spojeny s lidmi, kteří pracují se zařízením denně a operátoři se mají svůj podíl na výkonu zařízení. Tento vývoj je součástí větší filozofie neustálého zlepšování, která zahrnuje všechny oddělení. Po zapojení operátorů do autonomní údržby vzniká prostor pro profesionální údržbáře, kdy se mohou zabývat například více produktivními úkoly nebo preventivní údržbou obr. 16.



Obr. 16 Propojení činností mezi operátory a údržbou [45].

Údržba strojního zařízení v praxi dříve probíhala až po poruše. Později se podniky snažily věnovat preventivní údržbě strojů více času, aby mohly předcházet určitým nepředvídatelným poruchám. Tento způsob byl následně vylepšen sledováním nákladů na údržbu produktivní údržbou. V současnosti jsou zaváděny principy TPM do výrobních podniků. Vývoj údržby až do podoby TPM je naznačen v tabulce 1 [3, 20].

Tab. 1 Vývoj údržby [20].

	TPM	Produktivní údržba	Preventivní údržba	Údržba po poruše
Opravy po poruše	✓	✓	✓	✓
Periodická prevence	✓	✓	✓	X
Technická diagnostika	✓	✓	✓	X
Optimalizace nákladů	✓	✓	X	X
Využití operátorů	✓	X	X	X

## 2.2 Současnost TPM

V dnešní době je TPM součástí každého vyspělého podniku, kde slouží především jako nástroj k redukci prostojů, defektů a doby změn produktů. TPM je pokrokový přístup k práci údržby a péči o strojní zařízení. Díky vývoji technologií jsou stroje stále složitější a požadavky na údržbu jsou stále vyšší. Přes technologický pokrok patří údržba stále mezi nejproblémovější oblasti. Údržbu není možné automatizovat jako například výrobní stroj či montážní linku [20].

Základní cíle TPM [20]:

- nulové neplánované prostoje,
- nulové množství špatně vyrobených dílů způsobené stavem strojů,
- nulové ztráty výkonu.

## 2.3 Postup zavedení TPM v podniku

Z důvodu obtížnosti při zavádění. Je postupováno krok za krokem, vždy po zvládnutí a procvičení jednotlivé úrovně. Jednotlivé kroky jsou realizovány výrobními a TPM týmy. Realizace jednotlivých kroků je podporována průmyslovým inženýrstvím prostřednictvím školení manažerů, údržbářů a operátorů na téma TPM. Před zahájením aktivit spojených s jednotlivými kroky je nutné stanovit cíle, kterých má být dosaženo v kroku následujícím.

Po úspěšném zavedení autonomní údržby zařízení je dosaženo uvolnění časové kapacity kvalifikovaného údržbáře pro tvorbu strategie údržby, preventivní opatření a předvídání poruch vedoucí k prostojům, optimalizování procesů a nákladů údržby. Údržbář má za úkol dosahovat optimální provozuschopnosti zařízení při přiměřených nákladech. Zavedení autonomní údržby je rozděleno do sedmi kroků viz obr. 17 [20].



Obr. 17 Postup při zavádění autonomní údržby [19].

### 1. Počáteční čištění a kontrola

V prvním kroku jsou pracovníkem vyhledány abnormality (uvolněné kryty, poškozené či chybějící díly, netěsnosti tekutin, poškození kabeláže, atd.) a zjednána patřičná nápravná opatření. Důležitá je včasná a jednoduchá identifikace abnormalit, proto je vhodné uplatnit metodu 5S na pracovišti (viz podkapitola 1.4.1.), ve které je zahrnuta tvorba standardů pracoviště. V čistém a uspořádaném pracovišti jsou nástroje, díly i abnormality snáze identifikovány [19].

### 2. Eliminace zdrojů abnormalit

Nyní jsou známy zdroje znečištění na strojním zařízení. V tomto kroku je zaměřeno na redukci času potřebného pro čištění na minimální úroveň [19].

### 3. Zavedení standardů čištění a mazání

Vytvoření standardů mazání je cílem třetího kroku zavedení autonomní údržby. Všechny činnosti, které jsou spojeny s doplňováním tekutin a materiálu do stroje jsou zařazeny do standardu mazání [19].

### 4. Výcvik autonomní údržby

Operátoři jsou detailně seznámeni se strojem, který používají. Cílem je zvýšit kvalifikaci a schopnosti operátorů porozumět souvislostem při poruše stroje. Standardy popisu jednotlivých zařízení jsou vytvořeny údržbou tak, aby každý pracovník, který bude na stroji pracovat, se mohl seznámit s údržbou stroje [19].

## 5. Zavedení autonomní údržby

Cílem je stanovit odpovědnost za běžnou údržbu (čištění, mazání, kontrola) v roli operátorů. Předáním částečné odpovědnosti je vzbuzován větší zájem v operátorech o údržbu zařízení. Profesionální údržba je uvolněna od této rutinní práce, tím je získáno více času na důležitější úkoly ve výrobě [19].

## 6. Rozšíření a inovace standardů

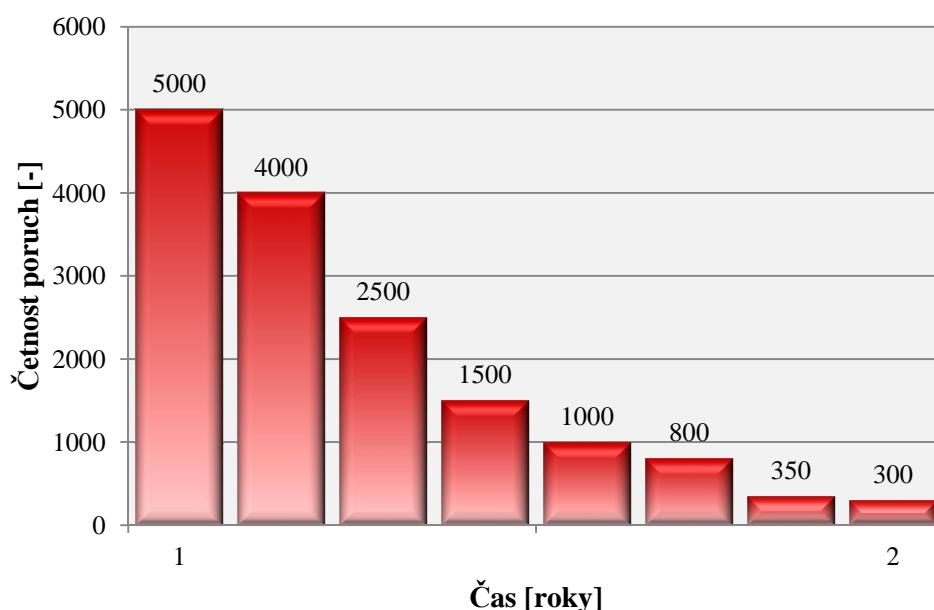
Vytvořené standardy jsou upraveny podle nově zjištěných abnormalit nebo dle nových přístupů k řešení problémů. Na operátora jsou přeneseny další činnosti údržby, aby byla maximalizována nezávislost údržby ve výrobě [19].

## 7. Zlepšování pracoviště

Posledním krokem je předání stroje do úplné kompetence operátorů. Stroj je operátorem obsluhován nejdelší čas jeho životnosti a je to právě operátor, který je schopen rozpoznat vznik abnormalit jako první. Snahou autonomní údržby je rozbití klasického pohledu na údržbu stroje a obsluhujícího pracovníka, který byl v historii vytvořen zavedením údržbářských oddělení [19].

Ze zkušeností zahraničních firem, které úspěšně zavedly TPM, lze stanovit obecný graf ideálního snižování prostojů, z něhož je zřejmé, že poruchy, které způsobovaly využití strojních zařízení, byly výrazně zredukovány během dvou let po zavedení TPM obr. 18.

TPM v českých firmách není zatím příliš rozšířena, ale přesto panuje snaha o zavedení alespoň prvních třech kroků. Nevýhodou této metody je ovšem těžko měřitelný pokrok. První fáze může trvat až jeden a půl roku od implementace [19].



Obr. 18 Průběh četnosti poruch [20].

Mezi další omezení patří nedostatek kvalifikovaných pracovníků pro zavedení této metody. S tím je spojena i neznalost principů TPM v top managementu, operátorů i údržbářů. Problém s autonomní údržbou může také nastat v nízké kvalifikaci operátorů, kteří postrádají motivaci pro zlepšení stavu stroje. Je možné se setkat s názorem, že je-li stroj alespoň minimálně funkční, není důvod k údržbě stroje [3, 20].

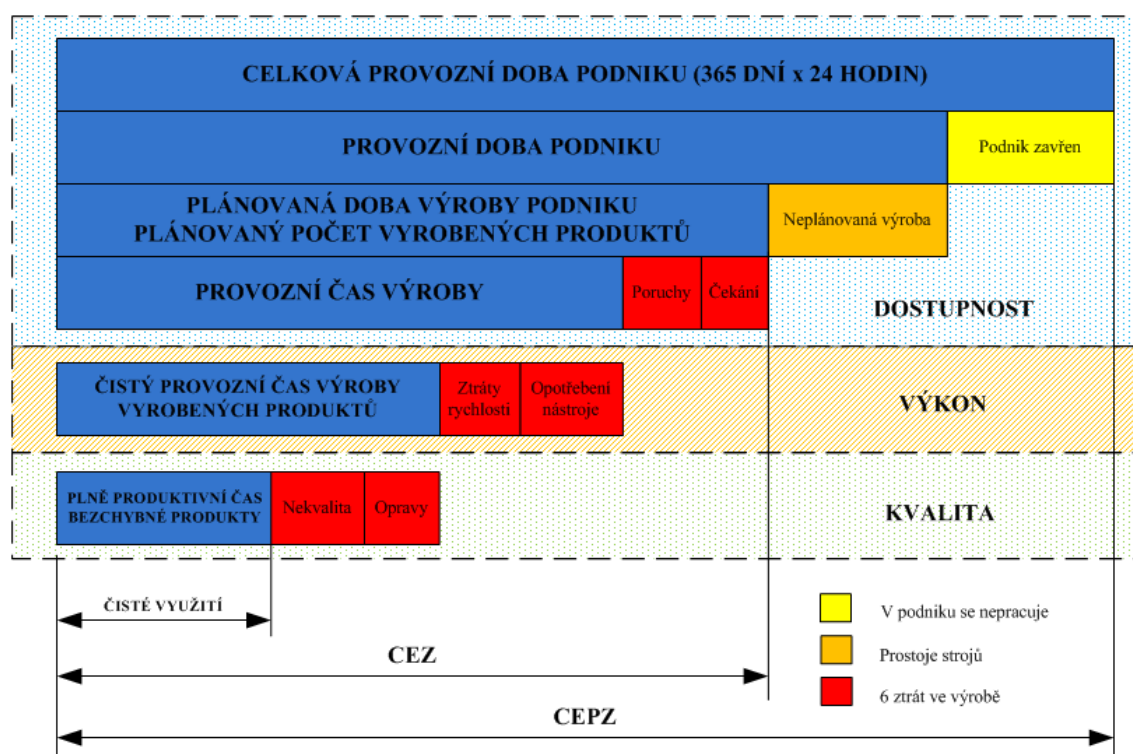
Výhody TPM [3, 20]:

- zvýšení ukazatele CEZ o (20 ÷ 30) % (závisí na druhu výroby a typu technologií),
- redukce časů na přestavbu strojů a linek,
- snížení poruchovosti o (50 ÷ 80) %,
- redukce vícepráce opravováním neshodných výrobků o (50 ÷ 70) %.

## 2.4 Ukazatel CEZ

Klíčovým prvkem TPM je ukazatel CEZ (Celková Efektivita Zařízení), který je využíván k měření skutečného stavu využití strojního zařízení. V zahraničí je tento ukazatel znám pod zkratkou OEE (Overall Equipment Effectiveness) obr. 19.

Při zavedení TPM je nejprve nutná analýza současného stavu. Teprve následně je možné sjednat nápravu a zlepšení. Jako u ostatních metod i zde platí, že co není měřeno, nemůže být zlepšováno. Uplatnění koeficientu je v jasné identifikaci a kvantifikaci ztrát ve výrobě. CEZ je často využíván jako metrika v TPM a štíhlé výrobě. Je jím udán konzistentní způsob jak měřit efektivnost TPM a dalších aktivit tím, že poskytuje celkový náhled pro měření efektivnosti výroby.



Obr. 19 Faktory ovlivňující CEZ [24].

CEZ je mezinárodně uznáván jako koeficient, kterým je hodnocena výroba, i přestože se výpočtové vztahy liší pro každý podnik. Je to proměnná hodnota, která má v optimálním případě postupně vzrůstající charakter. Ke stanovení CEZ jsou sledovány u daného zařízení 3 faktory a to konkrétně dostupnost, rychlost a kvalita. Koeficient vyjadřuje, za jak dlouho je stroj schopen vyrobit maximální počet kvalitních výrobků bez ztráty výkonu. Měření OEE je obvykle zaváděno v úzkém místě nebo na pracovišti s vysokou variabilitou procesu (např. časté změny produktů) [3, 20].

### 2.4.1 Faktory CEZ

Díky rozklíčování jednotlivých faktorů CEZ je k dispozici mnohem objektivnější vztah pro výpočet CEZ než při výpočtu omezeném pouze na poruchy (dostupnost) jednotlivých zařízení. Celková hodnota CEZ udávaná pro podniky světové třídy (WCM- world class manufacturing) je 85 % a je rozložena mezi dostupnost 90 %, výkon 95 % a kvalitu 99,9 %. Tyto hodnoty se mohou lišit v závislosti na způsobu výpočtu a druhu výroby. Obecně pro Českou republiku platí, že ve strojírenském průmyslu se pohybuje celková hodnota při zavedení kolem (40 ÷ 60) %. V praxi je možné se výjimečně setkat s hodnotami kolem 20% nebo naopak přes 100 %. Nízká hodnota je dána nadbytečnou a nevyužitou kapacitou zařízení nebo velkou poruchovostí zařízení. Vysoké hodnoty CEZ (nad 100 %) jsou záměrně zvýšeny příliš „měkkými“ normami z čehož vyplývá, že teoreticky je vyráběno více výrobků, než je možné zaplánovat do výroby [3, 20].

#### Dostupnost

Je to podíl plánovaného času výroby a provozního času výroby. Od provozního času jsou odečteny všechny prostoje, které ovlivnily zastavení plánované produkce. Zastavení je počítáno od několika minut tak, aby bylo zaznamenatelné. Prostoje jako například poruchy zařízení, zpoždění dodávky materiálu a přestavba stroje jsou zařazovány do faktoru dostupnosti. Čas na přestavbu je také součástí CEZ analýzy, protože je to forma prostoje. Pokud nemůže být čas na přestavbu eliminován, lze tento čas alespoň redukovat. Zbývající dostupný čas bez prostojů je nazýván časem výroby. Výpočet dostupnosti je uveden ve vztahu (1) [22].

$$Dostupnost = \frac{\text{Provozní čas výroby}}{\text{Plánovaný čas výroby}} \quad (1)$$

#### Výkon

Je dán podílem ideálního času stroje a celkového počtu vyrobených kusů během provozního času výroby. Do faktoru výkonu jsou započítány všechny ztráty rychlosti zařízení, které zabránily procesu, aby proběhl maximální možnou rychlostí bez přerušení. Ztráty rychlosti zařízení mohou být způsobeny například opotřebením stroje, použitím nestandardních materiálů, zaseknutými výrobky ve stroji. Odečtením ztrát rychlosti od provozního času výroby je dosaženo čistého provozního času výroby. Základní obecné vztahy pro výpočet výkonu jsou (2) a (3). V praxi je tento vztah upraven dle požadavků a podmínek podniku [22].

$$Výkon = \frac{Ideální\ čas\ cyklu\ stroje}{\left(\frac{Provozní\ čas\ výroby}{Celkový\ počet\ vyrobených\ kusů}\right)} \quad (2)$$

$$Výkon = \frac{\left(\frac{Celkový\ počet\ vyrobených\ kusů}{Provozní\ čas\ výroby}\right)}{Ideální\ výrobní\ čas\ výrobku} \quad (3)$$

### Kvalita

Při výpočtu faktoru kvality jsou dány do poměru kvalitní výrobky vyrobené napoprvé ku celkovému počtu vyrobených kusů. Nekvalitní výrobky jsou ty, které neodpovídají standardům kvality dle vztahu (4).

Po odečtení všech ztrát je dosaženo plně produktivního času, ve kterém byly vyrobeny pouze bezchybné výrobky [22].

$$Kvalita = \frac{Celkový\ počet\ kvalitních\ kusů}{Celkový\ počet\ kusů} \quad (4)$$

### Ukazatel CEZ

Celková hodnota koeficientu CEZ je stanovena součinem dostupnosti, výkonu a kvality (5). Všechny tyto faktory jsou udávány v procentech pro vizualizaci výsledků jak operátorům, tak managementu [22].

$$CEZ = Dostupnost \cdot Výkon \cdot Kvalita \quad (5)$$

#### 2.4.2 Ukazatel CEPZ

Dalším důležitým ukazatelem je tzv. TEEP (Total Effective Equipment Productivity). Do češtiny je přeložen jak CEPZ (Celková Efektivní Produktivita Zařízení). CEPZ je množství vyrobených kvalitních výrobků naplánovaných vyrobit vzhledem k množství kvalitních výrobků, které mohly být vyrobeny během celého kalendářního měsíce. CEPZ je využitelný pro analýzu podniku a důležitý pro maximalizaci produktivity před investicí do nového zařízení. Vhodnost ukazatele CEPZ spočívá v posouzení celkového využití majetku a výrobních nákladů. Ukazatel CEPZ je klíčovou informací pro obchodní oddělení, které se na jeho základě je schopno rozhodnout, zda přijmout další zakázky či nikoliv. Vztah pro výpočet CEPZ (6) je uveden níže. Výpočet koeficientu je zpravidla stanoven na 24 hodin denně pět nebo sedm dní v týdnu [23].

$$CEPZ = \frac{Provozní\ doba\ podniku - nevýrobní\ směny}{Provozní\ doba\ podniku \cdot počet\ kalendářních\ dní} \cdot CEZ \quad (6)$$

## 2.5 Zkušenosti z českých firem se sledováním výroby

V českých firmách není metodika CEZ příliš rozšířená. Často je CEZ zaváděno hlavně kvůli managementu zahraničních mateřských firem, aby měly možnost srovnání produktivity mezi jednotlivými závody. Ukazatel CEZ je měřen především v automobilovém průmyslu a obecně ve firmách, které vyrábí velké až hromadné série výrobků. Menšími a středními firmami je ukazatel spíše využit pro sledování chodu stroje, nalezení prostojů a sledování kvality výrobků. Uplatnění ukazatele je vhodné pro jakoukoliv výrobu i pro kusovou s velkou variabilitou výrobních operací. Velké zdroje prostojů jsou totiž v mnoha případech spojeny s častým seřizováním, které skrývá velký potenciál pro zlepšení.

Firmy našly uplatnění pro sledování strojního zařízení v první fázi zavedení TPM. V této fázi ukazatel CEZ slouží jako nástroj pro zjištění aktuálního stavu produktivity výrobních zařízení. Následně jsou získaná data vyhodnocována, rozdělena do kategorií prostojů a zpřesňován postup výpočtu. Po standardizaci výpočtu a kategorizaci činností je možné systém sledování výroby zavést do dalšího závodu. Jednotlivé závody, tak mají nastavenou společnou metriku pro vyhodnocování produktivity.

Při vzájemném porovnávání hodnot CEZ mezi vlastními závody je nutné vždy zohlednit stáří strojních zařízení. Pokud jsou stroje výrazně starší než v mateřském závodě nebo se do dceřiných firem dováží stroje již těsně před skončením životnosti, tak jsou hodnoty CEZ poměrně nízké. Je to dáno laxním přístupem managementu o údržbu stroje. Pravidelná údržba je značně redukována a hlavně je soustředěna na opravu poruch.

Veřejně dostupné statistiky hodnot ukazatele celkové efektivity zařízení nejsou firmami zveřejňovány. Je to dáno tím, že se firmy snaží hlídat své interní procesy v rámci podniku. Dalším důvodem je také to, že každý podnik má stanoven jiný způsob výpočtu ukazatele. Rozdíl mezi jednotlivými podniky jsou např. určení časového základu, nezařazení plánovaných prostojů do ztrát dostupnosti, přesnost výkonových norem, přiřazení mikroprostojů do ztrát dostupnosti nebo výkonu. Neopomenutelný fakt je také způsob sběru dat. Podniky, kterými je využíván ruční sběr dat operátory, tak je dosaženo lepší hodnoty CEZ. V opačném případě podniky, které implementovaly systém automatického sběru dat, vykazovaly nižší hodnoty CEZ. Operátor není schopen rozpoznat a zapsat všechny typy prostojů ve srovnání se systémem, který zaznamená jakýkoliv prostoj.

Rozdílné podniky tedy není možno porovnávat mezi sebou, ať už v národním nebo celosvětovém rámci. Taková srovnání jsou mnohdy nežádoucí kvůli rozdílnostem ve výpočtovém vztahu.

Podle společností zabývajících se implementací systému pro sledování efektivity strojů jsou hodnoty krátce po zavedení kolem 40ti %. Následně po zavedení systému se mohou hodnoty po eliminaci hlavních problémů zvýšit na 60 %.

Přínosy sledování výroby pomocí ukazatele CEZ jsou firmami shledány v [46]:

- získání přehledu o aktuálním stavu a efektivitě strojů,
- nalezení prostojů a ostatních činností, které stroj omezují,
- sledování nákladů na stroj,
- změna přístupu operátorů k údržbě a stavu stroje.

### 2.5.1 Ztráty ve výrobě

Žádný výrobní podnik není schopen výroby beze ztrát. Některé ztráty lze sice eliminovat, ale některé lze pouze zredukovat na tolerovanou úroveň. Jedním z hlavních cílů TPM a CEZ je redukování a eliminace tzv. „šesti velkých ztrát“ tab. 2. Jsou nejběžnější příčiny ztráty efektivity ve výrobě. Každá z šesti velkých ztrát je přiřazena k odpovídajícímu faktoru ovlivňujícího CEZ [22].

Tab. 2 Rozdělení šesti velkých ztrát [25].

Druhy velkých ztrát	Rozdělení do OEE	Kategorie ztrát	Příklady ztrát
Poruchy stroje	Dostupnost	Prostoj	Selhání vybavení, poškození nástroje, neplánovaná údržba
Nastavení/přestavení stroje	Dostupnost	Prostoj	Náběh procesu, přestavba strojů, nedostatek materiálu
Stroj nepracuje	Výkon	Ztráta rychlosti	Záměna výrobku, zaseklé díly ve stroji, přerušení plynulého toku výrobků
Stroj pracuje se sníženou rychlostí	Výkon	Ztráta rychlosti	Profesní úroveň obsluhy stroje, stáří vybavení, opotřebení nástrojů
Náběh stroje/ špatné kusy	Kvalita	Kvalita	Přizpůsobení tolerancí, náběh procesu, poškození
Stroj produkuje špatné výrobky	Kvalita	Kvalita	Špatná montáž, zmetky, oprava zmetku (přepracování)

#### Šest velkých ztrát

##### 1. Porucha stroje

Faktor dostupnosti je ovlivněn poruchami stroje. Pro zlepšení koeficientu CEZ musí být eliminovány neplánované prostoje. Prostoje jsou nejvíce kritické ukazatele pro zlepšení CEZ. Pokud proces neprobíhá, tak není možná analýza ostatních parametrů. Zdroje problémů zásobovacích prostojů mohou být vyhodnoceny později pomocí analýzy příčin [22].

##### 2. Nastavení/ přestavení stroje

Zde je sledován čas náběhu stroje, výměna forem či nástrojů, které mají za následek snížení faktoru dostupnosti. Zavedením programu SMED (Single Minute Exchange of Dies) jsou redukovány nastavovací časy [22].

### 3. Stroj nepracuje

Jsou zde zahrnuty časové ztráty. Příkladem je špatné založení materiálu do stroje, zaseknuté díly ve stroji nebo jakékoliv přerušení plynulého toku výrobků. Jsou to ztráty výkonu, které spadají do faktoru výkonu ve výpočtu CEZ. Tyto zastavení stroje jsou obvykle vyřešeny do pěti minut a není vyžadována pomoc profesionální údržby [22].

### 4. Práce stroje se sníženou rychlostí

Do této kategorie jsou zařazeny prostoje, které mají za následek ztrátu rychlosti. Nejprve je stanovena teoretická maximální rychlost stroje. Poté je možno přizpůsobit ideální rychlost stroje podle opotřebení nástrojů, navržené kapacity u daného výrobku nebo podle technické úrovně operátora [22].

### 5. Náběh stroje

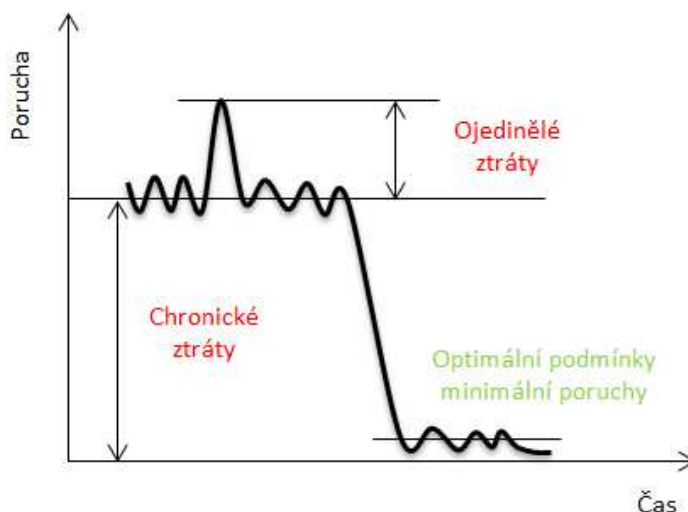
Při náběhu procesu mohou některé stroje vyrábět nekvalitní výrobky. Sledováním náběhu procesu je možné odhalit příčiny. Vyrobené výrobky, které nejsou v souladu s požadavky, ovlivňují faktor kvality [22].

### 6. Stroj vyrábí vadné výrobky

Jedná se o výrobu vadných výrobků po úspěšném náběhu stroje. Eliminace výroby špatných dílů je klíčové pro všechny stroje. Pozorováním těchto výrobků je možné najít souvislosti nebo příčiny výroby takovýchto dílů ve výrobním procesu [22].

### Rozdělení základních druhů ztrát v podniku [26].

- **Plánované ztráty**- přestávky, víkendy, dovolená, preventivní údržba, úklid, testy, atd.
- **Operační ztráty**- nastavování strojů, změna produkce, nedostatek materiálu a lidí, špatná obsluha, výpadky zařízení, úzké místa, atd.
- **Výkonové ztráty**- špatné nastavení strojů, úmyslné zpomalení, selhání, atd.
- **Nekvalita výroby**- vada materiálu, nepřesnost výroby, opravy, atd.



Obr. 20 Ztráty ve výrobě [24].

### 2.5.2 Správnost výpočtu CEZ

Správnost výpočtu CEZ je dána níže uvedenými faktory [26].

- Správná metodika výpočtu

Výpočet správných hodnot a jejich rozdělení do skupin ztrát a faktorů, které ovlivňují je velmi důležité. Výskyt problémů je nejčastěji pozorován u výpočtu dostupnosti a výkonu. Podniky někdy záměrně špatně rozlišují prostoje vzniklé během procesu kvůli umělému zvýšení koeficientu. Jedná se například o definování plánované údržby, přestávky, či přestavby stroje jako čas, kdy nebyla naplánovaná výroba.

Faktor výkonu je ovlivněn jakýmkoliv snížením maximální teoretické rychlosti stroje, kdy je vyrobeno méně výrobků, než je teoreticky možné. Často se jedná o krátké zastavení nebo přerušování výroby v řádu několika sekund (tzv. mikroprostoj) až minuty. Tyto prostoje nejsou obvykle zaznamenávány. Výpočet faktoru kvality je průkazný, protože jsou jednoznačně definovány standardy kvality a vyrobené množství výrobků.

- Lidský faktor a ruční sběr dat

Pokud jsou prostoje zaznamenávány ručně operátory, tak je možný výskyt nepřesností a chyb při výpočtu a sběru dat. Zapisování prostojů je úkon, který sám o sobě způsobí prostoj i snížení efektivity. Chyby při zápisu vznikají tehdy, když je operátor časově vytížen plněním jiných úkolů. Formulář pro zaznamenání prostojů je mnohdy vyplněn až na konci směny a není splněn jeho účel. Je možné se setkat i se situací, kdy operátor nepřizná vzniklý problém na stroji před možným finančním postihem. Morálka operátora je tedy důležitý prvek při ručním zápisu CEZ. Další možné odchylky hodnot mohou vzniknout při přepisu dat z formuláře do elektronické podoby.

### 2.5.3 Postup zavedení CEZ

Postup při implementaci sledování ukazatele CEZ je možné popsat následovně. Nejprve je provedena analýza současného stavu měření efektivity ve výrobě. Dále je řešena problematika analýzy dat přímo ze stroje a současný stav evidence. V této fázi jsou řešeny možnosti případného zavedení MES systému dle kapitoly 3 [27].

Postup zavedení je možné rozdělit do třech fází [27]:

#### 1. fáze

- sledování CEZ, jsou identifikovány a rozklíčovány prostoje a ztráty do faktorů ovlivňujících ukazatel CEZ,
- porovnání CEZ mezi stejnými skupinami strojů,
- návrh opatření na zvýšení efektivity strojního zařízení.

## 2. fáze

- návrhy na stálé zlepšování efektivity strojního zařízení a implementace v podniku (např. TPM, SMED).

## 3. fáze

- sledování CEZ na více strojích a rozšiřování skupin strojů,
- dlouhodobé sledování CEZ,
- porovnání CEZ mezi stejnými skupinami strojů v delším časovém období,
- kompletní evidence ztrát a prostojů v elektronické podobě (pro ruční i automatický sběr dat).

### 2.6 Přínosy zavedení sledování CEZ

Díky sledování jednotlivých hodnot (dostupnost, výkon, kvalita) ukazatele CEZ je možné stanovit pokrok při zefektivňování výroby, což je výhodné při srovnání efektivity jiných zakoupených systémů v podniku (např. ERP systém), u kterých je mnohdy těžké kvantifikovat jejich úspory před a po zavedení. Je zřejmé, že úspora alespoň 1 Kč ve výrobě zvýší zisk firmy o více než navýšení prodejní ceny o 1 Kč. Měřitelný pokrok díky monitoringu spočívá v zaznamenávání a vyhodnocování všech dat v elektronické podobě.

Ukládáním dat je pak možné usnadnit prokázání reklamovaného materiálu nebo výrobního zařízení, kdy na základě reportu je možné stanovit, že prostoje vznikají pouze při dodání materiálu, který nesplňuje patřičnou specifikaci nebo poruchovým výrobním zařízením.

Snížení prostojů má za následek zvýšení výrobních kapacit nebo naopak snížení počtu požadovaných směn. Při monitorování výkonu stroje je ihned jasné, jestli vznikají rezervy nebo zda je u stroje dosaženo maximálního teoretického výkonu. Pokud jsou zjištěny rezervy ve výkonu stroje, není zde třeba investice do dalšího výrobního zařízení.

Je-li upřednostněn automatický sběr dat v podniku, dalším přínosem je sledování využití strojů v reálném čase. Na pracovišti stroje je umístěn terminál pro zadávání jednotlivých druhů prostojů, na kterém je možné vidět i jeho aktuální CEZ. Ve výrobních halách jsou často umístěny také andony nebo LCD monitory pro lepší přehlednost efektivity všech monitorovaných strojů. Obrazovky pro sledování CEZ mohou být také umístěny v kancelářích managementu pro stálý dozor nad jednotlivými stroji. V případě poruchy může být plán výroby upraven tak, aby odpovídal momentálním výrobním podmínkám. Při automatickém sběru dat také není operátor zatížen vyplňováním formuláře pro CEZ [3, 20, 26].

### 2.7 Střední doba poruchy a střední čas do opravy

Střední doba poruchy tzv. MTBF (Mean Time Between Failure) a střední čas opravy MTTR (Mean Time To Repair). Jsou to běžné metriky výrobních podniků, které jsou používány k identifikaci spolehlivosti zařízení a účinnosti údržby strojů. Cílem sledování je zvýšení provozuschopnosti a výrobní kapacity. Použití těchto informací ve výrobě je možné rychle a přesně stanovit plán výroby a činnosti spojené s preventivní údržbou [28].

**MTBF**

Střední čas poruchy je dán celkovou dobou provozuschopnosti podělenou počtem poruch na daném zařízení. Vyjadřuje množství času od konce jedné poruchy do vzniku další. Matematicky je určen střední čas poruchy jako součet času opravy a času do vzniku poruchy.

Příklad: Pokud je za týdenní produkci zařízení 40 hodin provozuschopné a vzniklo během této doby 10 poruch, které zastavily stroj. Potom je možné stanovit MTBF jako  $40/10 = 4$  hodiny [28].

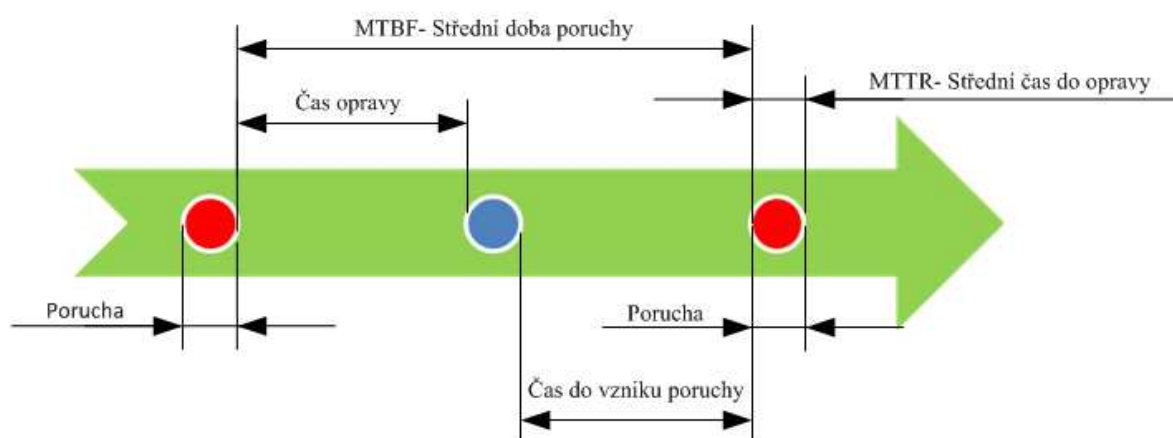
$$MTBF = \frac{\text{Celková doba provozuschopnosti}}{\text{Počet poruch za dobu provozuschopnosti}} \quad (7)$$

**MTTR**

Střední čas opravy je možné stanovit poměrem celkové doby prostojů za dobu provozuschopnosti ku počtu poruch za dané období. Je to čas, který je vyžadován na opravu zařízení.

Příklad: Pokud z celkové provozuschopnosti zařízení je 10 hodin prostojů a 10 poruch, tak MTTR je vypočteno jako  $10/10 = 1$  hodina [28].

$$MTTR = \frac{\text{Celková doba prostojů za dobu provozuschopnosti}}{\text{Počet poruch}} \quad (8)$$



Obr. 21 Schéma poruch v procesu [28].

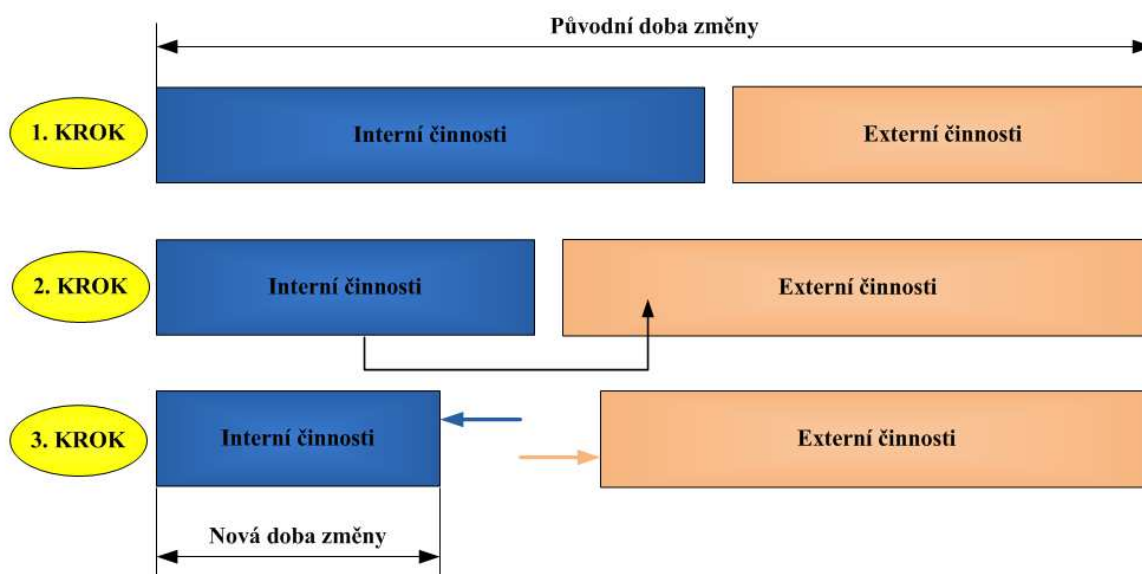
## 2.8 SMED

Velmi známou metodou pro rychlé seřízení stroje je SMED (Single Minute Exchange of Die). Tuto metodu vyvinul a zformuloval Shingeo Shingo. Metoda je využívána v rámci programu TPM na pracovištích, kde vznikají úzká místa. Nutnost redukovat čas seřízení je dána úsporou času, po který stroj nepracuje. Metoda SMED je uplatňována ve firmách hlavně z důvodů velké ztráty kapacity stroje seřizováním strojů, které jsou úzkými místy. Postup seřízení je znázorněn na obr. 22.



Obr. 22 Činnosti seřízení [3].

Program rychlých změn je složen ze třech hlavních kroků. V prvním kroku je provedena analýza seřizovacích činností a následně jsou činnosti rozděleny na interní a externí. Interní činnosti jsou takové, které není možné provést při běhu stroje. Externí činnosti je možné provádět při chodu stroje (např. příprava nástrojů). Dále následuje snaha o přesunutí interních činností do externích. Toho může být dosaženo například před přípravou pracoviště, přidáním pracovníka, atd. Ve třetím kroku jsou realizovány tréninky pro redukci jak externích, tak interních činností obr. 23 [3].



Obr. 23 Postup činností SMED analýzy [3].

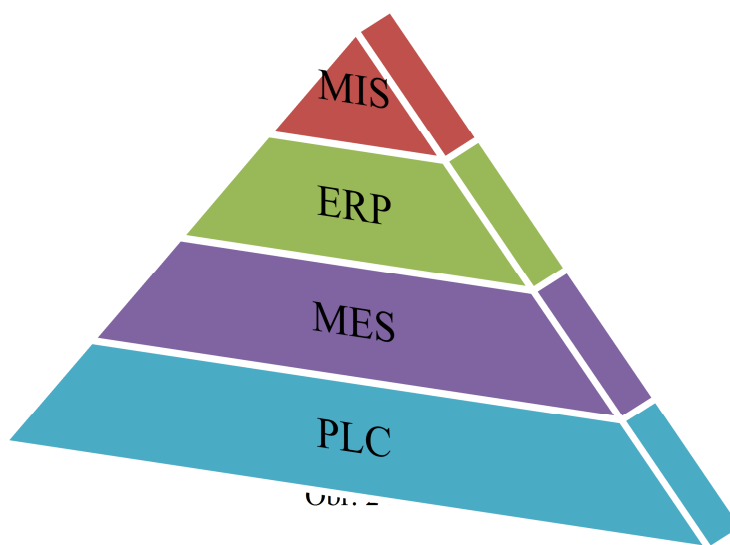
### 3 MES SYSTÉMY

Anglický termín “Manufacturing Execution Systems“ označován zkratkou MES, je překládán jako výrobní informační systém. Je to počítačový systém, jehož prostřednictvím jsou získána a zpracována provozní data v reálném čase přímo z výrobních strojů a linek. Data v reálném čase jsou poskytnuta například plánovačům výroby, kteří mají aktuální přehled o stavu produkce ve výrobě. Za pomoci MES systémů je realizováno spojení mezi automatizačními PLC a ERP podnikovými systémy. Vývoj výrobních systémů a informačních systémů pro řízení podniku je postaven dle následujících úrovní obr. 25.

Základním systémem pro sběr dat a sledování výrobních zařízení je programovatelný logický automat neboli PLC. Tyto volně programovatelné automaty jsou schopny provádět malé kontrolní úlohy, kterými je upozorňována obsluha na nežádoucí stavy zařízení. Obvykle jsou využívány na obráběcích centrech a výrobních linkách.

Přenos dat mezi PLC a ERP systémy je zajištěn prostřednictvím výrobním informačním systémem. Enterprise resource planning, neboli podnikový informační systém, je využíván především pro plánování a řízení výroby. Na rozdíl od MES, které je k dispozici hlavně mistrům či technologům, je ERP k dispozici pro například pro finanční oddělení, účetní oddělení, atd.

Nejvýše postavený je manažerský informační program (MIS), jenž je využíván pro tvorbu strategie a potřeby marketingu [29].



Obr. 25 Používané systémy v podniku [29].

Rozdělení hlavních oblastí MES [30]:

- sledování podniku v reálném čase,
- štíhlá výroba,
- kvalita a regulační opatření,
- výkonný management aktiv,
- životní cyklus výrobku.

Některé z konkrétních úkonů, které je MES schopen sledovat jsou popsány níže [29].

### **Správa výrobních zdrojů**

Jsou sledovány potřebné zdroje a kapacity pro výrobní zdroje jako např. pracovníci, materiál, strojní zařízení, nástroje, atd. Informace o stavu zdrojů je založena jak na reálném sledování výrobních zařízení a zakázek na něm probíhajících, tak i pro stav budoucího využití výrobního zařízení. Dále jsou zjišťovány podpůrné informace o požadované dostupnosti pracovníka a kvalifikaci pro daný úkol.

### **Správa výrobních postupů**

Zde je zahrnuta správa a výměna kořenových dat s okolními systémy. Tato data mohou být tvořena výrobními pravidly finálních výrobků, kusovníky materiálů nebo například výrobními zdroji. Management životního cyklu výrobku je jednou z možností využití dat pro správu výrobních postupů.

### **Detailní plánování výroby**

Plánování výroby je důležitou činností výroby samotné a také výrobních informačních systémů. Zde jsou zohledněny různé způsoby plánování výroby (dopředné, zpětné, podle priority zakázky, aj.). Cílem plánování výroby je vytvořit frontu práce, která definuje pořadí, v jakém budou zakázky vyrobeny se zohledněním seřizování strojů, prostojů, atd.

### **Sběr dat**

Prostřednictvím MES je zajištěn sběr procesních a výrobních dat (stav zařízení, cyklus stroje, atd.) s možností jejich uchování pro další analýzy. Sběr dat je realizován jak v jednoduché výrobě, tak ve složité. Základní informace o výrobním procesu a například výrobního cyklu stroje jsou sbírány spíše v jednoduché výrobě. Ve složitější (automatizované) výrobě jsou mnohdy sbírány až tisíce parametrů stroje každou minutu jeho činnosti.

### **Výkonnostní analýzy**

Klíčové výkonnostní ukazatele (KPI- Key Performance Indicator) jsou sledovány a vyhodnocovány jak výrobními, tak nevýrobními podniky pro měření jejich úspěchu ve stanovené strategii. Sledované ukazatele jsou rozdílné podle druhu podniku a každému je přiřazena jiná priorita. Nejvíce používaným ukazatelem pro sledování efektivity výrobního zařízení je ukazatel CEZ.

## 4 POPIS FIRMY

Firma TVD – Technická výroba, a.s. se nachází v jihomoravském kraji se sídlem poblíž obce Rokytnice obr. 26 a obr. 27. Je zde zaměstnáno 420 pracovníků. Vzhledem k počtu pracovníků se firma aktivně podílí na udržování rozvoje a stability pracovních míst v regionu. Jedná se o tradiční strojírenskou firmu, která dodává výrobky pro elektrotechnický průmysl. Podnik je rozdělen na dvě samostatné divize. Divize CNC zpracování plechů, která se zabývá především výrobou skříní rozvaděčů, datových skříní, HUP skříní a zpracováním plechů včetně povrchových úprav. Druhá divize se zabývá lisováním technické pryže a lisováním termoplastů. Diplomová práce je zpracována v divizi CNC zpracování plechů a výroby skříní, kde pracuje 268 zaměstnanců. Z celkového počtu této divize je 214 dělníků a 54 technických pracovníků. Vývoz skříní rozvaděčů do zahraničí tvoří 70 % celkové výroby, přičemž zbylá část produkce je distribuována do České republiky [31].



Obr. 26 Správní budova firmy TVD [31].



Obr. 27 Divize zpracování plechů [31].

### 4.1 Historie firmy

Společnost TVD byla založena v prosinci roku 1989 jako technické výrobní družstvo. Počátkem následujícího roku byly zahájeny stavební činnosti s nabídkou výškových prací včetně montáží hromosvodů. V roce 1992 byla založena divize technického zpracování pryže se sídlem v Křekově u Valašských Klobouk. Další vývoj divize proběhl samostatně.

Po třech letech od založení společnosti v roce 1993 byl zahájen pilotní provoz výroby skříní rozvaděčů, který se rozvinul v hlavní náplň divize CNC zpracování plechů a výroby ocelových skříní. Úspěšný start projektu byl důvodem k investici do lakovacího pracoviště, který umožnil vznik střediska práškového lakování.

Na základě jasné vize o dalším vývoji firmy byla v roce 1999 realizována úspěšná certifikace systému řízení jakosti ISO 9002. Důležitý milník firmy proběhl v roce 2001, kdy nastala změna výrobního družstva na akciovou společnost TVD – Technická výroba, a.s., která se formovala do dnešní podoby.

Dále firma kvůli rostoucím požadavkům na kvalitu získala v roce 2002 certifikát systému řízení kvality ISO 9001 obr. 28, obr. 29. V roce 2004 po uzavření spolupráce vyžadující speciální požadavky na proces svařování potvrdila vyšší kvalitu při svařování certifikátem ČSN EN ISO 3834-2. Prozatím poslední získaný certifikát firma vlastní od roku 2005, kterým je zaručena ekologická likvidace odpadu dle ISO 14001:2004.

Během posledních let je pravidelně investováno do rozvoje pracovišť, rozšiřování kapacit výrobní prostor a nákupu moderního vybavení. Nejnovější projekt byl dokončen v předchozím roce 2012 a to výstavbou nové budovy s vývojovou dílnou [31].



Obr. 28 Certifikát 14001:2005 [31].



Obr. 29 Certifikát 9001:2009 [31].

## 4.2 Výrobní program

Produkty a služby, které jsou nabízeny firmou TVD jsou velmi široké. V podniku je možné zpracovat jak standardní, tak i atypické objednávky na přání zákazníka. Největší podíl produkce tvoří skříň rozvaděčů, atypické zakázky, datové pulty a skříň hlavního uzávěru plynu obr. 30, obr. 31.

Ocelové STS skříň rozvaděčů jsou nabízeny v ucelených typových řadách v krytí IP 55. To znamená, že skříň je kryta proti stříkající vodě ve všech směrech. Další řadu skříní tvoří řada STL v krytí IP 40 se stupněm ochrany IK 09. Skříň je ochráněna krytím proti nebezpečnému dotyku nástrojem nebo drátem jehož průměr je menší než 1 mm.



Obr. 30 Skříň rozvaděče řady STS [24].



Obr. 31 Skříň nástěnného rozvaděče řady STC [24].

Zákaznické provedení skříní a atypické zakázky jsou bezpochyby silnou stránkou podniku. Konstrukční oddělení ve spojení s dlouholetou praxí je schopno zajistit technologickou proveditelnost zakázky a kvalitního zpracování. Na přání zákazníka je možné vytvořit skříně požadovaného materiálu, vlastností i rozměrů s požadovaným stupněm ochrany IP. Počátkem tohoto roku bylo uvedeno do provozu projektové oddělení, které má za úkol podílet se na vývoji a testování zákaznických projektů.

Skříně hlavního uzávěru plynu jsou další z produktů firmy obr. 32. Tyto skříně je firma schopna vyrábět v různých barvách a materiálovém provedení.

Ovládací pulty jsou určeny pro kontrolní a řídicí systémy výrobních linek, velínů a monitorovacích pracovišť obr. 33. Produkt je vyráběn ve dvou variantách, které se liší v tloušťce plechu [31].



Obr. 32 Skříně hlavního uzávěru plynu [24].



Obr. 33 Ovládací pult [24].

### 4.3 Výrobní proces

Výrobní proces je realizován ve vlastním areálu firmy. Společnost disponuje potřebným zařízením pro CNC zpracování plechu a výrobu rozvaděčových skříní. Celý proces je rozdělen do několika pracovišť.

Sklady jsou umístěny v areálu společnosti. Jeden sklad je určen pro dodávky plechů a druhý sklad slouží pro skladování polotovarů pro kovovýrobu. Z těchto skladů jsou rozváženy materiály pro CNC zpracování.

Plech jsou dováženy do výrobní haly k následnému dělení nebo jinému zpracování. Ve výrobní hale se nachází mnoho programovatelných strojů. Nejprve je plech nastříhán na požadovaný rozměr CNC nůžkami Trueshear a dále pokračuje na operaci ohýbání strojem TrueBend. Není-li třeba plech upravovat na určitý rozměr, pokračuje na pracoviště laseru nebo na CNC vysekávání. Poté jsou plechy přemístěny na pracoviště odjehlování, kde jsou zbaveny ostrých hran a ořepů. Takto jsou plechy připraveny na operaci ohýbání a následné svařování. Povrchy svařených polotovarů jsou poté chemicky nebo mechanicky opracovány před práškovým lakováním. Nalakované polotovary jsou po této operaci přepraveny na montáž, následně zabaleny a expedovány. Průběhem celého procesu jsou náhodně kontrolovány požadované rozměry, kvalita a zpracování.

#### 4.4 Organizační struktura firmy

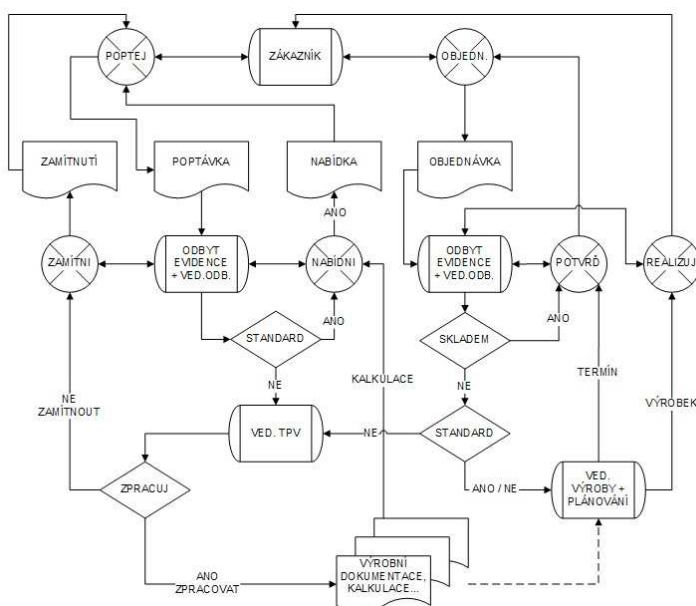
Organizační struktura byla v minulém roce pozměněna a došlo k rozložení pravomocí na více ředitelů úseků. Hlavní části výrobních oddělení jsou zařazeny pod pravomoci technicko-výrobního ředitele obr. 34.



Obr. 34 Schéma organizační struktury firmy [24].

#### 4.5 Způsob objednávání zakázek

Ve firmě TVD – Technická výroba, a.s. je uskutečňováno objednávání zakázek prostřednictvím informačního systému Karat obr. 35. Proces zakázky je zahájen poptávkou zákazníka na obchodní oddělení. Dostupnost poptávaného dílu je kontrolována obchodním oddělením. V případě, že je poptávaný díl standardní, bude zákazníkovi zaslána nabídka. Pokud je poptávka nestandardní, je odeslána vedoucímu technické přípravy výroby, který rozhodne o její zpracovatelnosti. Následně je vytvořena výrobní dokumentace a proběhne kalkulace ceny. Kalkulovaná cena je nabídnuta zákazníkovi prostřednictvím obchodního oddělení. Akceptuje-li zákazník nabízenou cenu, objednávka se uzavře a je zaplánována do výrobního plánu nebo dodána zákazníkovi přímo ze skladu. Posledním krokem je expedice výrobku zákazníkovi [24].



Obr. 35 Schéma procesů [24].

## 5 CÍLE ŘEŠENÍ PROJEKTOVÉ ČÁSTI V PODNIKU

Cílem projektové části bylo prozkoumání současného stavu s výsledným návrhem pro zlepšení produktivity strojů. Projektová část je zaměřena na sledování faktorů ovlivňující ukazatel CEZ, který je schopen odhalit současný stav produktivity práce strojů. Tato část spadá do programu totálně produktivní údržby, a to konkrétně do prvního pilíře (eliminace hlavních problémů) viz kapitola 2 teoretické části.

Jednotlivé kroky, dle kterých bylo k problematice přistupováno, jsou:

- analýza současného stavu ve výrobní hale,
- analýza práce na vybraných strojích,
- analýza údržbářských činností,
- vyhodnocení provedených analýz,
- nalezení jednotlivých typů prostojů u vybraných strojů,
- návrh na odstranění nebo redukci prostojů,
- návrh pro zlepšení sledování údržby a poruch strojů,
- návrh stanovení výpočtu CEZ a CEPZ pro potřeby podniku,
- návrh monitoringu využití strojů,
- návrh realizace a přínosy.

## 6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

V podniku není zaveden tým ani zodpovědná osoba, která sleduje produktivitu strojů se záměrem zavedení protiopatření vůči vzniku prostojů či jiných faktorů, které ovlivňují chod stroje. V současnosti chybí jakákoliv věrohodná data pro sledování práce strojů, jejich údržby a údržbářských činností, které jsou s chodem stroje spojeny.

Analýzou současného stavu jsou popsány činnosti operátorů a situací probíhajících ve výrobní hale u vybraných skupin strojů. Jako nedílná součást analýzy strojního zařízení za účelem zvýšení jeho využití byla provedena analýza údržbářských činností. Analýza údržbářských činností byla zaměřena zejména na způsob zpracování a vyhodnocování poruch na strojích. Dále byla provedena analýza správnosti technických údajů na průvodní dokumentaci ve spolupráci s technologi a programátory. Pro lepší seznámení s pracovní náplní práce operátora a všech ostatních činností, které jsou spojeny jeho chodem, byl proveden snímek pracovního dne. Na základě provedených analýz budou vyhodnoceny největší zdroje ztrát a navrhnuty opatření pro zlepšení efektivity procesů.

### 6.1 Analýza současného stavu ve výrobní hale

Běžně se na strojích pracuje na 2 směny pouze v pracovních dnech. Počet směn je závislý na množství zakázek a následně podle tohoto kritéria je upraven plán práce. V některých případech je krátkodobě zaveden třísměnný provoz po celý týden. Stroje jsou obsluhovány jedním operátorem po celou dobu směny. Navezení materiálu a odvezení hotových dílů zajišťuje skladník.

Na strojích jsou realizovány kusové zakázky i sériové zakázky. Snahou programátorů je optimalizace výrobních dávek se společnými parametry (tloušťka plechu, materiál plechu). Pro optimalizaci dávek je využit statický software Tops 100. Nyní je používán software JetCam, díky kterému jsou vytvářeny dynamické programy. Software JetCam umožňuje optimalizaci dělení materiálu. Tento program vyhledá a sloučí díly ze všech otevřených objednávek podle zadaných parametrů. Jednotlivé díly jsou poté rozmístěny do zakázek, které odpovídají parametrům a mají využitelnou plochu pro umístění dílu. Slučováním objednávek je výrazně snížen seřizovací čas a zvýšeno využití materiálu.

Celkem je rozmístěno 19 strojů ve výrobní hale, které jsou rozděleny do těchto skupin:

- skupina vysekávacích lisů- 4 stroje,
- skupina laserů- 2 stroje,
- skupina hydraulických ohýbacích lisů- 8 strojů,
- skupina odjehlovacích strojů- 2 stroje,
- ohýbací centrum- 1 stroj,
- nůžky- 1 stroj,
- rovnačka plechů- 1 stroj.

Vstupní materiál je tvořen plechy malých, středních a velkých formátů. Malé formáty plechu jsou v současné době nahrazovány přístřihy, tudíž již není potřeba každý vstupní materiál nejprve nastříhat. Skupiny strojů, jako jsou ohýbací lisy či odjehlovací stroje,

zpracovávají již vypálené a vysekané díly z předchozích operací. Logistické procesy (navezení materiálu, odvezení materiálu, atd.) jsou zajištěny skladníkem.

Skupiny strojů s lasery, vysekávacími lisami a ohýbacím centrem jsou obsluhovány pouze jedním operátorem. Ve výrobní hale není nastavena obsluha více strojů najednou jedním pracovníkem. Charakter zakázek a výrobních zařízení to neumožňuje.

Výrobní hala je vybavena dvěma odváděcími terminály, které jsou napojeny na podnikový informační systém Karat. Tento systém slouží pro aktuální sledování práce nejen ve výrobní hale, ale i na ostatních pracovištích. Pracovníci jsou povinni krátce před zahájením činnosti načíst zakázku do systému pomocí odváděcího terminálu. Pomocí stejného terminálu jsou pracovníci povinni po dokončení zakázky vykázat odvedenou práci obr. 36.

Některé stroje jsou vybaveny také terminály PSM. Tyto terminály slouží pro zaznamenávání prostojů stroje, kterými je sledováno managementem firmy TVD. Terminál je přednastaven na 4 hlavní prostoje (údržba, obsluha, materiál, porucha) viz obr. 37. Management je tedy schopen sledovat chod stroje ve svém počítači. Systém PSM sleduje také aktuální program, který je strojem zpracováván. Dále měl být nakonfigurován tak, aby dokázal spočítat ukazatel CEZ a CEPZ.

Dohled nad plněním jednotlivých činností ve výrobní hale má na starost mistr. Mistr výrobní haly přiděluje zakázkové listy a zodpovídá za splnění plánu výroby. Pracovníci jsou schopni si předpřipravit práci až po obdržení těchto zakázkových listů.

## 6.2 Analýza práce na vybraných strojích

Analýza práce na jednotlivých strojích je zaměřena na skupiny laserů, vysekávacích lisů a ohýbací centrum. Každý plech, který je následně zpracováván, musí nejprve projít zpracováním některým z těchto strojů. Dojde-li k poruše jednoho stroje z dané skupiny, není možné pokračovat výrobou v dalších procesech.



Obr. 36 Odváděcí terminál.



Obr. 37 Terminál PSM.

Skupiny jsou z tohoto důvodu tvořeny několika stroji, které jsou schopny při poruše jednoho stroje dočasně nahradit druhý. Ohýbací centrum je nový stroj, jenž je možno nahradit hydraulickými ohýbacími lisami, ale z důvodu jeho rozdílné funkčnosti je zařazen samostatně.

Pro každý stroj byl zaznamenán snímek pracovního dne. Byly provedeny dva nepřerušené snímky pracovní směny v intervalu jednoho týdne. Pro potvrzení správnosti prováděných činností bylo provedeno několik nahodilých měření. Tyto dva snímky pracovního dne byly následně sečteny a jejich výsledky jsou znázorněny v grafech.

Sběr dat pro analýzu proběhl ručně. Každé přerušení stroje bylo zaznamenáno do formuláře, který byl následně přepsán do elektronické podoby. Kromě časů zaznamenaných prostoje byly sledovány další hodnoty. Další sledované hodnoty byly nezbytné pro ruční výpočet ukazatele CEZ. Mezi takové hodnoty patří počet vyrobených kusů, plánovaný čas výroby, strojní čas výroby a současně reálný strojní čas měřený na stopkách. Pro adresné určení vyzorovaných přerušení bylo zaznamenáno také číslo programu.

### 6.2.1 Skupina laserů

Skupinu tvoří dva lasery LY3050 6000W (Laser 1) a LY3050 5000W (Laser 2). Jedná se o plynové lasery s řeznými plyny dusíkem a kyslíkem. Součástí každého stroje je jeřáb s přísavkovým podavačem plechů. Každý laser má tři laserové hlavy s různou ohniskovou vzdáleností, která se mění v závislosti na tloušťce řezaného materiálu. Maximální rozměry zpracovávaného plechu jsou 3000 x 1500 mm, což je standardní velký formát plechu používaný v TVD. Na výkonnějším Laseru 1 jsou zpracovávány především plechy s větší tloušťkou. Druhem materiálu je ovlivněna maximální řezná tloušťka, která je pro nerez 20 mm, hliník 12 mm a ocel 25 mm.



Obr. 38 Laser Trumatic L3050 [33].

### Popis práce na laseru

Náběh ranní směny je spojen se zapnutím stroje. Stroj je zapnut před začátkem ranní směny po příchodu pracovníka na pracoviště. Poté proběhne načtení operačního systému stroje a pracovníkem jsou načteny programy, které se jsou naplánovány vyrobit dle průvodních listů. Po načtení programu proběhne výměna laserové hlavy pracovníkem, pokud je to nutné.

Laser je obsluhován vždy jedním operátorem. Operátorem je založen materiál na pojízdný rošt, který je vybaven dvěma paletami. Pokud je první paleta zasunuta ve stroji, tak druhá je připravena na rychlou výměnu po dokončení palety první. Díky tomuto systému dochází k přemístění hotových kusů na paletu v překrytém čase, kdy je zpracováván plech na další pojízdné paletě. Po přemístění hotových kusů na paletu je na rošt umístěn plech pro následující zakázku a zbytek vypáleného plechu je odnesen do odpadu.

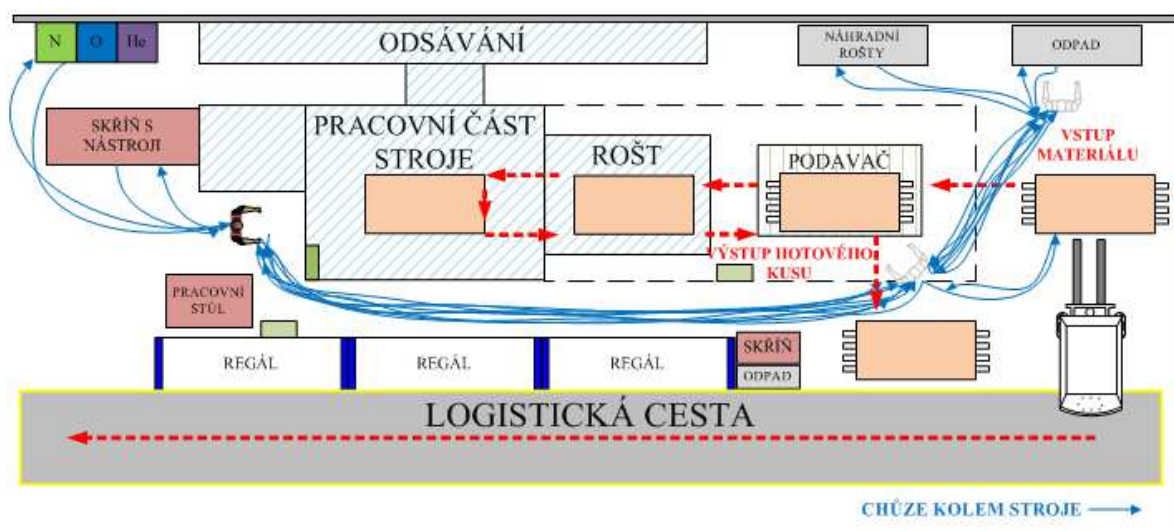
Správnost průběhu programu a pohyb laserové hlavy je kontrolována operátorem. Ten je připraven zastavit chod stroje, aby nedošlo k poškození nástroje. Dále je také operátorem ovládán potenciometr, kterým redukuje rychlost při špatně nastaveném programu nebo příliš tenkém plechu. Pracoviště s laserem je zachyceno na obr. 39.



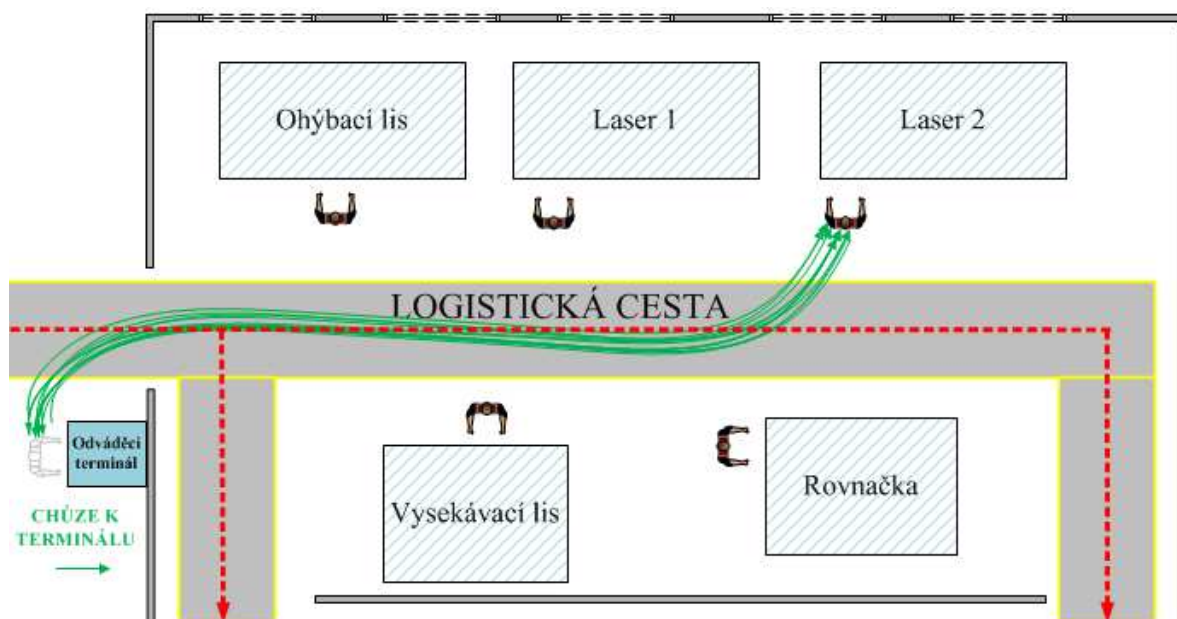
Obr. 39 Pracoviště s laserem.

### Analýza pohybu operátora laseru

Pro tuto analýzu je použit špagetový diagram. Pracovník se nejvíce pohyboval mezi ovládacím panelem laseru a prostorem pro přemístění hotových kusů na paletu spojených s vynesemím odpadu. Pracoviště je vzhledem k dané konstrukci stroje logicky uspořádáno. Hlavní nedostatek uspořádání pracoviště je vzdálenost odváděcího terminálu, který je ve vedlejší části haly. Špagetový diagram pohybu operátora laseru je znázorněn na obr. 40 modrou čarou. Diagram zachycující odvedení zakázky do systému prostřednictvím terminálu je znázorněn zelenou čarou v obr. 41.



Obr. 40 Špagetový diagram na pracovišti laseru.



Obr. 41 Špagetový diagram odepsání zakázky.

Vzdálenost od laseru 2 k odváděcímu terminálu a zpět je 60 metrů. Operátor je však povinen tuto vzdálenost ujít při zahájení i ukončení zakázky tj. 120 m. Průměrný počet zpracovaných zakázek je 10 za směnu. Analýzou pohybu pracovníka je poukázáno na čas operátora, který je potřebný pro přemístění k odváděcímu terminálu viz tab. 3.

Tab. 3 Pohyb operátora laseru 2.

<b>Laser 2</b>				
<b>Pohyb</b>	<b>Vzdálenost [m]</b>	<b>Četnost</b>	<b>Vzdálenost celkem [m]</b>	<b>Čas [min]</b>
Kolem stroje	45	10	450	6,0
Chůze k terminálu	120	10	1200	16,1
$\Sigma$	-	-	1650	22,1

### **Analýza prostožů na pracovišti laseru**

Prostože na pracovišti laseru jsou významně ovlivněny velikostí zakázky. Pokud je materiál navezen ke stroji, jsou prostože minimální. Je to dáno především automatickou výměnou palet, které jsou příslušenstvím laseru. Operátor je schopen předpřipravit zakázky i přemístit na paletu hotové kusy v překrytém čase, pokud se jedná delší dobu programu.

- **Krátké přerušení strojního cyklu**

Krátké přerušení cyklu stroje je u laseru charakteristické při kontrole jakosti řezu nebo odstranění vzpříčeného dílu. Tyto přerušení jsou zařazeny do „mikroprostožů“ do 30ti vteřin. Krátké přerušení cyklu omezuje maximální hodnoty faktoru výkonu.

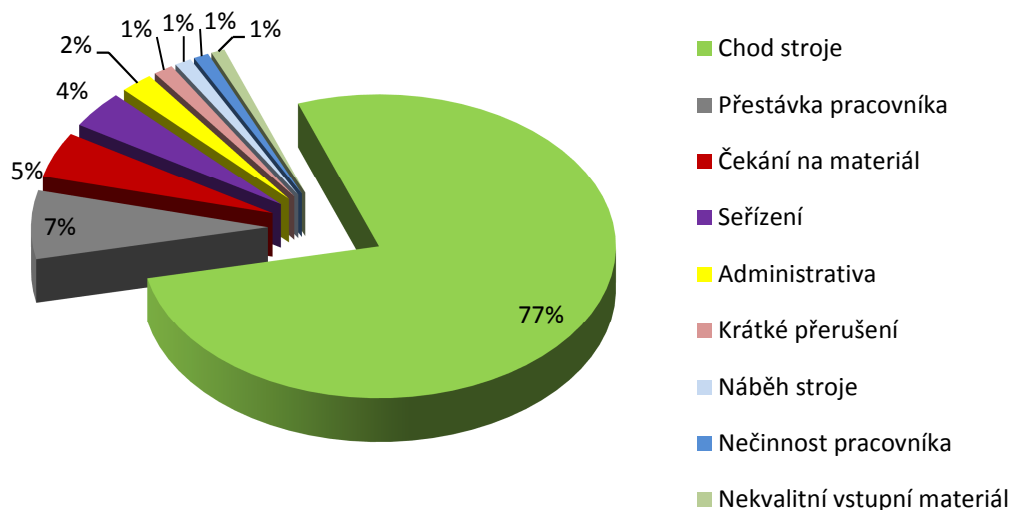
- **Nekvalitní vstupní materiál**

Jedná se o prostož, kterým je ovlivněn produktivní čas stroje. Skladníkem byl navezen ke stroji zkorodovaný materiál. Operátor následně místo zahájení operace musel sjednat nápravné opatření, aby mohl tento materiál použít. Během této činnosti stroj nepracoval.

- **Seřízení**

Pro skupinu laserů jsou do seřízení zařazeny činnosti, které jsou spojeny s výměnou plechu, laserové hlavy, trysky a případné úpravy programu. Jsou to činnosti, které jsou nezbytné pro zahájení nové zakázky.

Činnosti, kterými se operátor nejvíce zabýval, jsou znázorněny v grafu na obr. 42. Graf znázorňuje procentuální podíl jednotlivých činností během dvou pracovních směn.

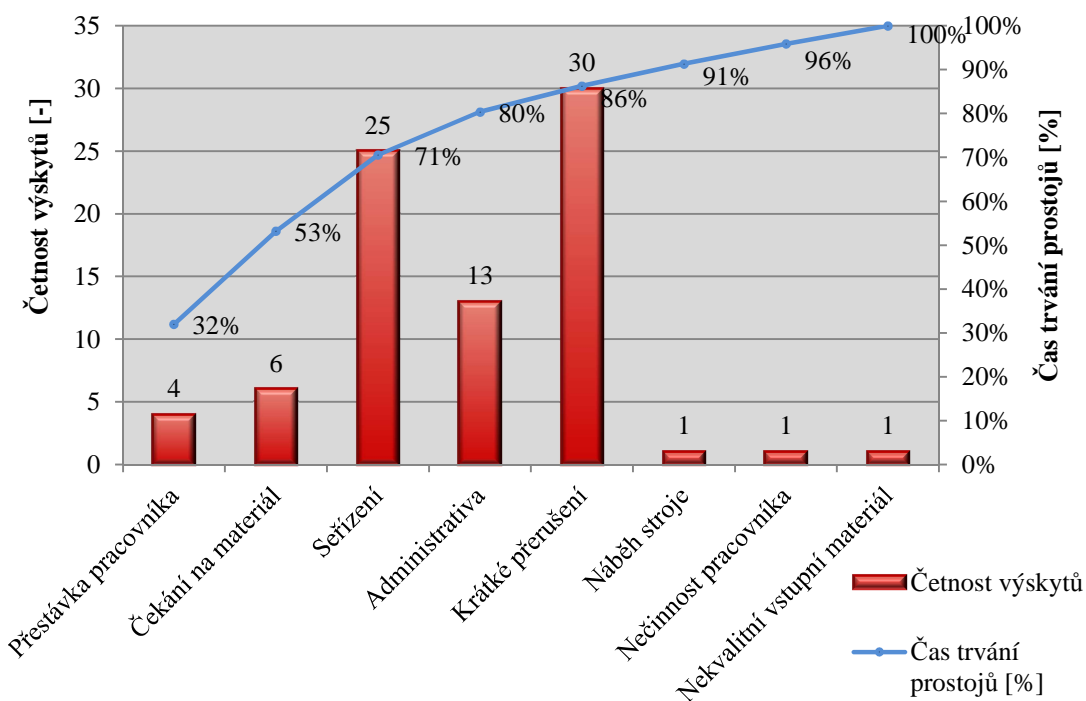


Obr. 42 Rozdělení prostojů na laseru za 2 směny.

Pro rozdělení prostojů byla použita Paretova analýza. Tento nástroj je vhodný využít pro záznamy prostojů o několika desítkách položek kvůli zacílení na ty s největším dopadem. Následně je možné se zaměřit pouze na důležité skutečnosti, které nejvíce ovlivnily běh stroje. Zacílením na tyto činnosti podle pravidla 80/20 je možné odstranit 80 % prostojů odstraněním 20 % činností důležitých činností. V níže uvedené tab. 4 jsou zobrazena výchozí data pro vytvoření Paretova diagramu. Četnosti jednotlivých prostojů jsou pro názornost zobrazeny v Paretově diagramu obr. 43.

Tab. 4 Výchozí data prostojů na laseru pro tvorbu Paretova diagramu.

Kategorie prostoje	Čas prostoje [min]	Četnost výskytů [-]	Počet výskytů prostoje [%]	Doba trvání prostojů [%]
<b>Přestávka pracovníka</b>	1:10:00	4	32%	32%
<b>Čekání na materiál</b>	0:46:30	6	21%	53%
<b>Seřízení</b>	0:38:00	25	17%	71%
<b>Administrativa</b>	0:21:30	13	10%	80%
<b>Krátké přerušení</b>	0:13:00	30	6%	86%
<b>Náběh stroje</b>	0:11:00	1	5%	91%
<b>Nečinnost pracovníka</b>	0:10:00	1	5%	96%
<b>Nekvalitní vstupní materiál</b>	0:09:00	1	4%	100%
$\Sigma$	3:39:00	-	100%	-



Obr. 43 Paretova analýza prostojů laseru za 2 směny.

### 6.2.2 Skupina vysekávacích lisů

V této skupině jsou 3 vysekávací lisy TruePunch 5000 a jeden vysekávací lis kombinovaný s laserovou hlavou TruePunch Combi obr. 44. Stroje patří do skupiny velmi rychlých děrovacích strojů. Vysekávací lisy nejsou vybaveny dalším přídavným zařízením, kromě světelné závory. Každý vysekávací lis má k dispozici vlastní posuvný stůl a skříň s nářadím. Stroje jsou schopny pracovat s běžně používanými materiály v TVD. Dále jsou na strojích zpracovány spíše plechy menší tloušťky (do 3 mm), avšak výrobce udává schopnost vysekávání až do tloušťky 8 mm.



Obr. 44 Vysekávací lis TruePunch 5000 [34].

### Popis práce na vysekávacích lisech

Snímek pracovního dne napomohl k lepšímu porozumění práce na tomto stroji. V rámci skupiny vysekávacích lisů obsluhuje stroj vždy jeden operátor, ale nástroje jsou předchystány seřizovačem. Úkolem seřizovače je vychystávání potřebných nástrojů a jejich naostření pro další zakázku u všech čtyř vysekávacích lisů.

Náběhy ranní směny proběhly bez prostojů. Nástroje byly již předchystány seřizovačem. Předchystání spočívá ve výměně matric upnutých ve stroji za matrice potřebné pro následující zakázku. Operátor následně načte program, který před zahájením činnosti automaticky překontroluje správnost umístění nástrojů. Následně operátor zapíše zakázku do systému pomocí odváděcího terminálu. V mezích je naveden materiál skladníkem. Operátor odebere plech z palety umístěný na podstavcích a upne jej do stroje. Operátorem je zahájena činnost stroje. Po dokončení zpracování plechu je plech operátorem odebrán a přemístěn na posuvný stůl. Kusy jsou vyjmuty z plechu v překrytém čase, kdy je zpracováván následující plech. Jakmile je dokončena celá zakázka, je operátor povinen zapsat ukončení výroby zakázky do odváděcího terminálu. Prostor pracoviště je zachycen na obr. 45 a špagetový diagram pohybu pracovníka je znázorněn na obr. 46

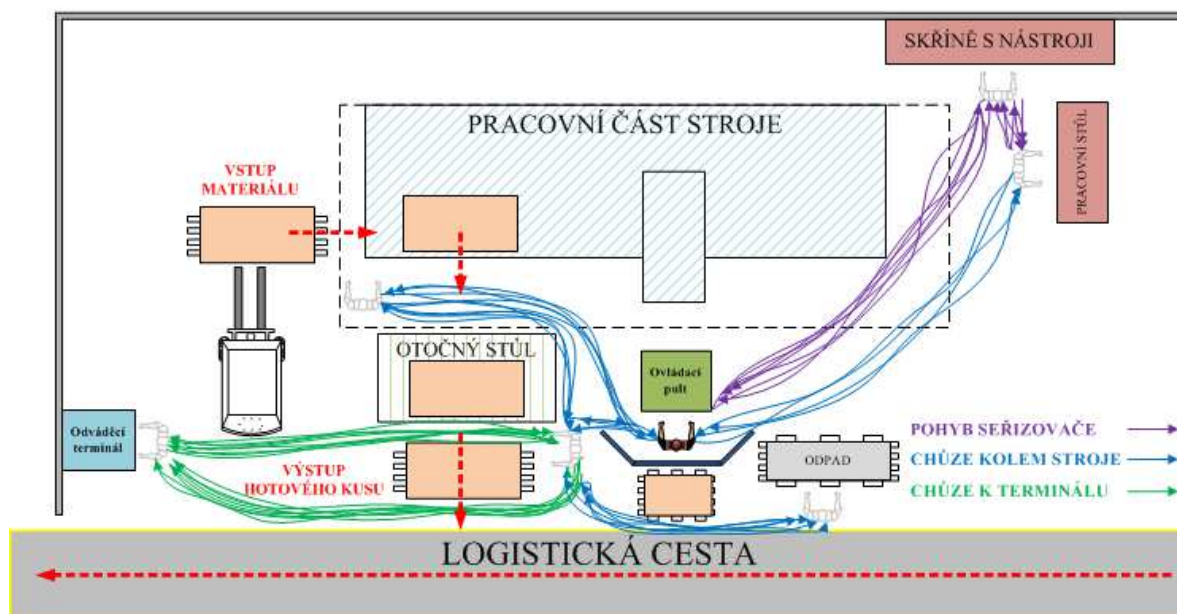


Obr. 45 Pracoviště s vysekávacím lisem.

### Analýza pohybu operátora vysekávacího lisu

Ve špagetovém diagramu jsou znázorněny tři nejčastější pohyby na pracovišti. Modrá čára znázorňuje pohyb operátora a zelená jeho pohyb při přemístění k odváděcímu terminálu. Fialovou čarou je zachycen pohyb seřizovače.

Operátor se nejvíce pohyboval při výměně plechů a vynesení odpadu nevyužitých zbytků plechu. Nejvíce vzdáleným místem pro operátora je odváděcí terminál. Pracoviště je logicky uspořádáno a operátor nebyl nucen hledat jakékoliv nástroje nebo přípravky. Pohyb seřizovače na pracovišti spočíval pouze ve výměně nástrojů a studiem dokumentace, která je umístěna v prostoru ovládacího pultu operátora. Ve snímku je znázorněn pohyb seřizovače pouze po jednom obsluhovaném pracovišti.



Obr. 46 Špagetový diagram pohybu operátora u vysekávacího lisu.

Vzdálenost odváděcího terminálu od vysekávacího lisu je výrazně kratší než u laseru. Operátor přesto ujde 22,5 metrů při chůzi k terminálu a zpět. Pracoviště je vhodně konstrukčně uspořádáno. Operátor není nucen se výrazně vzdalovat od pracoviště. Další data jsou uvedena v tab. 5.

Tab. 5 Pohyb operátora vysekávacího lisu.

Vysekávací lis				
Pohyb	Vzdálenost [m]	Četnost	Vzdálenost celkem [m]	Čas [min]
Kolem stroje	37,5	10	375	5,0
Chůze k terminálu	45	10	450	5,8
$\Sigma$	-	-	825	10,8

### Analýza prostojů na pracovišti vysekávacího lisu

Činnosti, kterými se operátor nejvíce zabýval, jsou znázorněny v grafu na obr. 47 a jsou vztaheny na dvě pracovní směny. Všechny znázorněné činnosti kromě chodu stroje jsou určitým druhem ztrát. Přestávka pracovníka je však ztráta, kterou nelze ovlivnit.

Obecně lze ztráty na vysekávacím lisu rozdělit do čtyř hlavních skupin:

- **Seřízení**

Největší procentuální podíl času směny je zaviněn seřízením. Je dáno součtem činností, které jsou spojeny s uvolněním prvního standardního kusu do výroby. Je zde zahrnuta výměna matic, kontrola rozměrů a načtení programu.

- **Administrativa**

Zde je možné zařadit výše zmíněné činnosti jako např. načtení zakázky do systému, ukončení zakázky, vyplnění mzdových lístků, atd. Bylo zaznamenáno 11 výskytů odvedení a zahájení zakázek. Přestože počet zpracovaných zakázek je vyšší.

- **Čekání a zbytečná činnost**

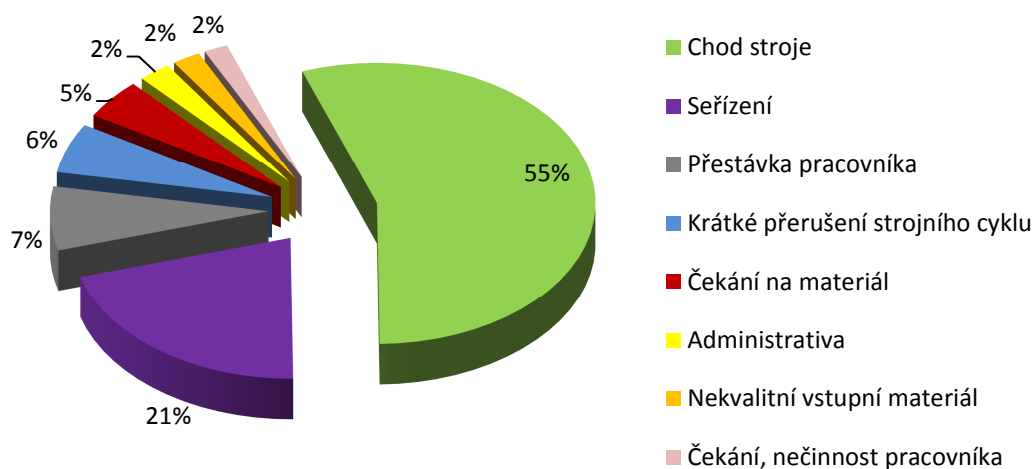
Hlavní zástupce této kategorie prostojů je čekání na materiál. Počet výskytů při čekání na materiál je mnohem častější než ztráty způsobené jiným druhem čekání nebo nečinností. Obecně do dané kategorie spadá jakékoliv čekání či nečinnost pracovníka (např. čekání na pokyny, nepřidělená práce). Zbytečná manipulace zahrnuje všechny aktivity, které nejsou nezbytně nutné, aby je prováděl operátor. Faktor dostupnosti je negativně ovlivněn čekáním a vykonáváním zbytečných činností operátora.

- **Nekvalitní vstupní materiál**

Zvláštním prostojem je nekvalitní materiál. Jedná se o prostoj nezaviněný operátorem, ale skladníkem, který dovezl nekvalitní materiál. Dovezený vstupní materiál měl jiné rozměry, než byly uvedeny na výkresu. Tento prostoj má charakter čekání, protože po vysekání nekvalitního kusu muselo být sjednáno nápravné opatření (zastřížení plechu na CNC nůžkách). Průběhem zajištění nápravného opatření pracovník čekal na opravu vadného kusu.

- **Krátké přerušení strojního cyklu**

Do skupiny krátkých přerušení je zařazeno každé krátké přerušení stroje do 30ti vteřin. Procentuální časový podíl je 5 %, přesto je četnost tohoto prostoje druhá nejvyšší. Krátké přerušení je u každého stroje rozdílné. Vysekávacích lisů se jedná nejčastěji o zaseknutý kus ve stroji, čekání na vysypání výseků, vizuální kontrola kvality plechu, atd.



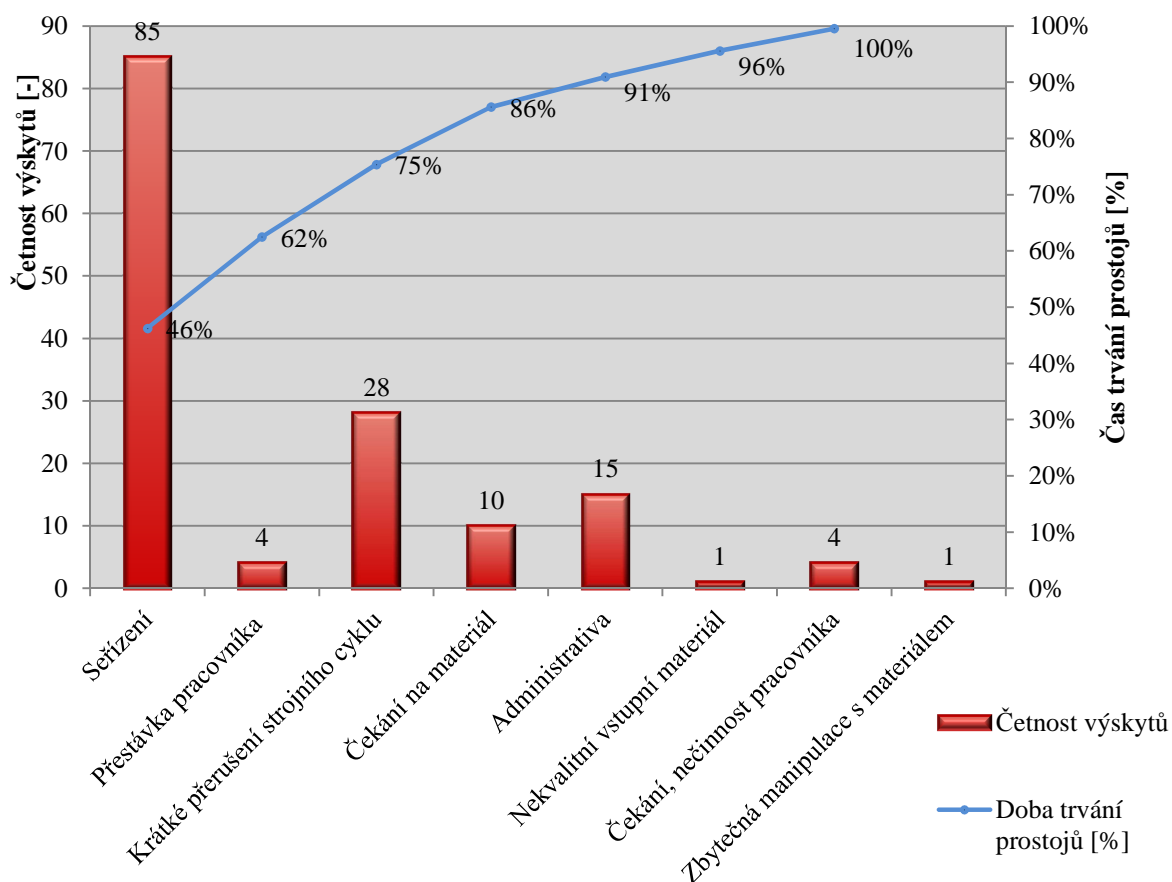
Obr. 47 Rozdělení prostojů na vysekávacím lisu za 2 směny.

V níže uvedené tab. 6 jsou zobrazena výchozí data pro vytvoření Paretova diagramu.

Tab. 6 Výchozí data prostožů na vysekávacím lisu pro tvorbu Paretova diagramu.

Kategorie prostože	Čas prostože [min]	Četnost výskytů [-]	Počet výskytů prostože [%]	Doba trvání prostožů [%]
Seřizení	3:19:00	85	46%	46%
Přestávka pracovníka	1:10:00	4	16%	62%
Krátké přerušení strojního cyklu	0:55:30	28	13%	75%
Čekání na materiál	0:44:00	10	10%	86%
Administrativa	0:23:00	15	5%	91%
Nekvalitní vstupní materiál	0:20:00	1	5%	96%
Čekání, nečinnost pracovníka	0:17:00	4	4%	100%
Zbytečná manipulace s materiálem	0:02:00	1	0%	100%
$\Sigma$	7:10:30	-	100%	-

Četnosti jednotlivých prostožů jsou pro názornost zobrazeny v Paretově diagramu obr. 48.



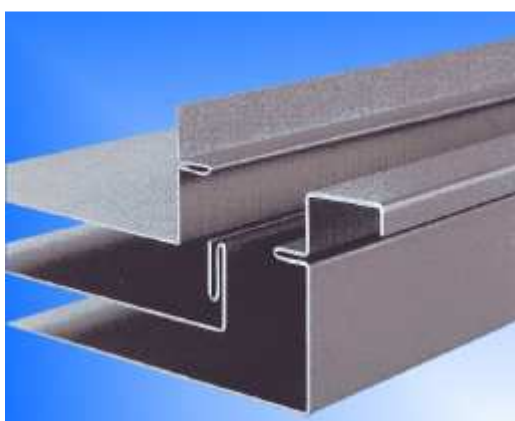
Obr. 48 Paretova analýza prostožů na vysekávacím lisu za 2 směny.

### 6.2.3 Ohýbací centrum

Ohýbací centrum Salvagnini P4X-2725 je zařazeno v samostatné skupině obr 49. Jedná se o numericky řízený automatický stroj pro výrobu dílů z plechových přístřihů. Díky vyspělé technologii je schopen vytvořit velký počet ohybů na každé straně ohýbaného dílu např. obr. 50 a obr. 51. Počet ohybů je limitován výškou dílce. Stroj je vybaven také nástroji pro stříhání, které je možno využít pro zkrácení délky plechu bez nutnosti použití CNC nůžek. Vstupní materiál je automaticky dopraven do pracovního prostoru stroje pomocí podavače. Pro snazší vyjímání plechu je u výstupu stroje hydraulický stůl, na kterém je umístěna paleta s hotovými díly. Maximální zpracovatelná délka přístřihu je 3048 x 1524mm a maximální tloušťka ohýbaných materiálů je 3,2 mm. Pro stříhání materiálu je maximální hodnota tloušťky stanovena výrobcem na 2,3 mm pro nelegovanou ocel a 1,6 mm pro nerezovou ocel. Minimální tloušťka plechu pro ohyb i stříh je 0,5 mm pro všechny materiály [24].



Obr. 49 Ohýbací centrum Salvagnini [35].



Obr. 50 Ukázka ohybu dílů [24].



Obr. 51 Ohnutý na stroji [24].

### Popis práce na ohýbacím centru

Ohýbací centrum je obsluhováno jedním operátorem. Stroj Salvagnini je využíván především pro rozměrově větší díly. Větší díly vyžadují obsluhu dvou pracovníků u ostatních ohraňovacích lisů s CNC řízením, které má firma TVD k dispozici. Nedochozí zde k výměně nástrojů pro jednotlivou zakázku, neboť stroj si nástroje mění automaticky dle potřeby. V podniku TVD jsou pouze dva vyškolení pracovníci pro práci na tomto stroji.

Náběh ranní směny je spojen s uvedením stroje do provozu. Při zapnutí stroje dochází k chodu stroje naprázdno sníženou rychlostí, kdy je zahříván olej na požadovanou hodnotu. V překrytém čase je ke stroji dovezen vstupní materiál, který musí být správně umístěn na paletu. Před zahájením činnosti práce je operátor povinen zahájit zakázku přes odváděcí terminál do systému. Operátor načte program pro zpracování plechu a přesune se k ovládní posuvného stolu. Následně je posuvný stůl i se vstupním materiálem zasunut do prostoru automatického podavače. Plechy jsou automaticky zpracovány v pracovní části stroje. Dále jsou ohnuté plechy dopraveny skluzem až před stůl s hydraulickým zdvihem, kde je operátor přemístí na paletu. Po dokončení zakázky je povinností operátora ukončit vyrobenou zakázku pomocí odváděcího terminálu. Prostor pracoviště je zachycen na obr. 52.

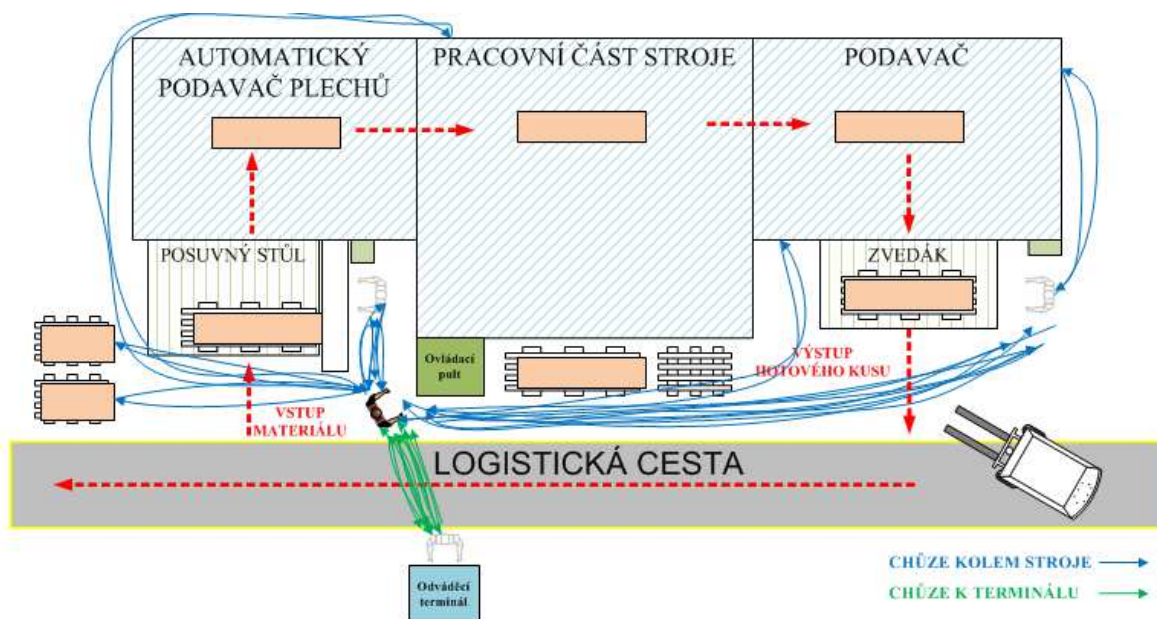


Obr. 52 Pracoviště stroje Salvagnini.

### Analýza pohybu operátora ohýbacího centra

Ve špagetovém diagramu jsou znázorněny pohyby operátora na pracovišti modrou čarou a při odvádění zakázky zelenou čarou.

Operátor se pohyboval především od ovládacího pultu stroje k výstupu hotových výrobků. Při každé nové výměně palety se vstupním materiálem musel operátor přejít k ovládacímu panelu pro automatické zajištění palety. Pracoviště je uspořádáno podle konstrukčního hlediska. Při jakékoliv změně parametrů je nutné ujít velkou vzdálenost od zvedáku až k ovládacímu panelu. Špagetový diagram pohybu pracovníka je znázorněn na obr. 53.



Obr. 53 Špagetový diagram pohybu operátora ohýbacího centra.

Vzdálenost odváděcího terminálu je nejkratší ve srovnání s ostatními stroji. Tato vzdálenost od ovládacího pultu k terminálu a zpět je 10 metrů. Z tabulky je zřejmé, jak se projeví zkrácení vzdálenosti nutné pro odepsání zakázky na podílu času stráveného chůzí. Podrobnější informace jsou uvedeny v tab. 7.

Tab. 7 Pohyb operátora ohýbacího centra.

Ohýbací centrum				
Pohyb	Vzdálenost [m]	Četnost	Vzdálenost celkem [m]	Čas [min]
Kolem stroje	37,5	20	750	5,0
Chůze k terminálu	21	10	210	2,6
$\Sigma$	-	-	960	7,7

### Analýza prostojů na pracovišti ohýbacího centra

Ztráty dostupnosti jsou u všech strojů velmi podobné kromě ztrát výkonu, které jsou rozdílné pro všechny stroje. Hlavní kategorie ztrát na ohýbacím centru Salvagnini lze rozdělit do následujících skupin:

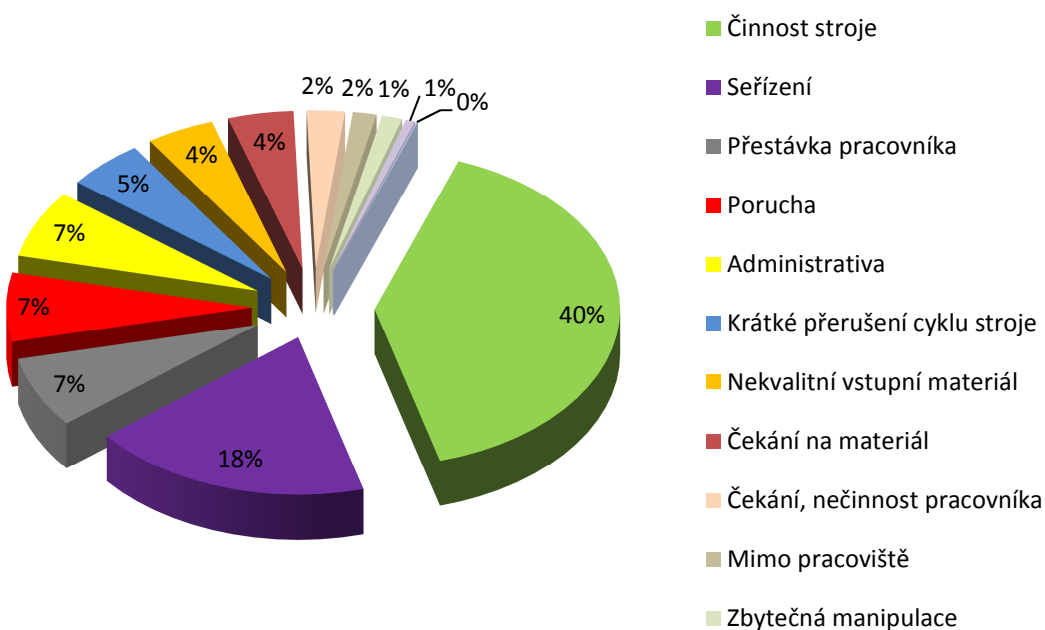
- **Seřízení**

Je zde zahrnuto načtení programu, kontrola rozměrů, výroba prvního kusu, úprava programu, výroba druhého kusu. Je dáno součtem činností, které jsou spojeny s uvolněním prvního standardního kusu do výroby. Zde není seřízení spojeno s výměnou nástrojů, protože nástroje jsou automaticky vyměňovány strojem.

- **Čekání na materiál**

Čekání na materiál je společně s nečinností pracovníka zastoupen vyšším počtem výskytů. U ohýbacího centra byl zaznamenán stejně jako u předchozího stroje nekvalitní vstupní materiál s jinými rozměry přístříhu a pokřiveným povrchem.

Činnosti, kterými se operátor převážně zabýval, jsou znázorněny v grafu obr. 54.

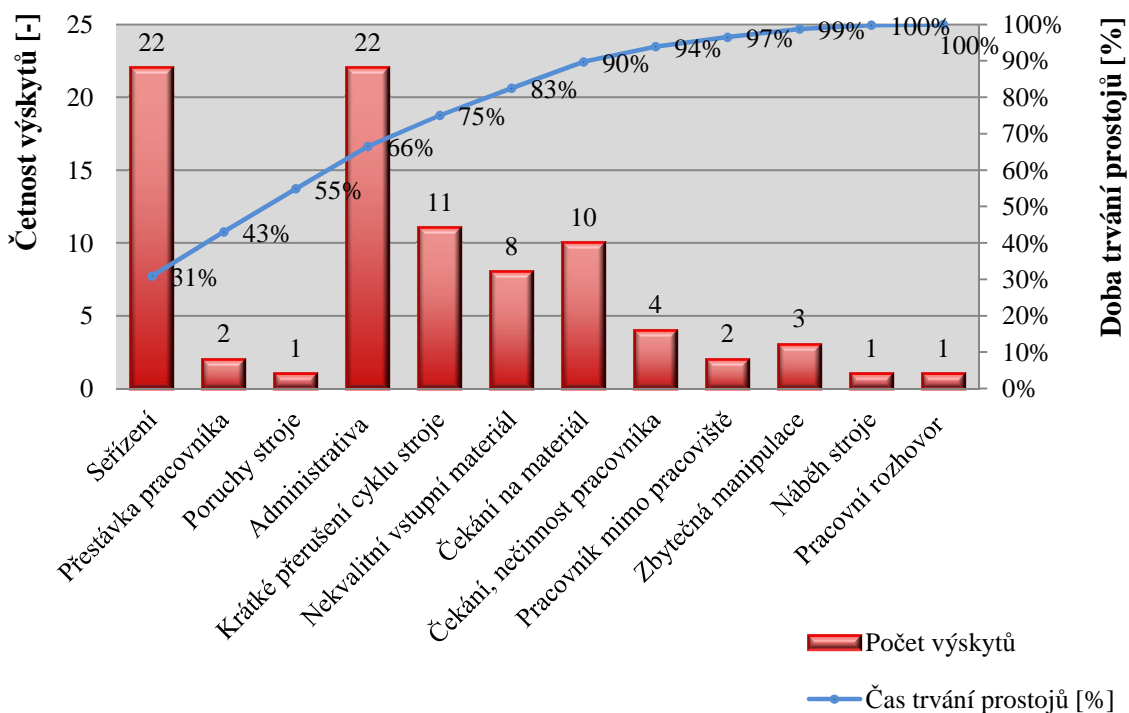


Obr. 54 Rozdělení prostojů ohýbací centrum za 2 směny.

V níže uvedené tab. 8 jsou zobrazena výchozí data pro vytvoření Paretova diagramu. Četnosti jednotlivých prostojů jsou pro názornost zobrazeny na obr. 55.

Tab. 8 Výchozí data prostojů na ohýbacím centru pro tvorbu Paretova diagramu u.

Kategorie prostoje	Čas prostoje [min]	Četnost výskytů [-]	Počet výskytů prostoje [%]	Doba trvání prostojů [%]
Seřízení	2:57:30	22	31%	31%
Přestávka pracovníka	1:10:00	2	12%	43%
Poruchy stroje	1:08:00	1	12%	55%
Administrativa	1:06:30	22	12%	66%
Krátké přerušení cyklu stroje	0:49:00	11	9%	75%
Nekvalitní vstupní materiál	0:43:00	8	7%	83%
Čekání na materiál	0:41:30	10	7%	90%
Čekání, nečinnost pracovníka	0:24:00	4	4%	94%
Pracovník mimo pracoviště	0:15:00	2	3%	97%
Zbytečná manipulace	0:13:00	3	2%	99%
Náběh stroje	0:06:00	1	1%	100%
Pracovní rozhovor	0:01:00	1	0%	100%
Σ	9:34:30	-	100%	-



Obr. 55 Paretova analýza prostožů na ohýbacím centru za 2 směny.

### 6.3 Analýza údržbářských činností v TVD

Údržbářský tým v TVD je složen z pěti profesionálních údržbářů. Hlavní náplň výkonu práce je pravidelná údržba všech strožů po určitém časovém období, tvorba standardů pro samostatnou údržbu a včasné zásahy při poruše stroje. Ve firmě je zaveden koncept údržby až po vzniklé poruše. Údržba není obeznámena s principy TPM ani se způsobem zaznamenávání poruch pro výpočet MTBF a MTTR, kterými je možno sledovat účinnost prováděné údržby na jednotlivých strožích.

Salvagnini 2013

### Záznam poruchy stroje

Datum	Os. číslo	Porucha stroje	Podpis
11.1	30070	Výměna recirkulačního filtru	[Podpis]
21.1		Kontrola a doplnění akumulátorů.	[Podpis]
21.2.	20022	oprava podtlakového čerpadla (výměna)	[Podpis]
11.3	20010	oprava dotazového podavače	[Podpis]

Obr. 56 Formulář záznamu poruch ze stroje Salvagnini.

Standardy údržby jsou umístěny u jednotlivých strojů, kde je uveden seznam činností, které je operátor povinen provádět ve stanovených intervalech. U stroje jsou také umístěny formuláře, ve kterých jsou zaznamenány všechny poruchy stroje. Tyto formuláře jsou údržbáři kontrolovány a archivovány. Dále se s těmito formuláři nijak npracuje. Ukázka formuláře záznamu poruch na obr. 56. a standardu čištění je uvedena na obr. 57.

**DENNÍ ÚDRŽBA**  
SALVAGNINI

Údržba se provádí před započítím směny a je prováděna obsluhou stroje!!!

Měsíc :	1. Ujistit se, že neprobíhá údržba.	2. Zkontrolovat tlak vzduchu a nádobku na kondenzát. (5 až 5,5 bar)	3. Nejsou viditelné žádné zjevné úniky oleje.	4. Nejsou viditelné žádné zjevné úniky vody.	5. Nejsou viditelné žádné zjevné úniky vzduchu.	6. Zkontrolovat uzavření dveří ohrad a rozvad, skříní.	7. Zjistit poslechem činnost čerpadel a hydraul. motorů a stav pás. doprav.	8. Na začátku prac. činnosti provést několik cyklů naprázdno.	Os.č., podpis
1.	+	+	+	+	+	+	+	+	SC082
2.	+	+	+	+	+	+	+	+	SC082

Obr. 57 Formulář standardu denní údržby ze stroje Salvagnini.

### 6.3.1 Údržba strojů v TVD

Údržba stroje je nedílnou součástí bezporuchového chodu stroje. Doba strávená údržbou ovlivňuje hodnotu dostupnosti při výpočtu CEZ. Pravidelnou údržbou je také možné odhalit vznik vážnějších poruch stroje a tím výrazně snížit riziko nákladné poruchy. Údržba ve firmě TVD je rozdělena následujících druhů:

#### Údržba denní

Každodenní údržba, která je prováděna operátorem před zahájením směny. Jedná se zpravidla pouze o kontrolu stavu jednotlivých částí nebo vyčištění určitých částí stroje. Je zde také zahrnut úklid pracoviště před předáním směny.

#### Údržba týdenní

Tato údržba je prováděna operátorem ve stanovený den. Stroj po dobu probíhající údržby npracuje. Četnost údržby není upravena při zvýšení směnnosti. Délka trvání údržby a den provádění je rozdílný pro každý stroj. Týdenní údržba je rozdělena vždy střídavě do různých dní z důvodu funkčnosti alespoň jednoho stroje ze skupiny. Při průběhu týdenní údržby není naplánována výroba pro daný stroj.

### Čtvrtletní údržba

V podniku je zavedena také čtvrtletní údržba strojních zařízení. Tato údržba je prováděna údržbáři podle počtu hodin provozu stroje. Při čtvrtletní údržbě není brán zřetel na občasné zvýšení směnnosti během daného intervalu. Údržba jednotlivých částí stroje je převzata z technických manuálů dodávaných ke stroji. Tato údržba nemá stanoven časový rámec činností, které je nutné na stroji vykonat.

### Kontrola provedené údržby

Nedílnou součástí provedené údržby je kontrola všech požadovaných činností. Formulář o provedení všech požadovaných činností údržby stroje je vyplněn operátorem. Denní i týdenní údržba strojů je kontrolována vždy na konci směny. Správnost a pečlivost údržby je kontrolována údržbáři, kteří tento fakt stvrdí podpisem ve formuláři. V závislosti na kvalitě provedené údržby jsou rozdávány finanční odměny pro operátory. Čtvrtletní údržba prováděna samotnými údržbáři není dále kontrolována.



Obr. 58 Příprava matic pro seřízení.

#### 6.4 Nalezení jednotlivých typů prostožů u vybraných strožů

Na základě provedených analýz byly vypořozovány níže uvedené prostože, které jakkoliv ovlivnily chod stroje. Prostože jsou rozděleny do skupin podle faktorů, které ovlivňují při výpočtu výsledné hodnoty CEZ. Jsou zde zařazeny častěji opakující se prostože s delším časovým trváním tab. 9.

Tab. 9 Zaznamenané prostože.

Kategorie 6-ti velkých ztrát	Faktor CEZ	Přiklady ztrát na základě analýzy	Laser	Vysekávací lis	Ohýbací centrum
<b>Poruchy, nastavení-přestavení stroje</b>	<b>Dostupnost</b>	Administrativa	x	x	x
		Čekání na materiál	x	x	x
		Čekání na pracovníka	x	x	x
		Seřizení	x	x	x
		Nekvalitní vstupní materiál	x	x	x
		Chybějící program ve stroji	x	x	x
		Tvorba programu na stroji			x
<b>Krátké přerušení stroje, snížená rychlost stroje</b>	<b>Výkon</b>	Čekání na vysypání výseků		x	
		Krátké přerušení cyklu	x	x	x
		Chybně nasátý plech			x
		Chybné rozměry přířezu		x	x
		Chybné upnutí plechu		x	x
		Zaseknutý díl ve stroji		x	x
		Redukce rychlosti	x	x	x
		Opotřebenění nástrojů		x	
<b>Náběh-přepřacování výrobků</b>	<b>Kvalita</b>	Chybně nastavený program			x
		Přepřacování výrobku		x	
		Poškrábaný povrch plechu	x	x	x
		Nenabroušené nástroje		x	

#### 6.5 Návrh stanovení výpočtu CEZ a CEPZ pro potřeby podniku

Výpočet celkové efektivity zařízení je rozdílný pro každou skupinu strožů. Významný rozdíl je ve stanovení faktoru výkonu stroje. To je dáno použitím programu JetCam. Na plechu je pokaždé rozložen jiný počet dílů a plánovaný čas zpracování je uveden na tabuli plechu. Zakázky jsou takto zaplánované na skupiny laserů i vysekávacích lisů. Pro programy na ohýbací centrum nejsou zpracovány v JetCamu, tudíž je normován čas na kus. Normy pro ohýbací centrum jsou však chybně stanoveny a výsledná hodnota efektivity je značně ovlivněna.

### Výpočet dostupnosti

Výpočet dostupnosti je obdobný pro všechny stroje (laser, vysekávací lis, ohýbací centrum). Nejprve je nutné stanovit plánovanou dobu výroby. Není počítáno s dobou, kdy je podnik zavřen a kdy není naplánována výroba. Do nenaplánované výroby jsou zařazeny tyto činnosti:

- přestávky,
- školení,
- pravidelná údržba stroje,
- úklid kolem strojů.

Odečtem prostojů od doby naplánované výroby je získán provozní čas výroby. Prostoje, jež jsou zahrnuty do výpočtu dle vztahu (9), který je poté dosazen do vztahu (10), jsou:

- seřízení,
- administrativa,
- čekání na materiál/ pracovníka,
- poruchy,
- nekvalitní vstupní materiál (úpravy vstupního materiálu, které jsou s ním spojeny),
- výpadek elektrické energie.

$$\text{Provozní čas výroby} = \text{Plánovaný čas výroby} - \text{prostoje} \quad (9)$$

$$\text{Dostupnost} = \frac{\text{Provozní čas výroby}}{\text{Naplánovaná doba výroby}} \quad (10)$$

### Výpočet výkonu

Faktor výkonu pro lasery a vysekávací lisy je vypočten tak, že od provozního času výroby jsou odečteny ztráty výkonu zařízení. Do této kategorie jsou zařazeny jakékoliv krátké přerušení chodu stroje včetně „mikroprostoje“. Krátké přerušení pro jednotlivé skupiny strojů jsou:

- mikroprostoje (5- 30 vteřin),
- chybně upnutý plech,
- vizuální kontrola kvality povrchu plechu,
- zaseknutý díl ve stroji,
- redukce rychlosti v závislosti na druhu plechu,
- opotřebení nástrojů.

Výsledkem po odečtení výkonových ztrát od provozního času výroby je čistý provozní čas výroby dle vztahu (11). Poté je provozní čas výroby podělen celkovou dobou programu podle normy na jeden zpracovaný plech. Výkon je počítán dle vztahu (12).

$$\text{Čistý provozní čas} = \text{Provozní čas výroby} - \text{krátké přerušení} \quad (11)$$

$$\text{Výkon} = \frac{\text{Čistý provozní čas}}{\text{Celková doba programu dle normy}} \quad (12)$$

Výpočet faktoru ohýbacího centra je odlišný, protože je možné stanovit normu na jeden kus. Nejprve je stanoven ideální cyklus výroby, kde je počet vyrobených kusů podělen celkovou dobou programu podle normy dle vztahu (13). Následně je výkon stanoven jako podíl vyrobených kusů ku čistému provoznímu času, který je podělen ideálním cyklem výroby dle vztahu (14).

$$\text{Ideální cyklus} = \frac{\text{Počet vyrobených kusů}}{\text{Celková doba programu dle normy}} \quad (13)$$

$$\text{Výkon} = \frac{\left( \frac{\text{Počet vyrobených kusů}}{\text{Čistý provozní čas}} \right)}{\text{Ideální cyklus}} \quad (14)$$

### **Výpočet kvality**

Faktor kvality je společný pro všechny skupiny strojů. Je stanoven jako podíl kvalitních kusů ku celkovému počtu kusů. Počet kvalitních kusů je dán rozdílem celkového počtu vyrobených kusů a počtu vadných kusů dle vztahu (15). Kvalita je dána vztahem (16).

$$\text{Kvalitní kusy} = \text{Celkový počet kvalitních kusů} - \text{vadné kusy} \quad (15)$$

$$\text{Kvalita} = \frac{\text{Počet kvalitních kusů}}{\text{Celkový počet kusů}} \quad (16)$$

### Výpočet celkové efektivity zařízení

Celková efektivita zařízení je dána násobkem dostupnosti, výkonem a kvalitou dle (17). Ukazatel CEZ bude v podniku sledován jak na směnu, tak na jednotlivou zakázku. Díky tomu je možné odhalit možné problémy s určitými zakázkami.

$$CEZ = \text{Dostupnost} \cdot \text{Výkon} \cdot \text{Kvalita} \quad (17)$$

### Výpočet celkové efektivní produktivity zařízení

Tento ukazatel může být ovlivněn managementem firmy a obchodním oddělením. Je počítán na maximální možné využití strojů, tedy 24 hodin denně a 7 dní v týdnu dle vztahů (18) a (19). Tyto prostoje jsou nástrojem sledování pro vedení podniku, které je schopno vyvinout tlak na redukci těchto nezbytných prostojů. Při maximálním zatížení strojů je však od provozního času podniku nutno odečíst čas nezbytných činností např. pravidelnou údržbu.

$$\text{Provozní doba podniku} = (24\text{hod} \cdot 7\text{dní}) - \text{nezbytné činnosti} \quad (18)$$

$$CEPZ = \frac{\text{Provozní doba podniku} - (\text{nevýrobní směny})}{24\text{hodin denně} \cdot 7\text{dní v týdnu}} \times CEZ \quad (19)$$

## 6.6 Vyhodnocení provedených analýz

V této části jsou shrnuty poznatky ze všech provedených analýz, které byly provedeny během zpracování diplomové práce. Výsledkem snímkování na pracovišti je stanovení ukazatele CEZ a určení postupu výpočtu tohoto ukazatele.

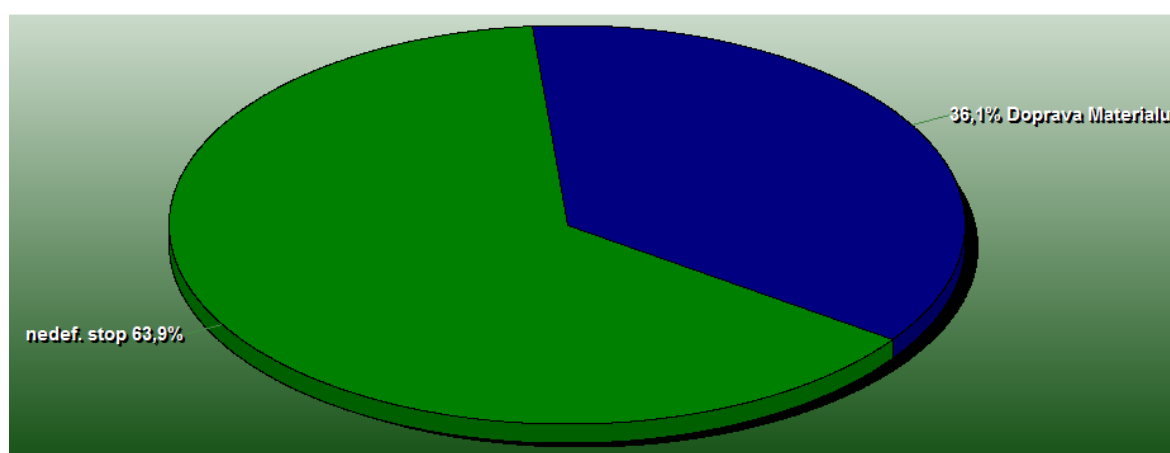
Vzniklé prostoje u stroje byly rozčleněny podle faktorů tak, jak ovlivňují výslednou hodnotu CEZ. Nízké hodnoty jednotlivých faktorů udávají jasný pohled, kam se zaměřit pro eliminaci nebo redukci prostojů. Zaznamenané prostoje a jejich četnosti jsou uvedeny v předchozí kapitole analýza pracovišť. V této kapitole budou prostoje podrobněji rozebrány, vyhodnoceny a pro každý stroj bude vypočtena hodnota CEZ. Na základě těchto pozorování bude navrženo zlepšení stávající situace pro výrobní zařízení včetně ostatních činností s nimi spojených. Vyhodnocení jednotlivých analýz jsou uvedeny níže.

### 6.6.1 Situace ve výrobní hale

Prvkem, který nyní slouží managementu ve firmě TVD pro sledování výroby, je software PSM. Jsou sledovány hodnoty při chodu stroje a jeho nečinnosti. Také jsou zaznamenávány zapnutí a vypnutí stroje. Chybí detailnější údaje o prostojích. Systém sledování strojů s přednastavenými hodnotami prostojů není v současnosti operátory příliš využíván kvůli tomu, že není správně nastaven ani pochopen.

Přednastavené hodnoty jsou často nedostačující. Prostoje, které nejsou definovány v systému, jsou nahrazeny jedním z přednastavených prostoje, i přestože vůbec nenastal. Odvedená data do systému pro sledování strojů jsou tak často značně zkreslena. Další zkreslení dat operátory dochází při zapomenutí zapsání prostoje při výkonu jiné činnosti. V jiném případě dochází například k zaznamenání prostoje z důvodu „čekání na materiál“. Po navezení materiálu zahájil operátor činnost stroje, ale nezrušil původně zadaný prostoje v systému „čekání na materiál“, tím dochází k dalšímu zkreslení dat.

Systém pro sledování strojů není uzpůsoben tomu, aby odhalil „mikroprostoje“, které se často vyskytly. Rozdělení přednastavených prostoje v programu PSM je znázorněn na obr. 59. Naměřené hodnoty z programu PSM jsou uvedeny v tab. 10.



Obr. 59 Rozdělení prostoje ze systému PSM na stroji Laser I.

Tab. 10 Časové vyhodnocení prostoje na stroji Laser I z programu PSM.

Poplach	Start	Konec	Délka
neodef. stop	6:18:01	6:21:15	3,2
neodef. stop	6:30:17	6:34:46	4,5
neodef. stop	7:31:36	7:45:38	14
Doprava Materialu	7:46:36	7:59:53	13,3
Doprava Materialu	8:47:43	9:00:45	13
Doprava Materialu	10:03:05	10:14:51	11,8
neodef. stop	10:47:37	10:51:37	4
neodef. stop	11:09:53	11:28:09	18,3
neodef. stop	12:56:48	13:03:47	7
neodef. stop	13:40:35	13:56:51	16,3

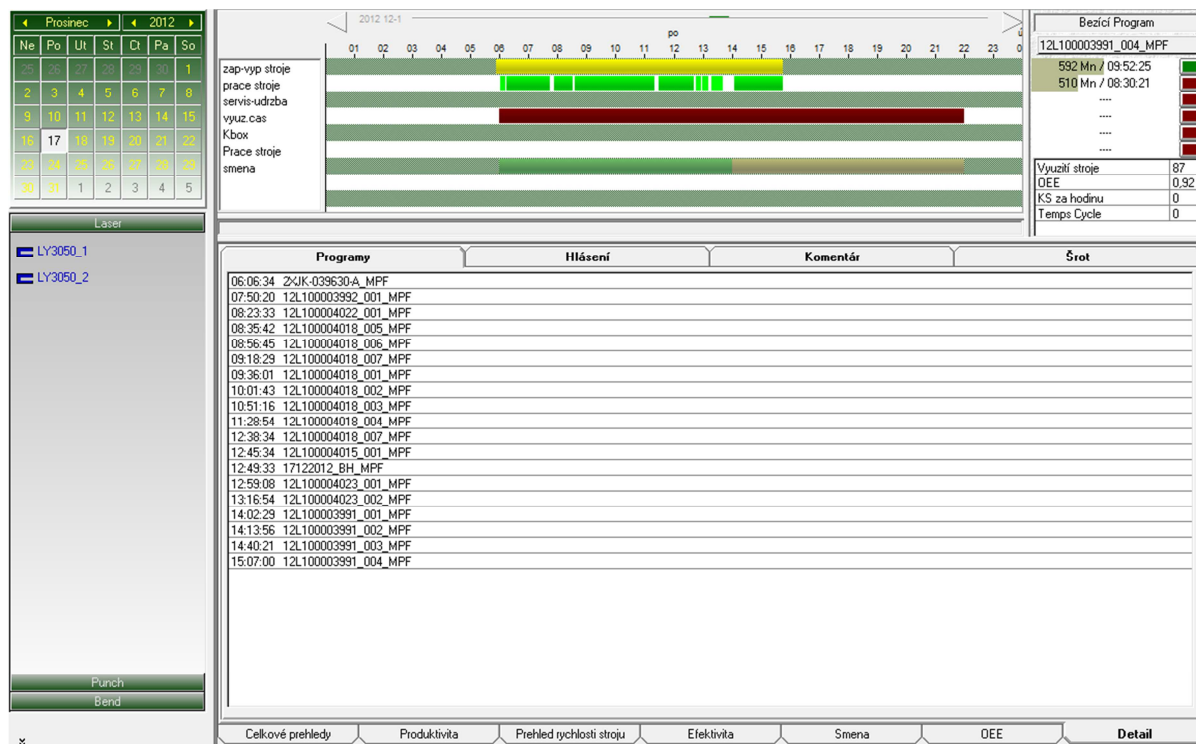
Zkreslená data jsou následně k dispozici plánovačům výroby, výrobním mistrům a vedoucímu výroby prostřednictvím počítačového programu v kancelářích obr. 60. Zaznamenaná data již nejsou schopni přesně adresovat k nastalým prostoje. Prostředí programu je velmi nepřehledné a není na první pohled zřejmé, jak pracují výrobní zařízení. Práci s programem také stěžuje to, že není možné zjistit kolik je vyrobeno kusů na stroji, jak dlouho měla zakázka trvat v porovnání se skutečným časem. Postup výpočtu CEZ i CEPZ není znám a hodnoty zaznamenané programem jsou rozdílné s hodnotami ručně naměřenými.

Výstupní data nejsou ve výsledku využívána pro plánování výroby ani pro řešení vzniklých prostojů na pracovišti. Mezi zaznamenanými výsledky a aktuálním stavem chodu stroje není vytvořena žádná souvislost, která pracovníky motivuje k pozornějšímu vnímání vzniklých prostojů. Nízká motivace operátorů záznamu dat je dána neznalostí důvodu sběru dat a jejich vyhodnocování. Tento fakt je ovlivněn absencí okamžité zpětné vazby systému pro operátora. Při záznamu jiných prostojů než které opravdu vznikly, není možné zjistit skutečné příčiny vznik. Za daných podmínek současného stavu programu sledování výroby není možné efektivně zvýšit produktivitu pouze sledováním výstupů softwaru bez cílených nápravných opatření.

Další důležitý prvek pro sledování výroby je vizualizace výkonu výrobních strojů. Výsledné hodnoty CEZ jsou vizualizovány na pracovištích až s měsíčním zpožděním. Produktivitu strojních zařízení je možné sledovat pouze prostřednictvím programu v kancelářích, ale nikoliv přímo ve výrobní hale. V současnosti není zřejmé, zda daný stroj pracuje, čeká na materiál, probíhá údržba nebo má stroj poruchu.

Vstupní materiál je navážen k jednotlivým strojům skladníkem po domluvě s operátorem. Při vzniklé poruše na stroji je operátor nucen vyhledat údržbáře, který je schopen závadu odstranit. Hledání údržbáře prodlužuje celkovou dobu opravy.

Ve výrobní hale je možné se setkat se situací, kdy je operátor nucen čekat na odvedení zakázky jiného operátora. Terminály jsou od některých strojů více vzdáleny a samotné odepisování prodlužuje dobu zpracování zakázky.



Obr. 60 Uživatelské prostředí programu sledování výroby.

### 6.6.2 Pracoviště laseru

Po provedení analýz byla získána data pro sestavení níže uvedených tab. 11 a tab. 12. Vypozorované prostoje a jejich časové trvání tvoří pouze jednu položku výpočtu celkové efektivity zařízení. Princip výpočtu je uveden výše v kapitole 6.5.

Tab. 11 Zaznamenané prostoje laseru.

Prostoj	1. měření čas [hod]	2. měření čas [hod]	Σ měření [hod]
Čekání na materiál	0:42:30	0:04:00	0:46:30
Seřízení	0:31:30	0:06:30	0:38:00
Administrativa	0:15:00	0:06:30	0:21:30
Nečinnost pracovníka	0:10:00	-	0:10:00
Nekvalitní vstupní materiál	0:09:00	-	0:09:00
Krátké přerušení	0:07:00	0:06:00	0:13:00
Náběh stroje	-	0:11:00	0:11:00
Σ	1:55:00	0:34:00	2:29:00

Tab. 12 Data pro výpočet CEZ laseru.

Data pro výpočet CEZ		1. měření	2. měření	Σ měření
Směna	hod	8:00:00	8:00:00	16:00:00
Prostoje	hod	1:55:00	0:34:00	2:29:00
Přestávky	hod	0:35:00	0:35:00	1:10:00
Plánovaná doba výroby	hod	7:25:00	7:25:00	14:50:00
Krátké přerušení cyklu výroby	hod	0:07:00	0:06:00	0:13:00
Doba bez prostojů	hod	5:30:00	6:51:00	12:21:00
Doba bez přerušení	hod	5:23:00	6:45:00	12:08:00
Celková doba programu	hod	4:31:27	5:09:15	9:40:42
Vyroběných kusů	ks	634	418	1052
Vadné kusy	ks	0	0	0

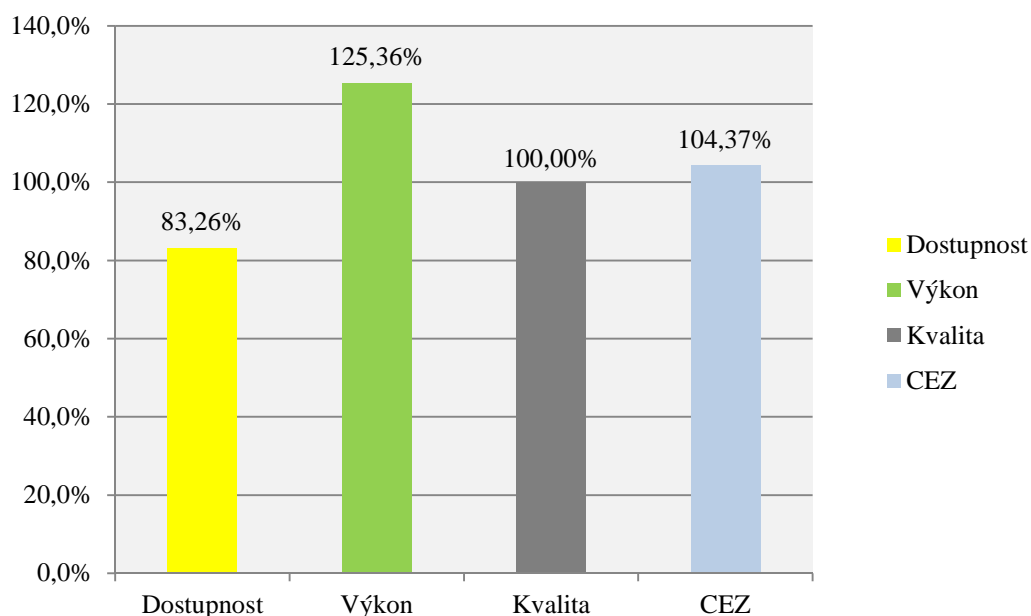
Tab. 13 Data z jednotlivých měření CEZ laseru.

Laser 2	Dostupnost	Výkon	Kvalita	CEZ
1. měření	74%	119%	100%	88%
2. měření	92%	131%	100%	121%
Σ měření	83%	125%	100%	104%

Naměřené hodnoty z obou měření byly sečteny a výsledná efektivita zařízení stanovena pro 2 směny. Výsledky hodnot z provedených měření jsou uvedeny v tab. 13. Vypočtená výsledná hodnota efektivity zařízení je 104 %. Vysoká hodnota ukazatele CEZ je dána nesrovnalostí faktoru výkonu. Hodnota výkonu stroje je 125 %, což je dáno rozdílným strojním časem programového listu a skutečného strojního času. Ve skutečnosti byly zakázky vyrobeny rychleji, než byly původně naplánovány. Faktor dostupnosti dosahoval poměrně vysoké hodnoty, která nebyla významně snížena prostoji. Je to dáno rychlou

výměnou palet a vykonáváním ostatních činností v překrytém čase. Průběhem pozorování nebyl vyroben žádný vadný díl, takže hodnota faktoru kvality je 100 %.

Grafické vyhodnocení celkové efektivity zařízení je v níže znázorněném grafu obr. 61.



Obr. 61 Grafické vyhodnocení hodnot laseru za 2 směny.

### 6.6.3 Pracoviště vysekávacího lisu

Po provedení analýz byla získána data pro sestavení níže uvedených tab. 14 a tab. 15. Vypozorované prostoje a jejich časové trvání tvoří pouze jednu položku výpočtu celkové efektivity zařízení.

Tab. 14 Zaznamenané prostoje vysekávacího lisu.

Prostoj	1. měření čas [hod]	2. měření čas [hod]	Σ měření [hod]
<b>Seřízení</b>	1:49:00	1:30:00	3:19:00
<b>Čekání na materiál</b>	0:37:00	0:07:00	0:44:00
<b>Administrativa- odepisování do systému</b>	0:17:00	0:06:00	0:23:00
<b>Nekvalitní vstupní materiál</b>	0:20:00	-	0:20:00
<b>Čekání, nečinnost pracovníka</b>	0:07:00	0:10:00	0:17:00
<b>Zbytečná manipulace s materiálem</b>	0:02:00	-	0:02:00
Σ	3:12:00	1:53:00	5:05:00

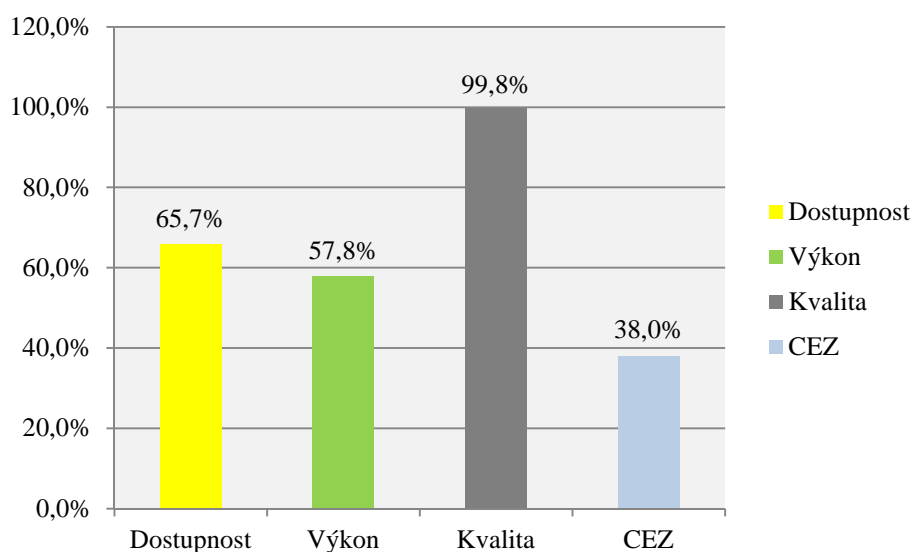
Tab. 15 Data pro výpočet CEZ vysekávacího lisu.

Data pro výpočet CEZ		1. měření	2. měření	Σ měření
Směna	hod	8:00:00	8:00:00	16:00:00
Prostoje	hod	3:12:00	1:53:00	5:05:00
Přestávky	hod	0:35:00	0:35:00	1:10:00
Plánovaná doba výroby	hod	7:25:00	7:25:00	14:50:00
Krátké přerušení cyklu výroby	hod	0:21:30	0:34:00	0:55:30
Doba bez prostojů	hod	4:13:00	5:32:00	9:45:00
Doba bez přerušení	hod	3:51:30	4:58:00	8:49:30
Celková doba programu	hod	7:45:50	7:23:46	15:09:36
Vyrobených kusů	ks	636	539	1175
Vadné kusy	ks	2	0	2

Tab. 16 Data z jednotlivých měření CEZ vysekávacího lisu.

Vysekávací lis	Dostupnost	Výkon	Kvalita	CEZ
1. měření	57%	50%	99,7%	28%
2. měření	75%	67%	100,0%	50%
Σ měření	66%	58%	99,8%	38%

Naměřené hodnoty z obou měření byly sečteny a výsledná efektivita zařízení stanovena pro 2 směny. Výsledky hodnot z provedených měření jsou uvedeny v tab. 16. Vypočtená výsledná hodnota efektivity zařízení je 38 %. Faktor dostupnosti je výrazně snížen velkými prostoji vlivem seřízení a čekání na materiál. Hodnota parametru výkonu je redukována krátkými přerušeními výrobního cyklu. Kvalita vyrobených dílů je vysoká a výroba vadného dílu je obvykle nestandardní. Grafické vyhodnocení celkové efektivity zařízení je v níže znázorněném grafu obr. 62.



Obr. 62 Grafické vyhodnocení hodnot vysekávacího lisu za 2 směny.

#### 6.6.4 Pracoviště ohýbacího centra

Po provedení analýz byla získána data pro sestavení níže uvedených tab. 17 a tab. 18. Vypozorované prostoje a jejich časové trvání tvoří pouze jednu položku výpočtu celkové efektivity zařízení.

Tab. 17 Zaznamenané prostoje ohýbacího centra.

Prostoj	1. měření čas [hod]	2. měření čas [hod]	Σ měření [hod]
Seřízení	0:46:00	2:11:30	2:57:30
Porucha	1:08:00	-	1:08:00
Administrativa - odepisování do systému	0:39:00	0:27:30	1:06:30
Nekvalitní vstupní materiál	0:43:00	-	0:43:00
Čekání na materiál	0:12:00	0:29:30	0:41:30
Čekání, nečinnost	0:10:00	0:14:00	0:24:00
Mimo pracoviště	0:15:00	-	0:15:00
Zbytečná manipulace	0:13:00	-	0:13:00
Náběh stroje	-	0:06:00	0:06:00
Rozhovor řešení pracovních záležitostí	-	0:01:00	0:01:00
Σ	4:06:00	3:29:30	7:35:30

Tab. 18 Data pro výpočet CEZ ohýbacího centra.

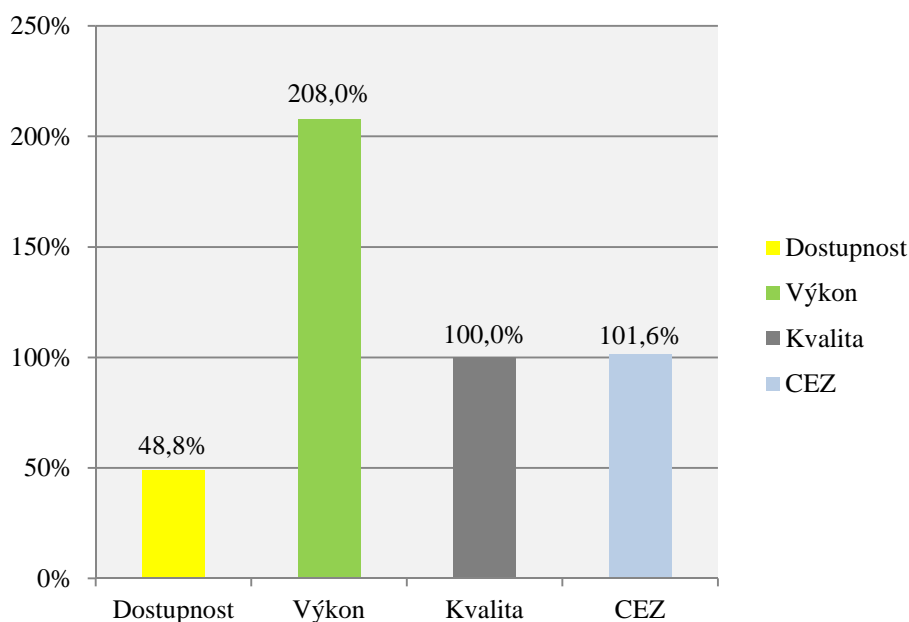
Data pro výpočet CEZ		1. měření	2. měření	Σ měření
Směna	hod	8:00:00	8:00:00	16:00:00
Prostoje	hod	4:06:00	3:29:30	7:35:30
Přestávky	hod	0:35:00	0:35:00	1:10:00
Plánovaná doba výroby	hod	7:25:00	7:25:00	14:50:00
Krátké přerušení cyklu výroby	hod	0:24:00	0:25:00	0:49:00
Doba bez prostojů	hod	3:55:30	3:19:00	7:14:30
Doba bez přerušení	hod	3:31:30	2:54:00	6:25:30
Celková doba programu	hod	7:52:00	5:30:00	13:22:00
Vyrobených kusů	ks	228	316	544
Vadné kusy	ks	0	0	0

Tab. 19 Data z jednotlivých měření CEZ ohýbacího centra.

Ohýbací centrum	Dostupnost	Výkon	Kvalita	CEZ
1. měření	45%	182%	100%	85%
2. měření	53%	224%	100%	118%
Σ měření	49%	208%	100%	102%

Výsledky hodnot z provedených měření jsou uvedeny v tab. 19. Vypočtená výsledná hodnota efektivity zařízení je 102 %, což je velmi zavádějící. Výrazný podíl na této hodnotě je dán faktorem výkonu, který dosáhl 208 %. Důvodem jsou špatně stanovené normy. Nynější normy pro ohýbací centrum jsou dány normami pro CNC ohýbačky.

To znamená, že normy jsou silně podhodnoceny. Přes velký podíl prostojů je stroj schopen vyrobit výrazně více kusů, než je naplánováno. Po správném nastavení programu je výroba vadných kusů minimální. Grafické vyhodnocení celkové efektivity zařízení je v níže znázorněném grafu obr. 63.



Obr. 63 Grafické vyhodnocení hodnot CEZ ohýbacího centra za 2 směny.

### 6.6.5 Údržba strojních zařízení a práce údržby

Údržba postrádá dlouhodobý plán pro stálé zefektivňování práce vynakládané do údržby a oprav zařízení. Údržbářský tým se v převážné části náplně práce věnuje pouze opravám poruch na strojích. Údržbou jsou vytvořeny základní standardy pro operátory, ale jsou kontrolovány ze subjektivního hlediska. Plán údržby není všeobecně dostupný vedení. Údržbářské činnosti operátorů jsou omezeny pouze provozní úroveň (zběžná kontrola funkčnosti, kontrola olejů, atd.).

Kromě těchto činností je prováděno čištění především pohledových částí stroje a ostatní místa zůstávají bez povšimnutí obr. 64. a 65. Formuláře pro záznam poruch u stroje jsou nedostatečné. Vzniklé poruchy nejsou údržbáři vždy do těchto formulářů zaznamenány. Po vyplnění záznamu oprav je formulář založen a archivován údržbáři. Nasbíraná data nejsou vyhodnocována, takže není možné např. určit obr. 66:

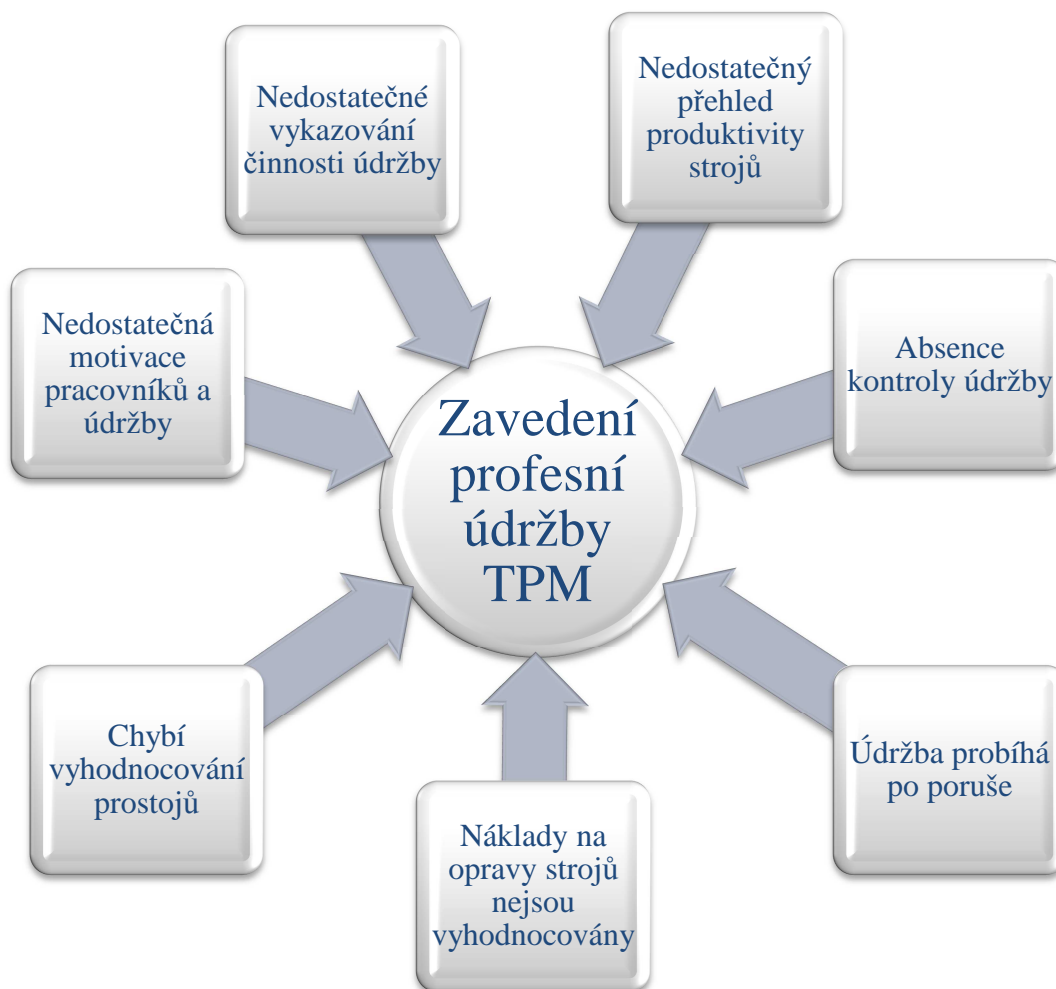
- příčinu vzniklé poruchy,
- četnost poruch,
- opakování poruch,
- náklady vzniklé poruchou,
- dobu trvání opravy.



Obr. 64 Prostor pod pracovní plochou stroje.



Obr. 65 Netěsnící hadice s olejem.



Obr. 66 Současný stav údržbářských činností.

## 7 NÁVRH PRO ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU

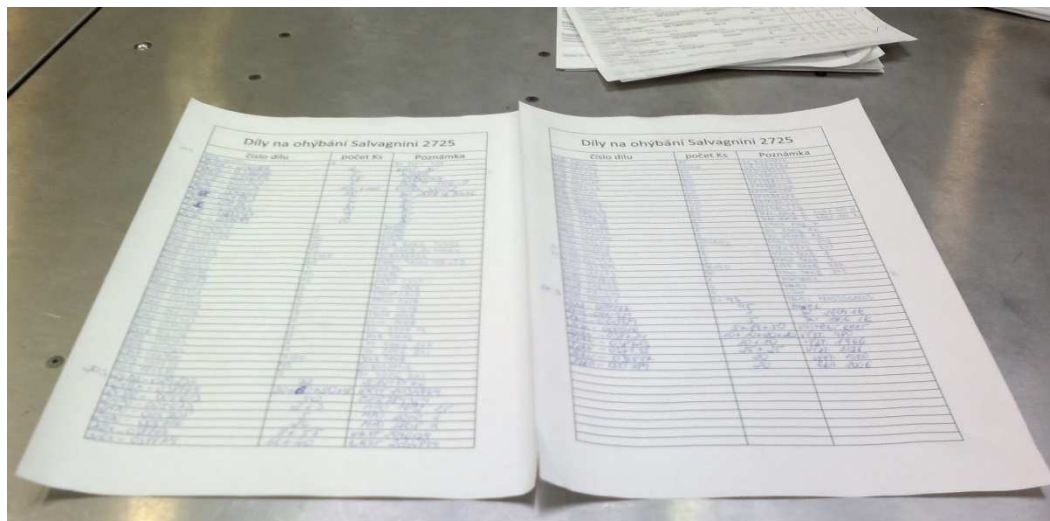
Návrh pro zlepšení vychází z provedených analýz v podniku. Na základě teoretických poznatků a praktického pozorování v podniku bude navržen možný teoretický přístup řešení k daným problémům. Návrhy jsou vztaženy na strojní zařízení a současně na další procesy, které jsou s jejich provozem spojeny. Výchozím bodem pro zlepšení stavu je ukazatel CEZ. Z jednotlivých faktorů je možné přesně adresovat vzniklé prostoje a nežádoucí stavy, které na stroji vznikly. Návrhy na zlepšení stavu strojů jsou rozděleny do skupin dle jednotlivých strojů. Nápravná opatření jsou vztažena k vypočítaným datům, která měla největší vliv na přerušení chodu stroje nebo činnosti operátora v obsluze stroje. Prostoje jako například administrativa či čekání na materiál jsou shodné u všech strojů, a proto budou uvedeny samostatně.

### 7.1.1 Administrativa

Pojmem administrativa u sledování strojů je myšleno odepisování zakázek do systému, vykazování mzdových lístků, atd. Jedná se o jeden ze společných prostojů u všech analyzovaných strojů. Snahou operátorů je tuto činnost zredukovat na nejmenší možnou míru a provádět tuto činnost v překrytém čase (těsně před dokončením zakázky). Jsou však povinni zapsat každou zahájenou zakázku a po dokončení ji vykázat kvůli možnému sledování aktuálního stavu výroby v systému Karat. Doba zapsání je spojena s množstvím formulářů, které je často nutné vyplnit ručně a poté navíc zapsat do systému. Terminály jsou pro některé operátory více vzdáleny (několik desítek metrů) a nestihnou odvést zakázku do systému v překrytém čase. Pokud je třeba stálé kontroly procesu některých zakázek při zpracování plechu, jsou operátoři nuceni přerušit chod stroje a vzdálit se od stroje. Návrhy pro snížení prostojů způsobených odváděním zakázek jsou uvedeny níže.

- Zrušení papírových formulářů

Na pracovišti ohýbacího centra jsou vyplňovány formuláře všech vyrobených dílů na stroji obr. 67. Tato data jsou také uvedena při odvedení zakázek do systému prostřednictvím odváděcího terminálu. Formuláře všech zpracovaných dílů na ohýbacím centru je tedy vhodné zrušit.



Obr. 67 Formuláře pro zapsání vyrobených kusů.

- Redukce zadávaných dat do systému operátorem

Při zavedení systému sledování výroby je také možné minimalizovat počet zadávaných dat operátorem. Systém je schopen přečíst data programu a vyrobených kusů přímo ze stroje bez nutnosti zásahu operátora. Do systému operátor odvede pouze ukončení zakázky a počet neshodných kusů. Operátorem jsou definovány příčiny přerušení stroje prostřednictvím terminálu. Mikroprostroje jsou však automaticky zapsány bez nutnosti zdůvodnění přerušení chodu stroje operátorem.

- Propojení všech sledovaných dat stroje do podnikového systému Karat

Terminál pro zadávání prostojů bude současně využit i jako terminál pro odvádění práce. Tím je eliminována nutnost použití dvou terminálů současně.

- Umístění terminálů přímo na pracovišti

Dalším faktorem doby trvání zapisování dat do systému je vzdálenost terminálů od strojů. Vhodným umístěním terminálů ve výrobní hale je možné redukovat chůzi a čas s ní spojený. Současné umístění terminálů je vhodné pouze pro několik strojů. Řešením této situace je pořízení více terminálů, které budou umístěny přímo u strojů. V níže uvedené tab. 20 je znázorněn čas spotřebovaný pouze chůzí k terminálu a náklady, které jsou s tímto prostojem spojeny.

Tab. 20 Spotřeba času chůzí operátora k terminálu.

	Čas chůze k terminálu [min]	Počet směn za den	Počet pracovních dní	Spotřeba času chůze k terminálu za rok [hod/rok]	Cena prostroje [Kč]	Náklady na zastavení stroje během chůze k terminálu [Kč/rok]
<b>Laser 2</b>	22	2	253	186,06	1 000	186 059
<b>Vysekávací lis</b>	10,8	2	253	91,01	1 000	91 007
<b>Ohýbací centrum</b>	7,7	2	253	64,72	1 200	77 659
$\Sigma$	-	-	-	341,78	-	354 726

### 7.1.2 Čekání na materiál

Čekání na materiál je označení termínu, kdy je chod stroje zastaven z důvodu nedostatku vstupního materiálu. Tento prostoje je také často spojen s nečinností pracovníka. Samotný prostoje nečinnost pracovníka v provedených analýzách je stav, kdy stroj má dostatek materiálu a je schopný produkce, ale operátorem nejsou zadány úkony pro výrobní činnost stroje. Všechny stroje jsou obsluhovány jedním skladníkem. Další skladník má za úkol uspořádání materiálu ve venkovní skladě. Pokud to situace dovoluje, je snahou tohoto skladníka vypomoci s navedením materiálu ke strojům. Přesto však dochází u strojů k čekání na materiál, když se skladník věnuje navedení materiálu k jinému stroji. Návrh řešení tohoto problému je možno řešit několika způsoby, případně jejich kombinací.

- Programové listy pro skladníka

Skladník nemá k dispozici programové listy pro jednotlivé stroje. Operátor musí předat požadavky na materiál další zakázky skladníkovi při rozhovoru. Pokud by měl skladník k dispozici programové listy všech po sobě jdoucích zakázek na jednotlivé stroje, je možno redukovat čas čekání na materiál. Programové listy jsou barevně odlišeny a očíslovány podle skupin strojů. Například skladníkem je zjištěn nekvalitní materiál na další zakázku, ale poté již neví, který materiál je potřebný na následující zakázku. Pokud by tuto informaci věděl, mohl by přivolat kontrolu a sjednat nápravu. Během kontroly materiálu skladník doveze ke stroji následující zakázku.

- Nastavení předstihu pro navezení vstupního materiálu

Výrobním mistrem je stanovena minimální doba, kdy je operátor povinen ohlásit nedostatek materiálu skladníkovi. Navrhnutá doba takového předstihu je zvolena na 30 minut. Usnadnění rozpoznání chybějícího materiálu pro skladníka je realizováno pomocí světelných ukazatelů.

- Signalizace stavu strojů

Důležitým prvkem pro zkvalitnění systému zásobování je signalizace strojů v případě docházejícího materiálu. Pro signalizaci stavu strojů je možné použít světelné andony. Skladník je schopen neustále vnímat stavy strojů pouhým pohledem po výrobní hale. Signalizace je možné využít také přímo na monitoru instalovaném ve vysokozdvizném vozíku skladníka. Operátorem jsou zadány parametry plechu, který je potřebován, a odeslány na terminál skladníkovi ve vozíku.

- Vytvoření operačního skladu

Zkrácení času navezení materiálu je možno realizovat zkrácením vzdáleností potřebného materiálu, který je skladníkem navážen. Výrobní mistr je schopen určit nejvíce obrátkový materiál či materiál, který bude potřebný během směny. Zajistil by tak jeho umístění poblíž strojů, což se projeví zkrácením doby navážení materiálu.

- Změna layoutu výrobních zařízení

Stroje jsou ve výrobní hale rozmístěny z hlediska vývoje firmy. Skupina laserů z analyzované skupiny jsou umístěny v zadní části haly, která je nejvíce vzdálena od polohy skladu. Stroje s čtenější potřebou výměnou vstupního materiálu je možno umístit blíže ke skladu vstupního materiálu a zkrátit tak dobu dodání.

- Přidání dalšího skladníka

Přidáním dalšího skladníka pro navážení materiálu dojde k redukci čekání na materiál, ale nebude zvýšena efektivita prvního skladníka. Před najmutím dalšího skladníka na směnu je vhodné provést analýzu pracovního dne skladníka a zjistit více informací o všech prováděných činnostech. Vhodným obsahem analýzy je špagetový diagram (zjištění

nejčastěji obsluhovaných strojů), časový snímek dne (kdy dochází k největšímu vytížení skladníka) a analýza přehlednosti skladovaného materiálu ve skladu.

- Investice do zásobníků vstupního materiálu

Zefektivnění zásobování strojů je možné pomocí speciálního příslušenství, jako jsou například zásobníky dodávané ke stroji. Detailnější popis zásobníků je uveden níže u skupin strojů.

### 7.1.3 Rozdílnost strojních časů

Společný charakter všech strojů v podniku je dán rozdílností strojních časů, které jsou uvedeny v průvodní dokumentaci a skutečným strojním časem. Tento rozdíl je dán úpravou programu operátory podle aktuálních parametrů plechu. Plánovači mají k dispozici rozdílné hodnoty, než které jsou ve skutečnosti dosahovány ve výrobě. Pro plánování výroby by mělo být využito stávajících odváděcích terminálů napojených na podnikový informační systém. Tyto rozdíly značně ztěžují stanovení výpočtového vztahu hodnoty CEZ. Navrhnuté řešení pro zlepšení stavu je uvedeno níže.

- Využití systému sledování strojů

Systémem jsou zaznamenána všechna potřebná provozní data. Tato data jsou programátory použita při vytváření programů. Sjednocení strojních časů těchto rozdílů přinese snadnější práci s daty, které jsou používány pro plánování a výpočet CEZ.

### 7.1.4 Nekvalitní vstupní materiál

Provedené analýzy odhalily dosud nedefinovaný problém v podniku, a to nekvalitní vstupní materiál. Plechy jsou zpracovány s vysokou přesností a kvalitou. Problém tedy není v dílech zpracovaných na výstupu stroje, ale na vstupu, kdy je dodán nekvalitní materiál. Operátor je nucen plech ručně upravit (obroušení zpracované části plechu viz obr. 68, vyrovnaní zkřivených částí viz obr. 69). Pokud není možné materiál upravit do standardního stavu je nahrazen jiným. To znamená odvezení nepoužitelného plechu zpět do skladu, vyhledání náhradního materiálu a jeho opětovné navedení ke stroji. Návrhy pro redukci tohoto prostoje jsou následující.

- Zpřísnění vstupní kontroly

Operátorem jsou vedeny záznamy s nekvalitními materiály. Ze záznamů oddělení kontroly stanoví nejvíce problémové druhy plechů. Pro méně obrátkové materiály bude zavedena 100% kontrola. Nekvalitní materiál nesmí být naveden skladníkem ke stroji. Ten musí být proškolen pracovníkem kontroly, jaký materiál je oprávněn přivést ke stroji.

- Interní skladování plechu

Méně obrátkový materiál je ve venkovním skladu uložen delší dobu. Během této doby je s materiálem mnohokrát manipulováno. Následkem manipulace je způsobeno poškození plechu viz obr. 70. Vyčleněním místa v interním skladu právě pro tyto plechy je možná redukce poškození plechu.

- Vhodný nákup materiálu

Materiál je nakoupen pouze v potřebném množství na zakázku. Nedochází tak ke zbytečnému skladování materiálu a nespotebování plechu.



Obr. 68 Zkorodovaný materiál.



Obr. 69 Rovnění plechu.



Obr. 70 Nekvalitní vstupní materiál.

### 7.1.5 Laser

Pořízení nových zásobníků pro vstupní materiál může výrazně snížit čas čekání na materiál. Tento zásobník je možné pořídit jako přídatné příslušenství k laseru. Do zásobníku je možno naskladnit materiál až 12 palet. Tento zásobník je možno uplatnit při zakoupení nových laserů. V současnosti je nutná změna layoutu všech strojů, aby mohl být tento zásobník nainstalován.



Obr. 71 Zásobník plechů [24].



Obr. 72 Zásobovací věž plechů [36].

### 7.1.6 Vysekávací lis

Seřízení stroje pro výrobu a jeho nastavení je zařazeno k hlavním ztrátám dostupnosti času výroby. Je složeno z vyhledání výrobního programu, výměny matric, podání a upnutí plechu s následnou automatickou kontrolou vyměněných matric. Návrhy pro redukci prostojů jsou níže uvedeny.

- Použití metody SMED

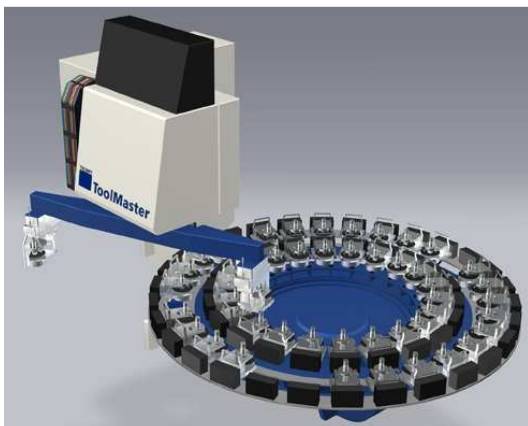
Pomocí této metody je docíleno snížení časů seřízení rozdělením činností na externí a interní viz kap. 3.

- Pořízení zásobníku nástrojů

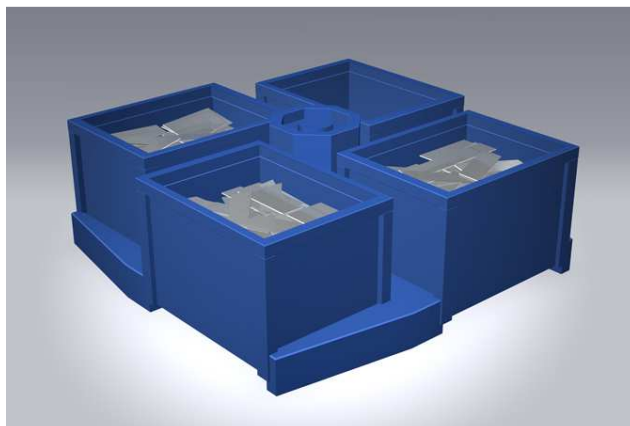
Programy, které jsou zpracovány v programu JetCam, jsou schopny využít maximální kapacity zásobníku s matricemi. JetCam sloučením zakázek dokáže využít až desítky nástrojů. Zásadní omezení programu je kapacita matric ve stroji. Aktuální kapacita nástrojů pro vysekávací lisy v TVD je 17 matric. Zásobník nástrojů od firmy Trumpf je schopen pojmout 40-70 nástrojů obr. 73. Seřizovač na pracovišti tak může snadno předpřipravit všechny potřebné nástroje.

- Pořízení zásobníku výseků

Pro snazší rozdělení výseků je navrženo použít automatický zásobník na výseky. Výseky jsou rozděleny do čtyř samostatných otáčejících se boxů obr. 74. Je tak redukováno čekání na vysypání výseků a vyprázdnění boxu operátorem. Oba zásobníky jsou spíše výhodné pro nákup nového zařízení než jako doplněk k stávajícím strojům.



Obr. 73 Zásobník nástrojů [37].



Obr. 74 Zásobník na výseky [37].

- Zamezení použití nástrojů u jiných strojů ve skupině

Některé nástroje u vysekávacích lisů jsou používány i v rámci celé skupiny. Dochází potom k výměně mezi jednotlivými stroji. Pokud není určitý nástroj nabroušen, tak je vypůjčen od druhého stroje a vrácen ztupěný. To má vliv na kvalitu vyseknuté plochy. Pokud je výměna nástrojů v rámci povolena je vhodné zavést například barevné značení a odkládací plochu pro použité nástroje. Pro označení tupých nástrojů je možno použít oranžové štítky s číselným označením, odkud byl nástroj vypůjčen.

### 7.1.7 Ohýbací centrum

Seřízení programu je činnost, kterou je nutno provádět po načtení každého programu. Přestože je program na začátku směny odladěn a poté jsou zpracovány ostatní programy, při opětovném načtení odladěného programu jsou hodnoty opět rozdílné. Je tedy nezbytné definovat příčinu stálého nastavování stejných programů během směny.



Obr. 75 Zásobník materiálu pro ohýbací centrum [38].

- Pořízení zásobníku vstupního materiálu

Tento zásobník pojme několik palet najednou a automaticky dochází k výměně palet obr. 75. Zásobník je jednou z možností jak snížit čekání na materiál, ke kterému často docházelo. Funkce zásobníku je podmíněna správně nastavenými normami a včasným plánem výroby.

Další uvedené prostroje jsou uvedené níže v tab. 21.

Tab. 21 Krátké přerušení chodu ohýbacího centra.

Název problému	Popis problému	Návrh řešení
<b>Špatně nasátý plech</b>	Zpracování větších formátů s větší tloušťkou plechu nebo neferomagnetických materiálů	Zvýšení výkonu přísavkového podavače
<b>Chybné upnutí plechu</b>	Příliš velký tlak při dorazu plechu	Definování tabulek pro optimální hodnoty tlaku dorazu
<b>Poškození plechu</b>	Špatně nastavený tlak dorazu u malých tloušťek materiálu	Definování tabulek pro optimální hodnoty tlaku dorazu
<b>Redukce rychlosti při náběhu série</b>	Nutná činnost při náběhu série	Zaplánování redukce rychlosti do programů

### 7.1.8 Návrh pro zlepšení sledování údržby a poruch strojů

Vyhodnocování stavu údržby je možné pomocí zkvalitnění sběru dat z poruchových listů. Pro stanovení metriky účinnosti údržby je možné použít ukazatelů střední čas poruchy a střední čas opravy. Výpočet těchto ukazatelů není složitý a jeho princip a metodika uvedena v podkapitole 2.7. Ve firmě TVD jsou již některá data sbírána, avšak ne zcela spolehlivě. Navrhnoutou změnou je vytvoření nového formuláře záznamu poruch viz příloha 1. Je potřeba zajistit důsledný záznam vzniklých poruch údržbářem. Toho může být docíleno pomocí kontroly formuláře výrobním mistrem. Po jejich zavedení bude získán základní přehled o účinnosti údržby strojů po opravách poruch a stanovit tak intervaly, kdy pravděpodobně dojde na stroji k poruše. Důkladné sledování všech činností spojených s poruchami nebo činnostmi údržbářů je možné přidáním dalších formulářů, které jsou zaměřeny na více faktorů. Údržbář nemá na pracovišti vždy k dispozici všechny požadované údaje, jako např. cena náhradního dílu, atd. Do takového procesu je nutné zapojit další pracovníky a techniky, kteří jsou schopni takové data získat. Negativem důkladného zápisu do více formulářů je prodloužení času vyplnění a práce s těmito daty přepisováním do elektronické podoby. Zde je vhodné pro sledování stavu údržby a oprav strojů zavést samostatný systém, který je schopen využít terminály pro sledování produktivity strojů.

Údržbář uvede základní údaje prostřednictvím terminálu, které budou dostupné pro technické i ekonomické oddělení. Technickým oddělením jsou vyplněny do systému požadované parametry poruchy a ekonomickým oddělením jsou doplněny ceny objednaných náhradních dílů. Každému stroji je založena vlastní složka, ve které jsou uvedeny ukazatele MTBF, MTTR, fotodokumentace, roční náklady na opravy stroje, charakter opravy (interní, externí), jméno údržbáře, atd.

Významným krokem pro zlepšení údržby je koncept prediktivní údržby v rámci programu TPM. Základním požadavkem je systém pro sledování vlastností stroje např. teplota, napětí, vibrace. Vlastnosti stroje jsou monitorovány a v případě zvýšených hodnot je údržba upozorněna na abnormalitu např. přehřáté ložisko stroje. Monitorovací systému strojů i jejich údržby je detailněji popsán v následující kapitole 7.2.

## 7.2 Návrh monitoringu strojů

Situace ve výrobní hale a konkrétních strojů byla vyhodnocena a navržena opatření s cílem zvýšení produktivity. Vzhledem obsáhlosti navržených opatření nebude v návrhu zmíněna varianta ručního sběru dat operátory do papírových formulářů, ale automatický sběr dat prostřednictvím MES systému. Navržené řešení je součástí obsáhlého systému pro sledování výroby. Výchozím bodem je implementace MES systému pro sledování výroby a společné nastavení podnikových procesů k zajištění správné funkčnosti. Výsledkem tohoto návrhu je zavedení systému pro zefektivnění chodu strojů i činností, které jsou s nimi spojeny. Systém sledování výroby obsahuje následující prvky:

- monitorování aktuální produkce strojů,
- odvádění práce pomocí terminálů,
- zlepšení přehledu o údržbářských činnostech,
- propojení sledovacího systému s podnikovým ERP systémem,
- plánování zakázek podle aktuálního stavu výroby.

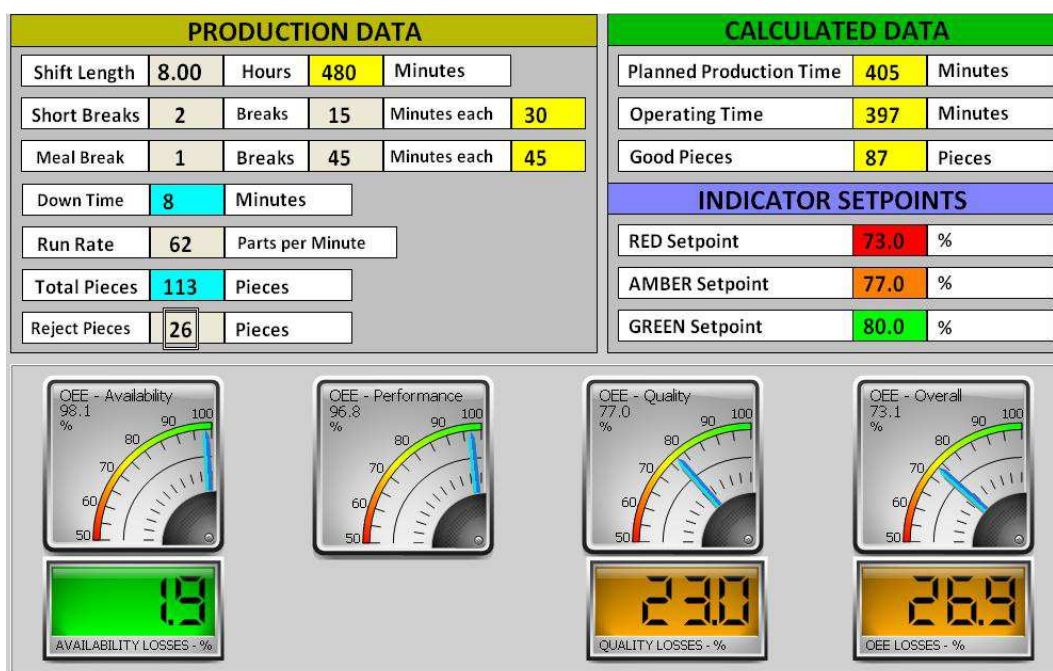
První část implementace MES systému je výběr strojů, které budou monitorovány. Není nezbytně nutné napojení všech strojů ve výrobní hale. Napojení je vhodné pro stroje, které vytváří úzké místo a jejich provoz je nákladný. Tyto parametry jsou ve firmě TVD splněny pro ohýbací centrum, lasery a vysekávací lisy. Celkem tedy tři skupiny rozdílných technologií obsahující sedm strojů.



Obr. 76 Sběr dat ze stroje [39].

Všechny stroje jsou v současnosti napojeny na systém monitorovací systém PSM kromě ohýbacího centra. Data jsou tedy systémem PSM sbírána, ale nevhodně zobrazována a vyhodnocována. Ohýbací centrum není zatím napojeno na žádný podnikový systém. Jakýmkoliv zásahem do rozvodů stroje je možné zrušit záruky pro opravy autorizovaným servisem, proto je nutné při výběru dodavatele systému zvolit variantu napojení, která nevede k porušení záruky.

Po úspěšném napojení monitorovacího systému do vybraných strojů následuje další krok. Je potřeba stanovit, která data mají být sbírána a vizualizována. Primárně jsou to data spojená s chodem stroje kvůli výpočtu ukazatele CEZ. Mezi tato data patří informace o zapnutí/ vypnutí stroje, zaznamenání přerušení chodu stroje (včetně mikroprostojů), aktuálně zpracovávaný program, seznam programů na celou směnu a změny výkonu stroje potenciometrem obr. 77. Pokud dojde k přerušení chodu stroje, je nutné předem definovat a rozdělit jednotlivé druhy prostojů pro správný výpočet CEZ.



Obr. 77 Vizualizace CEZ na terminálu [40].

Tab. 22 Nástěnná vizualizace v kanceláři na LCD monitoru.

Stroj	Dostupnost	Výkon	Kvalita	CEZ	Program	Čas do konce programu [hod]	NOK
Las 1	85%	80%	100%	68%	2XAA-008977	1:30:15	0
Las 2	65%	58%	100%	38%	2XAB-008978	0:30:22	0
Vys 1	55%	75%	98%	40%	2XAC-008979	0:05:03	2
Vys 2	73%	80%	100%	58%	2XAD-008980	0:55:13	0
Vys 3	85%	85%	100%	72%	2XBA-008981	0:23:43	0
Vys C	88%	90%	99%	78%	2XDA-008982	0:03:52	1
Salvagnini	35%	45%	100%	16%	2XCA-008983	0:47:18	0

Všechny zmíněné informace budou vizualizovány prostřednictvím terminálu obr. 78, který je v blízkosti každého stroje. Operátor je schopen neustále sledovat hodnoty CEZ a jednotlivých faktorů. Kromě operátora budou všechna data dostupná z kanceláře prostřednictvím programu tab. 22. Pro neustálý dohled na výrobní stroje bude umístěna LCD obrazovka v kanceláři výrobního mistra. Další sledované parametry stroje systémem jsou aktuální vlastnosti stroje (teplota, napětí, vibrace) a budou sloužit týmu údržby. Důležitým prvkem vizualizace je zavedení světelných andonů ke každému stroji obr. 79. Okamžité hlášení vzniklých poruch je odesíláno údržbáři a výrobnímu mistrovi přímo na mobilní telefon. Také výrobnímu manažerovi je umožněna kontrola stavu všech strojů prostřednictvím aplikace v mobilním telefonu viz obr. 80.



Obr. 78 Terminál pro monitoring strojů [41].



Obr. 79 Světelné andony [42].

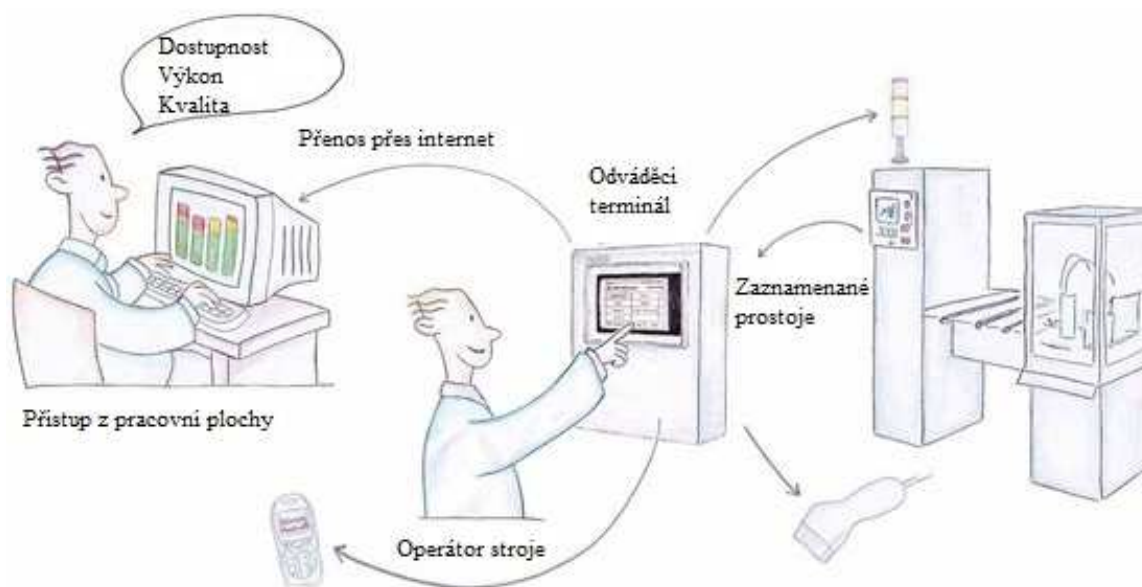


Obr. 80 Sledování CEZ prostřednictvím mobilního telefonu [43].

Vzhledem k maximálnímu využití je vhodné sbírat prostřednictvím těchto terminálů i další potřebná data. Údržbáři mohou využít terminálu u stroje k záznamu poruch a nahrazení poruchového listu v papírové formě. Dále je nutné nahradit stávající terminály, které slouží pro odvádění zakázek a vykazování práce. Operátoři nemonitorovaných strojů mohou využít stávající terminály. Nedílnou součástí odvádění práce prostřednictvím MES systému je propojení s podnikovým systémem Karat. Prostřednictvím tohoto systému je plánována výroba. Po úspěšném propojení těchto systémů je možné plánovat dle aktuálního stavu výrobních zařízení.

Princip sledování stroje je následující. Stroj je sledován prostřednictvím MES systému, který zaznamenává a zobrazuje určitá data prostřednictvím terminálu. Ze získaných dat jsou nepřetržitě počítány jednotlivé faktory CEZ. Operátor se po příchodu ke stroji přihlásí k terminálu pomocí osobní karty a zahájí činnost stroje. Při vzdálení operátora od stroje je jeho povinností se odhlásit osobní kartou a zadat důvod nepřítomnosti (přestávka, atd.). Pokud dojde k neočekávanému přerušení chodu stroje, je tento prostoj zaznamenán. Operátor po odstranění prostoje zadá na terminálu charakter prostoje. Určitý faktor je snížen o tento prostoj a online odeslán do programu sledování výroby, kde jsou data vyhodnocována plánovači. Pokud dojde k poruše stroje je systémem automaticky zaslána zpráva na mobilní telefon např. údržbáři a mistrovi výroby.

Systém sledování výroby bude poté schopen sbírat data vybraných strojů, zobrazovat hodnoty CEZ operátorovi prostřednictvím terminálu. Operátorům bude umožněno odvádění zakázek a práce přímo na pracovišti. Údržbou jsou zaznamenávány poruchy přímo v elektronické podobě a systém automaticky vyhodnocuje kritické parametry stroje. Níže je uvedeno celkové schéma návrhu obr 81.



Obr. 81 Proces monitoringu strojů [44].

### 7.3 Práce s daty

Po implementaci systému sledování výroby jsou data zaznamenána a archivována v informačním systému. Softwarový systém pro sběr dat však není schopen samostatně zajistit nápravné opatření, ale pouze upozornit na problém. Nedílnou součástí implementace sledování výroby je také určení pravidel pro práci s daty.

Předpokladem návrhu monitoringu strojů je automatický sběr dat MES systémem, kde jsou operátorem doplněny druhy prostojů prostřednictvím terminálu u stroje. Data s aktuální produktivitou stroje jsou dostupná na interní síti podniku. Data jsou převážně využívána jako podklad pro plánování výroby plánovačům a výrobnímu mistrovi. Pro zvýšení produktivity stroje musí být prostoje vzniklé na stroji aktivně řešeny. Základem takového postupu je stanovení týmu pro vyhodnocování hodnot CEZ a řešením protiopatření. Navrhnutý tým je složen z pracovníků, kteří mají možnost sjednat nápravné opatření.

Standardně je složení týmu následující:

- vedoucí výroby,
- výrobní mistr,
- průmyslový inženýr,
- technolog,
- údržbář.

Podle charakteru prostoje je následně tým doplněn skladníkem, kontrolorem ne operátorem stroje.

Každý den budou sledovány hodnoty CEZ výrobním mistrem. Hodnota CEZ a její tři nejvýznamnější vzniklé prostoje budou vyhodnocovány jednou týdně stanoveným týmem, který si klade za cíl zvýšení výsledné hodnoty CEZ. Výsledkem této porady je stanovení nápravného opatření a odpovědné osoby za jeho provedení včetně data sjednané nápravy. Následně budou výstupy z porady reportovány výrobnímu řediteli. Nejvýznamnější prostoje budou zapsány do systému sledování výroby tak dlouho, dokud nebudou odstraněny nebo redukovány na určenou míru. Nápravná opatření budou dostupná prostřednictvím terminálu každému operátorovi, který je schopen sledovat progres nápravných opatření.

V terminálu je položka nápravné opatření prostožů s následujícími daty:

- příčina prostoje,
- návrh protiopatření,
- odpovědná osoba za provedení opatření,
- kontakt na odpovědnou osobu,
- procentuální průběh opatření zadán odpovědnou osobou,
- datum dokončení opatření.

#### **7.4 Odměňování na základě hodnoty CEZ**

Současný systém odměňování na základě produktivity stroje vykázané ze systému PSM bude nahrazen komplexnějším způsobem. Návrh pro odměňování pracovníků na základě hodnoty CEZ je dán následovně.

Před zavedením systému sledování je nutné nejprve všechny pracovníky řádně proškolit v problematice TPM, CEZ a používání terminálů. Po úspěšné implementaci MES systému na všechny stroje bude stanoveno měsíční období pro testování a odladění nepřesností, které mohou po zavedení vznikat. Po ověření věrohodnosti dat započne období testovacího provozu po dva měsíce. Během těchto dvou měsíců bude testováno jak vizuální provedení, tak funkce týmu pro nápravné protiopatření. Následně bude stanovena hodnota reálná hodnota CEZ (např. 65 %), která bude základem pro odměňování. Cílem je postupné zvyšování této hodnoty, aby bylo její dosažení pro pracovníky motivující.

Odměna je finančního charakteru. Bude stanovena maximální odměna 3000 Kč za měsíc, která bude rozdělována v závislosti na dosažené hodnotě CEZ. Primárním cílem odměňování je zvýšení pozornosti operátorů k obsluhovanému stroji. Snahou je, aby operátor, který má k dispozici hodnoty CEZ zobrazeny na terminálu, pochopil příčiny špatného chodu stroje. Hlavním důvodem odměňování je uvědomění operátorů provázanosti všech procesů s chodem stroje. V současnosti není operátor schopen ovlivnit například dodávku nekvalitního vstupního materiálu nebo čekání na dodání vstupního materiálu. Na tento stav je operátor povinen upozornit a pomocí aktivního řešení problémů se dopracovat až k jeho původu. Ostatní pracovníci, kteří budou propojeni systémem odměňování, si také musí uvědomit tento princip dle tab. 23.

Tab. 23 Návrh odměňování.

Pozice	Odpovědnost za činnost	Druh prostoje	Odměna za faktor
<b>Výrobní mistr</b>	dohled nad průběhem protiopatření	-	CEZ
<b>Průmyslový inženýr</b>	vyhodnocování dat CEZ	-	CEZ
<b>Technolog</b>	správně stanovené normy	ztráta výkonu	výkon
<b>Programátor</b>	správně nastavený program	ztráta výkonu	výkon
<b>Operátor</b>	dodržování stanovených postupů	dostupnost, výkon, kvalita	CEZ
<b>Údržbář</b>	efektivní údržba	poruchy zařízení	dostupnost
<b>Skladník</b>	včasné dodání materiálu	logistické prostoje	dostupnost
<b>Kontrolor</b>	kontrola kvality materiálu	nekvalitní materiál	dostupnost

### 7.5 Podmínky realizace a přínosy

Přijetí rozhodnutí o implementaci sledování systému a automatickém sběru dat s sebou nese náklady na pořízení. Náklady jsou spojeny s pořízením softwaru (programu pro sledování, licence na počítače) a také hardwaru (terminály u strojů). Úspory, které je schopen systém přinést, jsou stanoveny procentuální redukcí nalezených prostojů u jednotlivých strojů. Výsledná redukce prostojů je odhadnuta podle skupiny strojů. Úspora je vztažena na 2 směny po dobu 253 pracovních dní za rok. Důležitou součástí výpočtu je stanovení nákladů na hodinu prostoje stroje. Hodina prostoje stroje byla stanovena odborným odhadem z nákladů na hodinu provozu stroje. Následně je možno vypočítat jak časovou, tak finanční úsporu za rok. Doba návratnosti je určena na 2 roky, přestože životnost terminálů i softwaru je výrazně delší (10 let). Výpočty budou provedeny pro stroje, které budou disponovat vlastním terminálem a systémem sledování. Podrobnější data jsou zobrazena v níže uvedených tabulkách tab. 24, tab. 25 a tab. 26.

Tab. 24 Redukce prostojů na laseru.

<b>Úspora při redukcí prostojů na laseru</b>		
Počet pracovních dní v roce	253	dní
Doba návratnosti	2	roky
Redukce prostojů	0,05	%
Prostoj za 1 pracovní den (2 směny)	2,48	hod/den
Časová úspora po redukcí prostojů	0,12	hod/den
Náklady na hodinu prostoje stroje	1 000	Kč
Časová úspora na stroj	31	hod/rok
Finanční na stroj	31 414	Kč/rok
Počet strojů ve skupině	2	-
Finanční na skupinu strojů	62 828	-
<b>Finanční úspora za 2 roky</b>	<b>125 657</b>	<b>Kč</b>

Tab. 25 Redukce prostojů na vysekávacím lisu.

<b>Úspora při redukci prostojů na vysekávacím lisu</b>		
Počet pracovních dní v roce	253	dní
Doba návratnosti	2	roky
Redukce prostojů	0,10	%
Prostoje za 1 pracovní den (2 směny)	5,08	hod/den
Časová úspora po redukci prostojů	0,51	hod/den
Náklady na hodinu prostoje stroje	1 000	Kč
Časová úspora na stroj	129	hod/rok
Finanční na stroj	128 608	Kč
Počet strojů ve skupině	4	-
Finanční na skupinu strojů	514 433	-
<b>Finanční úspora za 2 roky</b>	<b>1 028 867</b>	<b>Kč</b>

Tab. 26 Redukce prostojů na ohýbacím centru.

<b>Úspora při redukci prostojů na ohýbacím centru</b>		
Počet pracovních dní v roce	253	dní
Doba návratnosti	2	roky
Redukce prostojů	0,10	%
Prostoje za 1 pracovní den (2 směny)	7,59	hod/den
Časová úspora po redukci prostojů	0,76	hod/den
Náklady na hodinu prostoje stroje	1 200	Kč
Časová úspora na stroj	192	hod/rok
Finanční na stroj	230 483	Kč
Počet strojů ve skupině	1	-
Finanční na skupinu strojů	230 483	-
<b>Finanční úspora za 2 roky</b>	<b>460 966</b>	<b>Kč</b>

Tab. 27 Vyčíslení nákladů na pořízení.

<b>Náklady na implementaci</b>		
Náklady na SW	450 000	Kč
Cena terminálu	40 000	Kč
Počet terminálů	7	ks
Náklady na terminály	280 000	Kč
<b>Σ</b>	<b>730 000</b>	<b>Kč</b>

Tab. 28 Celková úspora po implementaci systému.

<b>Celková úspora</b>		
Finanční úspora za 2 roky	1 615 489	Kč
Náklady na pořízení SW+HW	730 000	Kč
<b>Rozdíl mezi úspory a náklady</b>	<b>885 489</b>	<b>Kč</b>

Po vyčíslení všech nákladů a úspor, které je systém schopen přinést byla stanovena celková úspora ve výši 885 489 Kč dle tab. 28. Výše zmíněné výpočty nezahrnují náklady, které jsou spojeny se zaškolením, odměnami a cenou nápravných opatření. Pokud jsou ve výsledku redukovány prostoje, tak je logicky zvýšena produktivita stroje. Produktivita je dána přímou návazností jednotlivých faktorů CEZ na chod stroje.

Implementace systému monitoringu strojů je finančně výhodné a je možné dosáhnout úspor pomocí redukcí prostojů. Mezi další podmínky realizace jsou zařazeny i další nezbytné činnosti, které jsou s tímto nákupem spojeny. Vedení i pracovníci budou muset absolvovat školení, aby pochopili princip této metodiky sledování strojů a celkové filozofie TPM. Po zaškolení všech zainteresovaných pracovníků je potřeba stanovit tým pro vykonávání nápravných opatření.

Podmínky realizace zavedení systému sledování:

- nákup softwaru,
- nákup terminálů,
- zaškolení pracovníků,
- definice prostojů, které budou monitorovány,
- sestavení týmu pro nápravné opatření,
- zpřesnění normovaných časů.

Hlavní přínosy zavedení sledování strojů v podniku TVD jsou tyto:

- získání přehledu o aktuální produktivitě strojů,
- okamžitý přehled o situaci na hale pro mistry,
- identifikace prostojů a vyhodnocování prostojů,
- úspora nákladů po redukcí prostojů,
- zvýšení povědomí o nákladech prostoje stroje,
- změna přístupu operátora ke stavu stroje,
- získání přehledu o stavu údržbářských činností,
- sledování nákladů na stroj,
- zlepšení stavu plánování.

## ZÁVĚR

Studie je zaměřena na implementaci systému sledování ukazatele celkové efektivity zařízení skupiny strojů laserů, vysekávacích lisů a ohýbacího centra. Navrhnutá řešení budou použita firmou TVD – Technická výroba a.s., jako podklad při zavádění systému sledování strojů. Vedení firmy není spokojeno se stávajícím systémem pro monitoring strojů. Systému chybí detailnější vyhodnocení prostojů a s tím spojená možnost práce s konkrétními daty.

Hodnota CEZ představuje čistou produktivitu stroje, která je složena z faktoru dostupnosti, výkonu a kvality. Jednotlivým zacílením na tyto tři faktory je možné zvýšit hodnotu CEZ. Pokud jsou tyto vypořizované prostoje eliminovány nebo redukovány je přímo úměrně zvýšena i produktivita stroje.

Zjištění hodnoty CEZ je podmíněno analýzou možných typů prostojů a jejich rozdělení do skupin podle toho, který faktor je prostojem ovlivněn. Dalším krokem je stanovení výpočtu pro jednotlivé skupiny strojů. Kromě prostojů je nezbytné stanovit, které hodnoty je potřeba ze stroje sbírat a do jakých faktorů budou tato data zařazena. Poté jsou data připravena pro výpočet výsledné hodnoty CEZ. Výše hodnot jednotlivých faktorů poukáže na problematickou oblast pro možné zlepšení. Z jednotlivé oblasti jsou vybrány hlavní prostoje, u kterých jsou zjištěny hlavní příčiny vzniku. Na základě zjištěných příčin jsou navržena protiopatření.

Součástí studie je návrh vizualizace monitoringu strojů prostřednictvím terminálů umístěných na pracovišti i v kancelářích, návrh pro práci s daty a následným návrhem na odměňování pracovníků podle hodnoty CEZ. Výsledkem studie je ekonomicko-technické zhodnocení investice do pořízení systému sledování strojů.

Hlavní vypořizované nedostatky po výpočtu hodnoty CEZ jsou společné pro všechny skupiny strojů. Mezi tyto nedostatky patří čekání na materiál, dlouhá doba odepisování zakázek a nekvalitní materiál. Pro pracoviště ohýbacího centra nejsou doposud stanoveny normy a jsou používány normy pro jiný druh strojů. Stanovení správných norem je důležitým krokem jednak pro správné stanovení celkové efektivity zařízení, ale i pro následné plánování. Implementace sledování ukazatele CEZ přinese firmě nezkreslený pohled na průběh zpracování zakázek ve výrobní hale a lepší plánování zakázek do výroby. Dalším přínosem je také finanční úspora při redukcí prostojů vyčleněným týmem pro realizaci nápravných opatření.

Po zavedení systému sledování je nezbytné zaměřit se také více jak na samostatnou údržbu strojního zařízení operátory, tak i profesní údržbu. V současnosti není práce a kvalita údržby sledována. Navrhnutým řešením je zkvalitnění zaznamenaných dat formuláře poruch a zahájení sledování vynaložených nákladů na stroj za rok. Nedílnou součástí zkvalitnění údržby strojů je vytvoření standardů údržby operátorem s přesným časovým trváním prováděných činností.

Základ pro správnou funkčnost systému je postaven na svědomitosti a přístupu pracovníků. Nutností je správné pochopení důvodu sledování strojů a zadávání prostojů do systému. Firma může zakoupit nákladný systém pro monitoringu strojů, ale celý systém ztratí smysl, pokud nebudou data správně zadávána a realizována nápravná opatření. Přínosem je aktuální přehled o dění ve výrobní hale, úspora v podobě redukce nákladů na prostoje a změna přístupu pracovníků k údržbě stroje.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. *Úspěch: produktivita a inovace v souvislostech : časopis pro úspěšné manažery.* Želečice: API, 2009, č. 1. ISSN 1803 - 5183.
2. Historie. *LEAN company* [online]. 2006 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: 2. <http://www.leancompany.cz/historie.html>
3. KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. ISBN 80-868-5138-9.
4. Co je to lean management. *Forecast lean management* [online]. 2011 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://lean.forecast.com/sk/uvod-sk/52-co-je-to-lean.html>
5. *Úspěch: produktivita a inovace v souvislostech : časopis pro úspěšné manažery.* Želečice: API, 2007. ISSN 1803 - 5183.
6. *DOWNTIME and the Eight Wastes. A Lean Journey* [online]. 2009 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.aleanjourney.com/2009/10/downtime-and-eight-wastes.html>
7. Sistema Toyota de Produção. *Jornal Log in Log out* [online]. 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://loginlogoutjornal.blogspot.cz/2012/05/o-que-e.html>
8. Plýtvání. *KCM Consulting* [online]. 2008 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.kcm.cz/kategorie/plytvani.aspx>
9. Plýtvání. *Management mania* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/plytvani>
10. Plýtvání. *Svět Produktivity* [online]. 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-plytvani.htm>
11. Štíhla výroba - lean. *IPA Slovakia* [online]. 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovnik/stihla-vyroba-lean>
12. 5S. *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68391.5s/>
13. Optimalizace pracoviště. *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68401.optimalizace-pracoviste/>
14. 5S workplace organisation and standardisation. *TPF Europe* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.tpf europe.com/cms/view/44>
15. The Kanban Pocket Board. *Eurocharts - Weigang: Kanban Control Products* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.eurocharts.co.uk/kanban-system-overview.htm>

16. Stop linka. *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68396.stop-linka/>
17. Kaizen 10 steps to continuous improvement. *Yuliu Shalim* [online]. 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.yuliushalim.com/kaizen-10-steps-to-continuous-improvement>
18. What is Lean. *Lean Enterprise Institute* [online]. 2009 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.lean.org/whatslean/>
19. TPM (Total Productive Maintenance). *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/70766.tpm-total-productive-maintenance-/>
20. MAŠÍN, Ivan. *Cesty k vyšší produktivitě: Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. 1.vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, 254 s. ISBN 80-902-2350-8.
21. Total Productive Maintenance (TPM). *TPS – ThroughPut Solutions* [online]. 2011 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.tpslean.com/leantools/tpm.htm>
22. *Vorne* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://vorne.com/index.html>
23. OEE vs. TEEP. *Pharma Manufacturing* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.pharmamanufacturing.com/experts/answers/2006/008.html>
24. *TVD – Technická výroba a.s., interní materiály*. 2012.
25. The Complete Guide to Simple OEE. In: *Exor Electronic R&D* [online]. 2011 [cit. 20.5.2013]. Dostupné z: [http://www.exor-rd.com/docs/vw121/5A55D3F673BC774EC1257481004B6C93/\\$file/The%20Complete%20Guide%20to%20Simple%20OEE.pdf](http://www.exor-rd.com/docs/vw121/5A55D3F673BC774EC1257481004B6C93/$file/The%20Complete%20Guide%20to%20Simple%20OEE.pdf)
26. Sledování a řízení efektivity výroby. *System online* [online]. 2003 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/sledovani-a-rizeni-efektivita-vyroby.htm>
27. Celková efektivita zařízení (CEZ - OEE). *TRIFID CONSULT* [online]. 2011 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.trifid-consult.eu/reseni/celkova-efektivita-zarizeni-cez-oee/14>
28. Defining Failure: What Is MTTR, MTTF, and MTBF. *Blog fosketts* [online]. 2011 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://blog.fosketts.net/2011/07/06/defining-failure-mttr-mttf-mtbf/>
29. Co je MES - Výrobní informační systém. *MES centrum* [online]. 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://mescentrum.cz/o-projektu/co-mes>

30. MESA Strategic Initiatives Program. *MESA International* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.mesa.org/en/modelstrategicinitiatives/MSIP.asp>
31. *TVD - technická výroba* [online]. 2009 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.tvd.cz/>
32. *Uni-Fab* [online]. 2006 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.uni-fab.com/equipment.php>
33. TruPunch 5000. *TRUMPF* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.cz.trumpf.com/produkty/obrabeci-stroje/produkty/vysekavani/vysekavaci-stroje/trupunch-5000.html>
34. Latest New Product News. *Thomas Publishing* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: [http://news.thomasnet.com/company\\_detail.html?cid=10033944](http://news.thomasnet.com/company_detail.html?cid=10033944)
35. Laser Cutting Machine optimizes material handling. *Thomas Publishing* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://news.thomasnet.com/fullstory/Laser-Cutting-Machine-optimizes-material-handling-569707>
36. Automatizační součásti. *TRUMPF* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.cz.trumpf.com/produkty/obrabeci-stroje/produkty/vysekavani/automatizace.html>
37. *Salvagnini* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.salvagnini.com/salvagnini.php?s=431>
38. *Bartech* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.bartech.cz/cs>
39. Production Monitoring. *SIMONSWOOD* [online]. 2011 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.simonswood.co.uk/what-we-do/production-and-performance-monitoring/>
40. Průmyslové terminály. *DENIP* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.denipkiosk.cz/ipc-prumyslove-terminaly/tsd-touch-stand/>
41. Tower-lights. *Autonics Online* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://products.autoniconline.com/item/all-categories/tower-lights-mt5c-8c-series-2/mt5c1bl-g>
42. Visual OEE. *OEE* [online]. 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.oee.com/visual-oe.html>
43. OEE productivity meter. *FASTEC* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.fastec.de/en/oe-easyoe.html>

44. Implementation of total productive maintenance: A case study. *Science Direct* [online]. 2005 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527303003293>
45. Implementation of total productive maintenance: A case study. *Science Direct* [online]. 2005 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527303003293>
46. Nasazení COMES OEE ve společnosti Medin a.s. *OEE* [online]. 2012 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z:  
[http://www.oee.cz/3a15c268\\_fb38\\_4cc6\\_91f8\\_a45fdd47294d.aspx](http://www.oee.cz/3a15c268_fb38_4cc6_91f8_a45fdd47294d.aspx)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Zkratka	Jednotka	Popis
<b>CEPZ</b>	[%]	Celková Efektivní Produktivita Zařízení
<b>CEZ</b>	[%]	Celková Efektivita Zařízení
<b>CNC</b>	[-]	Computer Numeric Control
<b>ERP</b>	[-]	Enterprise resource planning
<b>HUP</b>	[-]	hlavní uzávěr plynu
<b>IP</b>	[-]	Ingress Protection
<b>KPI</b>	[%]	Key Performance Indicator
<b>LCD</b>	[-]	Liquid Crystal Display
<b>MES</b>	[-]	Manufacturing Execution Systems
<b>MIS</b>	[-]	Manažerský Informační Systém
<b>MTBF</b>	[hod]	Mean Time Between Failure
<b>MTTR</b>	[hod]	Mean Time To Repair
<b>NVA</b>	[%]	Non- Value Added
<b>OEE</b>	[%]	Overall Equipment Effectiveness
<b>PLC</b>	[-]	Programovatelný Logický Automat
<b>SMED</b>	[-]	Single Minute Exchange of Dies
<b>TEEP</b>	[%]	Total Effective Equipment Productivity
<b>TPM</b>	[-]	Total Productive Maintenance
<b>VA</b>	[%]	Value Added

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1      Formulář záznamu poruch

