



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A**  
**ROBOTIKY**

**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND**  
**ROBOTICS**

## **PRINCIPY ÚDRŽBY METODOU TPM**

**PRINCIPLES OF MAINTENANCE OF THE TPM METHOD**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE**

**AUTHOR**

**JAKUB PLANČAR**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

**SUPERVISOR**

**Ing. HANA OPOČENSKÁ**

**BRNO 2015**



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2014/15

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Jakub Plančar

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

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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 bakalářské práce:

### **Principy údržby metodou TPM**

v anglickém jazyce:

#### **Principles of maintenance of the TPM method**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V současné době existuje řada moderních přístupů, které vedou ke zvyšování efektivnosti výrobního systému. Tento nepřetržitý proces zlepšování se týká i údržby, která má význam nejen pro zvyšování produktivity práce, ale i pro snižování nákladů.

Cíle bakalářské práce:

Zpracujte rešerši na dané téma. Soustřed'te se na teorii údržby a systémy údržby, se zaměřením na princip údržby metodou TPM.

Seznam odborné literatury:


1. ČSN EN 13306. Údržba - Terminologie údržby. Praha: Český normalizační institut, 2011.
2. MYKISKA, Antonín. Bezpečnost a spolehlivost technických systémů. 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2006, 206 s. Učební texty ČVUT v Praze. Fakulta strojní. ISBN 80-01-02868-2.
3. FAMFULÍK, J.; MÍKOVÁ, J.; KRYŽÁNEK, R.. Teorie údržby. 1. vydání. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2007, 121 s. Učební texty VŠB - TU Ostrava. ISBN 978-80-248-1509-1.
4. LEGÁT, Václav. Systémy managementu jakosti a spolehlivosti v údržbě. 1. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007, 192 s. ISBN 978-80-02-01949-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Hana Opočenská

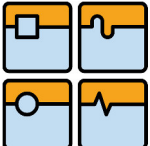
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 20.11.2014



  
doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
Ředitel ústavu

  
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
Děkan

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

### **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je seznámit se se systémem údržby, rozdělením a typech údržby ve strojírenských společnostech. Především seznámení s principy údržby metodou TPM.

#### ***Klíčová slova***

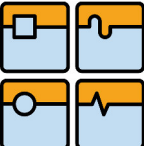
Údržba, systémy údržby, komplexní produktivní údržba, technická diagnostika, autonomní údržba.

### **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis is to acquaint with the maintenance system, allocation, and types of maintenance in the mechanical engineering companies. Especially do introduction to the principles of maintenance of the TPM method.

#### ***Key words***

Maintenance, systems of maintenance, total productive maintenance, technical diagnostics, autonomous maintenance.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

### **Bibliografická citace**

PLANČAR, Jakub. *Principy údržby metodou TPM*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2015, 51 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Hana Opočenská

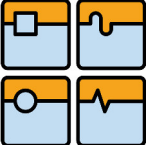


BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Principy údržby metodou TPM* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Hany Opočenské, a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

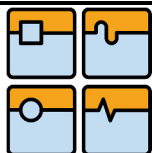
V Brně dne: 29. 5. 2015

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

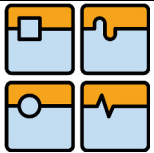
## Poděkování

Tímto děkuji paní Ing. Haně Opočenské za cenné připomínky a rady týkající se zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě Siemens s. r. o., se kterou jsem problematiku konzultoval, a která mi dovolila zveřejnit interní firemní záznamy.



**Obsah**

Úvod.....	10
1 Provozní spolehlivost.....	11
1.1 Údržba jako nástroj zajištění provozní spolehlivosti.....	13
1.2 Prostředky zajištění údržby .....	14
1.3 Procesy údržby .....	15
2 Technická diagnostika.....	16
2.1 Vybrané základní pojmy z údržby a technické diagnostiky .....	16
2.2 Základní rozdělení diagnostiky.....	17
2.3 Údržbářské činnosti .....	18
3 Systémy údržby .....	23
3.1 Systém údržby po poruše .....	23
3.2 Systém plánovaných preventivních oprav (PPO).....	23
3.3 Systém diferencované proporcionální péče (DIPP) .....	23
3.4 Systém diagnostické údržby .....	24
3.5 Systém prognostické údržby .....	24
3.6 Systém automatizované údržby .....	24
3.7 Proaktivní údržba .....	24
4 TPM - Komplexní produktivní údržba .....	26
4.1 Historie a vývoj TPM .....	26
4.2 Produktivita při TPM.....	27
4.3 Základní pilíře TPM.....	28
4.3.1 Autonomní údržba.....	29
4.3.2 Plánovaná údržba .....	30
4.3.3 Hodnocení celkové efektivity strojů a zařízení .....	30
4.3.4 Trénink pro zlepšení zručnosti pracovníků.....	32
4.3.5 Systém pro návrh preventivní údržby a včasný management zařízení .....	33
4.4 Rozšíření základních pěti pilířů .....	33
4.5 Implementace TPM.....	34
4.5.1 Vizualní management při implementaci TPM.....	35
4.5.2 Přínosy z implementace TPM .....	36
5 Praktická realizace TPM.....	37
5.1 Seznámení se společností .....	37
5.1.1 Siemens AG.....	37
5.1.2 Siemens v České republice.....	37
5.1.3 Siemens s. r. o. z. Elektromotory Mohelnice .....	37
5.2 Historie údržby v SEM .....	38
5.3 Zavádění TPM v Siemens Elektromotory Mohelnice .....	38
5.4 Zavedení programu zvyšování CEZ.....	40
5.5 Zavedení Programu autonomní údržby.....	42
5.6 Zavedení programu plánované údržby .....	44
5.7 Zhodnocení zavedení TPM pro Siemens .....	46
ZÁVĚR .....	47
Seznam použitých zdrojů .....	48
Seznam použitých obrázků .....	49
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	50
Seznam příloh .....	51



## ÚVOD

V této době existuje řada moderních přístupů, které vedou ke zvyšování efektivnosti výrobního systému. Tento nepřetržitý proces zlepšování se týká i údržby, která má význam nejen pro zvyšování produktivity práce, ale i pro snižování výrobních nákladů.

Údržba strojů má vést ke:

- zvyšování provozuschopnosti a provozní spolehlivosti,
- zajištění delších intervalů mezi údržbářskými odstávkami,
- efektivnímu využití pracovníků údržby,
- lepší a efektivní technické podpoře,
- účinnějšímu využití informací,
- apod.

Tohle jsou svým způsobem celkem známé cesty zvyšování produktivity výroby, ale bohužel ne vždy plně využívané nejen v českých, ale i zahraničních podmínkách. Efektivita a zisk je většinou dosahován díky tzv. outsourcingu výroby, tzn. obchodního rozhodnutí, které má vést ke snížení nákladů a (nebo) k soustředění na hlavní činnosti firmy, a to v zájmu její konkurenceschopnosti.

Je nutné si především uvědomit, že v dnešním moderním podnikání se pak „nástroji“ řešení stávají i dříve opomíjené problémy, ke kterým patří především údržba za podmínky jejího systémově procesního chápání. Cílem každé údržby je v základním a co nejjednodušším pohledu udržovat výrobní zařízení v technicky dobrém a provozuschopném stavu při vynakládání optimálních nákladů.

Splnění daného cíle je velmi obtížné, údržba jako taková sice patří k nepostradatelným, tedy základním procesům každé výroby, ale je procesem velmi rozporným, neboť na straně jedné spotřebovává finanční prostředky, pracovní sílu, snižuje časový fond apod., a na straně druhé odstraňuje následky opotřebení, tzn. prodlužuje životnost, zvyšuje provozní spolehlivost apod.

Údržba se stává nedílnou součástí každého výrobního procesu výrobní společnosti, je-li chápána jako procesně technická činnost, tzn. potřebuje definovat vizi a strategii, formulovat měřitelné a kontrolovatelné cíle, zjednodušit procesy a nároky na zdroje, zjednodušit strukturu a zvýšit motivaci lidí, využívat zpětných a dopředných vazeb, apod., a tím vytvořit předpoklady pro úspěšné fungování nejen údržby, ale celé výrobní společnosti.

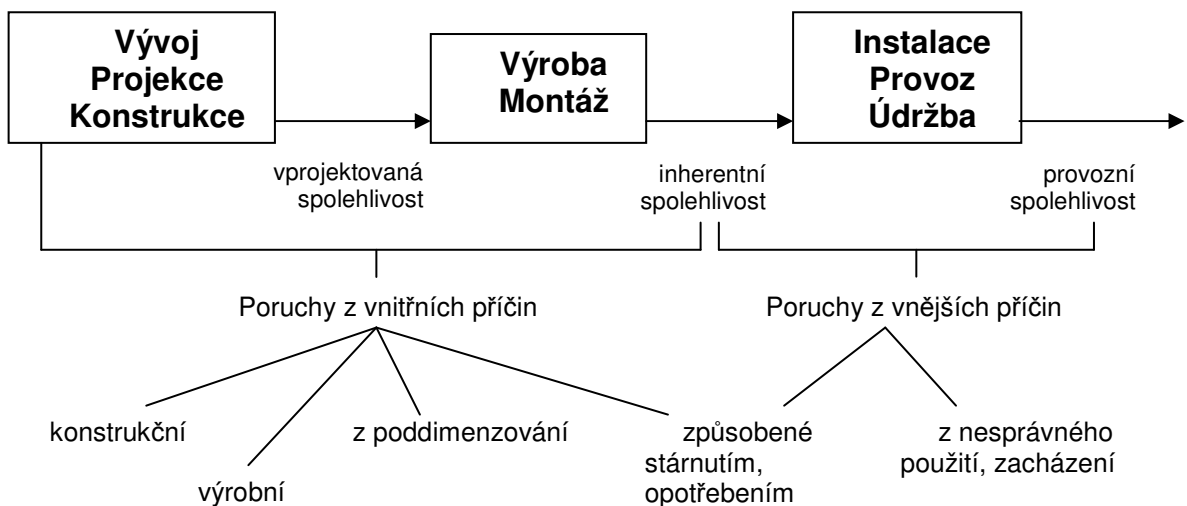
Tohle nás přivádí k závěru, že dnešní poznatky jednoznačně vedou k následujícímu základnímu faktu, a to, že neexistuje univerzální recept na řešení systému údržby výrobních společností. Každý systém musí respektovat charakter výrobního procesu a podmínek, tzn., že existují obecné postupy, jež při systémovém procesním chápání jsou aplikovatelné na danou konkrétní verzi systému údržby výrobní společnosti.

## 1 PROVOZNÍ SPOLEHLIVOST

Provozní spolehlivost je vlastnost výrobku (stroje), která mu umožňuje plnit určené funkce v mezích přípustných tolerancí při daných provozních podmínkách a požadované době provozu.

Následně teprve mluvíme o dílčích znacích spolehlivosti jako je funkčnost, bezpečnost, udržitelnost, pohotovost, bezporuchovost, zajištění údržby apod. Z čehož vyplývá, že zabezpečení provozní spolehlivosti je nutno chápat jako systémový problém řešení všech činností a procesů ve svých vzájemných vazbách a souvislostech.

Provozní spolehlivost se prolíná celým průběhem technického života každého objektu, od vývoje a konstrukci, přes samotnou výrobu a montáž až po instalaci, provoz a následnou údržbu. První tři základní etapy životního cyklu objektu jsou zobrazeny na obr. 1.



Obr. 1 Provozní spolehlivost a technický život objektu [1]

Pokud chceme naplnit již uvedenou nutnost systémově procesního pojmání údržby jako nástroje pro zajištění provozní spolehlivosti, tak jsme nuceni používat takové postupy a procesy, které nám umožní realizovat stanovené cíle, strategie a koncepce. [1]

Postup stavby efektivní firmy a údržby je závislý na mnoha faktorech, což můžeme vidět na obr. 2.



Obr. 2 Základní postup stavby efektivní firmy a údržby [1]

Definice základních obecných požadavků na údržbu:

- procesní přístup,
- systémový přístup,
- řízení údržby,
- zapojení všech pracovníků,
- neustálé zlepšování,
- rozhodování postavené na jistotě faktů,
- prosazování výhodných dodavatelských vztahů,
- změna myšlení postojů.

Tyto základní obecné požadavky na údržbu lze nazvat jako „*Maximalizace provozní spolehlivosti*“, tzn. splnění nejzákladnějších požadavků každého uživatele, resp. dosažení nejvyšší možné úrovně, čímž zajistíme nutný systémový a procesní přístup k údržbě. [1]

### 1.1 Údržba jako nástroj zajištění provozní spolehlivosti

Údržbu lze definovat jako proces realizovaný s cílem udržovat zařízení v nejlepším možném provozuschopném stavu, tj. odstraňovat následky opotřebení a všech dalších provozních vlivů, stejně jako veškerého negativního působení prostředí a předvídaných i nepředvídaných poruch.

Cíl údržby:

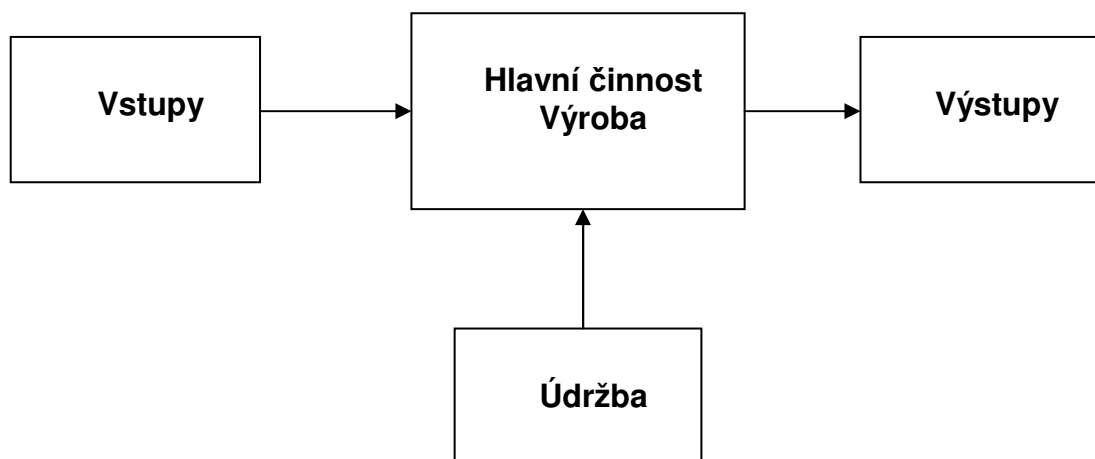
- Je charakterizován potřebou takového režimu péče o hmotný majetek, který poskytuje skutečný objektivní obraz a pomáhá zlepšit celkovou efektivnost zařízení. Řeší problémy údržby strojů a zařízení jednou pro vždy, včetně dopadu na produktivitu.

Filosofie a strategie údržby:

- Systém principu pro organizování a provádění údržby, je postaven na pojetí údržby jako problému, nejen částečného, ale celopodnikového, který pomocí souboru aktivit vedoucích k provozování strojů a zařízení za optimálních podmínek a změně pracovního systému tyto podmínky zajišťuje, což můžeme zahrnout pod pojmem „*Maximalizace efektivnosti výrobního zařízení*“.

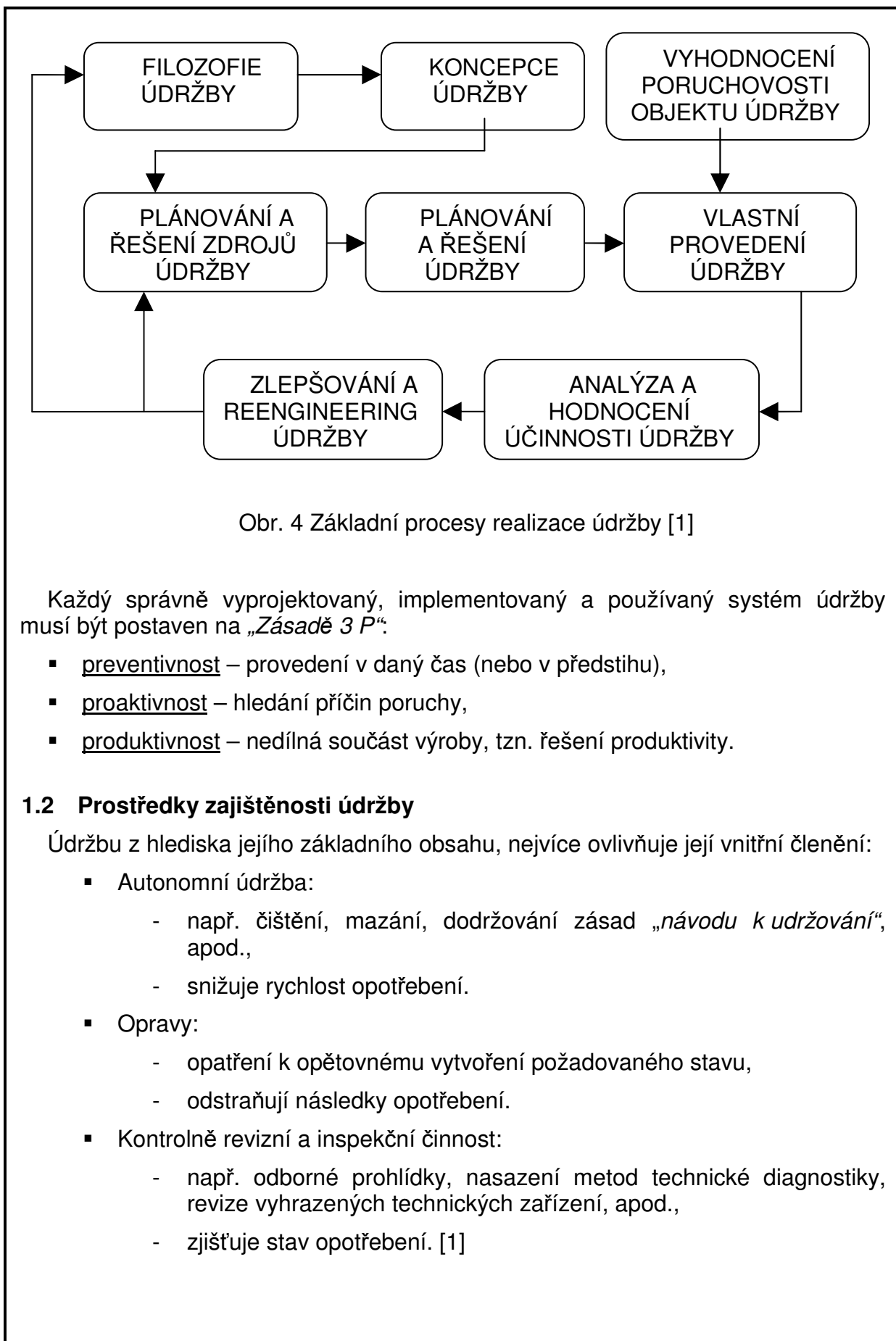
Koncepce údržby:

- Popis vztahu mezi místy údržby, stupni rozčlenění objektu a stupni údržby, které mají být použity pro údržbu objektu. Hodnotový tok výrobní společnosti je na obr. 3. [1]



Obr. 3 Hodnotový tok výrobní společnosti [1]

Postup procesů, které se využívají v údržbě je velmi pečlivě promyšlen a má svůj daný řád (obr. 4).



Obr. 4 Základní procesy realizace údržby [1]

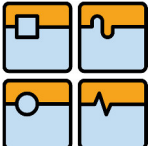
Každý správně vyprojektovaný, implementovaný a používaný systém údržby musí být postaven na „Zásadě 3 P“:

- preventivnost – provedení v daný čas (nebo v předstihu),
- proaktivnost – hledání příčin poruchy,
- produktivnost – nedílná součást výroby, tzn. řešení produktivity.

## 1.2 Prostředky zajištění údržby

Údržbu z hlediska jejího základního obsahu, nejvíce ovlivňuje její vnitřní členění:

- **Autonomní údržba:**
  - např. čištění, mazání, dodržování zásad „návodu k udržování“, apod.,
  - snižuje rychlost opotřebení.
- **Opravy:**
  - opatření k opětovnému vytvoření požadovaného stavu,
  - odstraňují následky opotřebení.
- **Kontrolně revizní a inspekční činnost:**
  - např. odborné prohlídky, nasazení metod technické diagnostiky, revize vyhrazených technických zařízení, apod.,
  - zjišťuje stav opotřebení. [1]

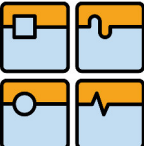
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 15
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

### 1.3 Procesy údržby

Procesy údržby představující naprostý základ činností údržby:

1. Vyvolání zásahu – informace o potřebě.
2. Provedení zásahu – kdo, kde, jak, včetně záznamu.
3. Informace o objektu – dokumentace, montážní a demontážní postupy, historie oprav.
4. Informace o vazbách a souvislostech ve výrobě, bezpečnosti a riziku provozu, nebezpečí havárie pro provoz a okolí.
5. Plánování údržby – zdroje prostředků a lidí, technické režimy výroby apod.
6. Kontrolně inspekční a revizní činnost – prohlídky všeho druhu.
7. Informace o provedených údržbářských zásazích všeho druhu a jejich řešení.
8. Nákladovost a délka provedených zásahů (včetně způsobu vyhodnocení).
9. Zdroje údržby – počty a kvalifikace lidí, nástroje, materiál, pomocná zařízení, dodavatelé, apod.
10. Disponibilita a kvalita zdrojů údržby.
11. Určení kritických, klíčových objektů výrobního procesu – priority údržby z pohledu potřeby výroby.
12. Definování procesů podpory – informační technologie, mechanické prostředky, apod.
13. Riziková analýza – pravděpodobnost a důsledky možné poruchy (havárie).
14. Outsourcing – porovnání řešení pomocí vlastních či externích zdrojů.
15. Kontrola správnosti fakturace.
16. Racionalizace hospodaření s náhradními díly.
17. Vyhodnocování dat a údajů – především klíčových výkonných ukazatelů.
18. Koordinace a schvalovací procedury – práce, pracovníků, návazných činností, apod. [1]

Žádná údržba by se neobešla bez technické diagnostiky a aplikace jejích metod.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 16
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

## 2 TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA

V technické diagnostice jde o poznání určitého stavu sledovaného objektu.

Její vývoj je úzce spjat s rozvojem elektrotechniky, automatizace, elektroniky a v posledních desetiletích také výpočetní techniky.

Úspěšný diagnostický systém musí pracovat s pojmy:

- **diagnóza** – vyhodnocení provozuschopnosti objektu za daných podmínek,
- **prognóza** – určení budoucího vývoje technického stavu objektu na základě statistických vyhodnocení pravděpodobnosti bezporuchového stavu,
- **geneze** – analýza příčin poruch nebo předčasného zhoršení technického stavu objektu a předpokládá dostatečnou znalost jeho „*historie*“.

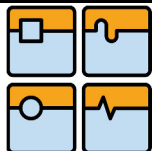
Bez účasti technické diagnostiky jako oboru není vůbec možná především existence moderních systémů prediktivní i proaktivní údržby, které vynikají svou efektivností a účinností, ale přitom jsou zcela závislé na kvalitě diagnostiky.

Lze konstatovat, že při použití diagnostických metod je možné určit skutečný okamžitý stav sledovaného stroje či zařízení, tj. jeho okamžitou spolehlivost. [1, 4]

### 2.1 Vybrané základní pojmy z údržby a technické diagnostiky

- **Opotřebení** – je úbytek materiálu z rezervy na opotřebení na povrchu dílů, např. hřídelí nebo náradí, např. na vyměnitelných břitových destičkách. Příčinou opotřebení může být otěr, stárnutí nebo koroze.
- **Rezerva na opotřebení** – je přídavek materiálu na povrchu části stroje nebo nástroje, který může být opotřebením odebrán, aniž by se ještě porušila funkčnost součásti a byla nutná její výměna. Je-li spotřebována celá rezerva na opotřebení, musí být díl stroje nebo nástroj vyměněn.
- **Čištění** – odstraňování třísek a nečistot pomocí háčku, smetáčku nebo štětce z prostoru obrábění i dalších míst stroje.
- **Mazání** – natírání olejem nebo plastickým mazivem (vazelínou), nástřik oleje na vodící dráhy a upínače nástrojů. Je nutno používat maziva předepsaná výrobcem.
- **Seřizování** – přeměňování a kalibrování nástrojů, napínání klínových a ozubených řemenů.





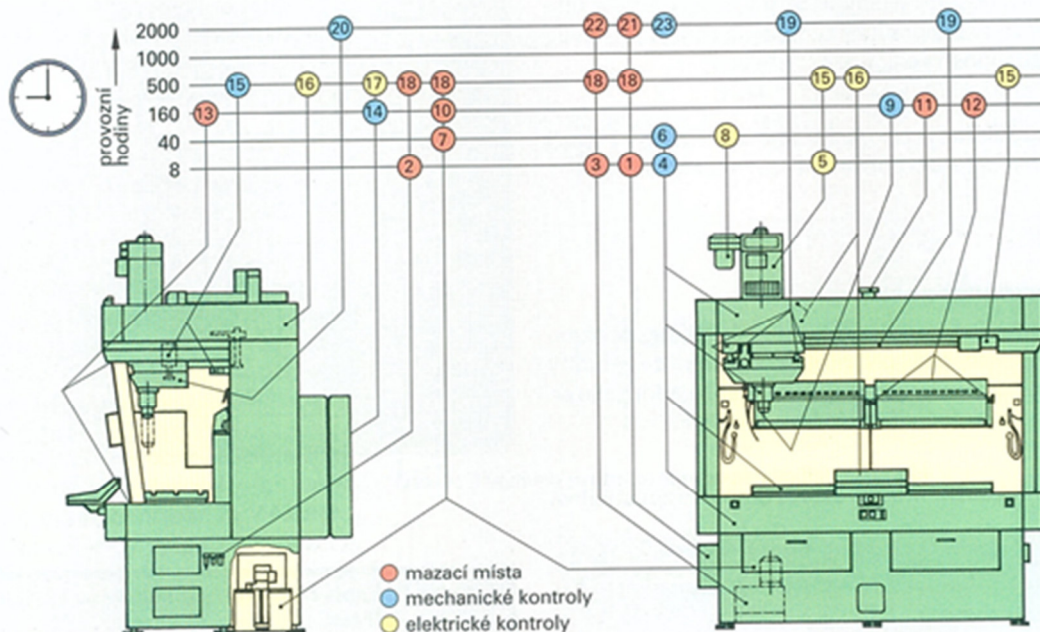
- Konzervování – nástroje ukládané do skladu jsou chráněny ochranným povlakem (např. vazelínou) proti korozi. [1]

## 2.2 Základní rozdělení diagnostiky

Technickou diagnostiku lze rozdělit například na:

- Technickou bezdemontážní diagnostiku (TBD)
  - testová diagnostika a její hypotézy (funkční diagnostika),
  - provozní technická diagnostika (např. vibrodiagnostika, tribodiagnostika, termodiagnostika, akustická diagnostika, apod.).
- Technickou nedestruktivní diagnostiku (TND) – „defektoskopii“
  - zjišťování vnitřních a povrchových vad a necelistvostí. [1, 4]

Po diagnostice stroje následuje samotná údržba, která je závislá na časovém plánu jednotlivých činností a prohlídek (obr. 5).



Obr. 5 Příklad stroje pro údržbu s časovým plánem [3]

Údržba s časovým plánem je druh údržby, při kterém jsou jednotlivé činnosti na stroji (jako je mazání, mechanické a elektrické kontroly) podloženy časovým plánem. Každá činnost má určitou periodu, po které by se měla opakovat.

Z obr. 5 můžeme vidět, že první, velice důležitou, činností časového plánu může být mazání stroje. Po určité době provozu stroje, je také důležité podniknout celkovou mechanickou a elektrickou kontrolu stroje pro zjištění správné funkčnosti zařízení.

### 2.3 Údržbářské činnosti

Mezi hlavní údržbářské činnosti patří:

#### ▪ **Vnější čištění stroje**

Nečistoty jsou jedním z iniciátorů koroze, protože zhoršují osychání povrchů, zadržují vlhkost a další činitele podporující nebo vyvolávající korozi.

Nečistoty vznikají mezi funkčními povrchy a způsobují abrazivní opotřebení a korozi. Mezi nečistoty se řadí např. zemina, prach, posypový materiál, uniklý olej, palivo, zbytky používaných a zpracovávaných materiálů.

Způsoby čištění:

- mechanické setření, seškrabání, ometení silných vrstev nečistot (málo produktivní, málo účinné),
- ofoukání stlačeným vzduchem, vysátí vysavačem,
- mytí strojů (nejrozšířenější způsob čištění). [4]

#### ▪ **Mytí strojů**

Nejběžnější a nejrozšířenější způsob čištění strojů (obr. 6).

Hlavní možnosti mytí jsou:

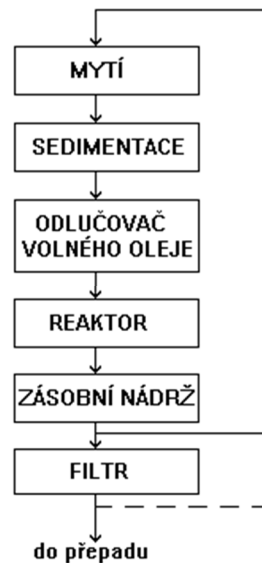
- mytí studenou beztlakovou nebo tlakovou vodou,
- mytí horkou tlakovou vodou,
- mytí párou.

Účinky vody při mytí jsou jednak mechanické, tj. narušování a uvolňování nečistot, jednak odplavovací.

Mechanické účinky vody rostou se zvyšujícím se tlakem vody. Odplavovací účinky se zhoršují s klesajícím množstvím vody. Z toho plyne, že optimálního mycího účinku dosáhneme při co nejvyšším tlaku vody, při současně nejnižším, dostatečném množství vody.

Použití chemických přípravků:

- organická rozpouštědla
  - o hořlavá (benzín, nafta, petrolej aj.),
  - o nehořlavá (chlorované uhlovodíky).
- saponáty
  - o chemicky neutrální, povrchově aktivní látky,
  - o vhodné na uvolňování tenkých vrstev nečistot.
- emulzní odmašťovadla
  - o chemické látky, které umožňují vznik emulzí ropných látek ve vodě,
  - o vhodné i na tlusté, pevně lpící vrstvy nečistot. [2, 4]



Obr. 6 Schéma uzavřeného okruhu vody na pracovišti pro mytí strojů [4]

#### ▪ Mazání strojů

Velmi častá a důležitá práce při preventivní údržbě strojů a zařízení.

Má přímý vliv na rychlost opotřebení funkčních povrchů součástí.

Z fyzikálního hlediska je mazáním ovlivňováno tření, tedy mechanická účinnost mechanismů.

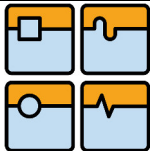
Funkce maziva:

- maže funkční povrchy součástí - tj. snižuje tření,
- konzervuje mazané povrchy - chrání je před korozí,
- chladí mazané povrchy - odvádí třecí teplo,
- dotěsňuje mazané povrchy - zlepšuje účinnost a brání vnikání nečistot zvenčí,
- vynáší cizí částice - brání sekundárnímu abrazivnímu opotřebení.

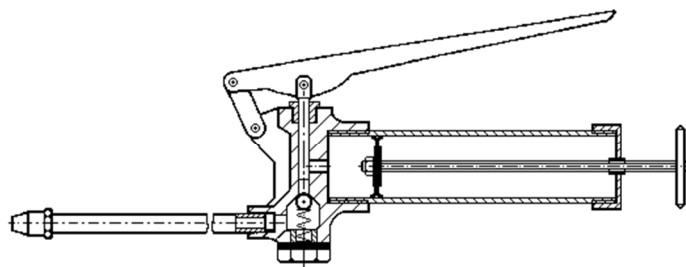
Nejčastěji používané způsoby mazání u většiny strojů:

- mazání olejovou náplní, periodicky vyměňovanou – vlastní mazání je pasivní (ponoření mazaných ploch do maziva), nebo aktivní (mazivo je čerpadlem dopravováno k mazaným plochám),
- mazání tukovou náplní, periodicky doplňovanou – způsob běžný pro mazání kluzných i valivých uložení. [1, 2, 4]

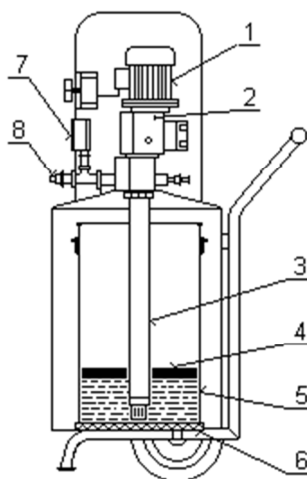
Technickými pomůckami pro mazání jsou mazací lisy (ruční, motorový) a automatický dávkovač maziva (obr. 9). Ruční mazací lis je zobrazen na obr. 7, motorový mazací lis je na obr. 8.



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

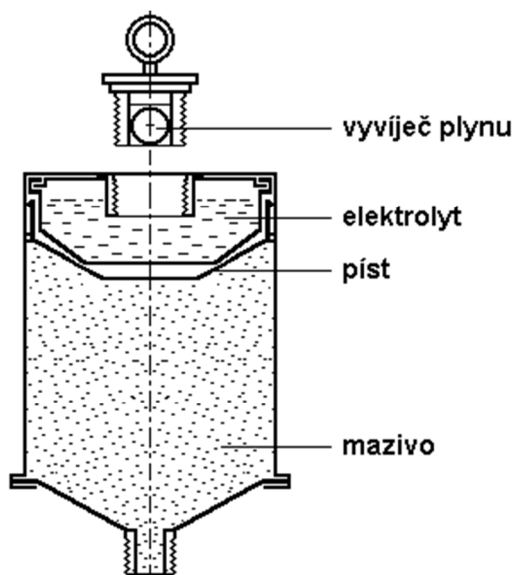


Obr. 7 Ruční mazací lis [4]

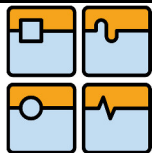


- 1 - elektromotor
- 2 - převodovka
- 3 - nosná trubka čerpadla
- 4 - zatěžovací deska
- 5 - nádoba s mazivem
- 6 - elektrická topná deska
- 7 - manometr
- 8 - vývod

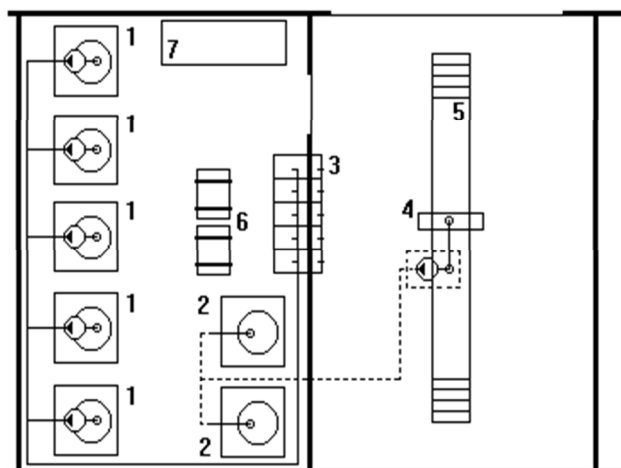
Obr. 8 Motorový mazací lis [4]



Obr. 9 Automatický dávkovač maziva [4]



Na obr. 10 je znázorněno schéma pracoviště mazání s olejovým hospodářstvím.



- 1 - nádrže na čistý olej
- 2 - nádrže na vyjetý olej
- 3 výdejní stěna pro jednotlivé druhy maziva, vodu a vzduch
- 4 - pojízdné záchytné zařízení pro vypouštění olejových náplní
- 5 - montážní jáma
- 6 - sudy na méně používané druhy oleje
- 7 - regál na drobné pomůcky a materiál

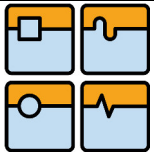
Obr. 10 Schéma pracoviště mazání s olejovým hospodářstvím [4]

#### ▪ Maziva

Všechny látky, které mají schopnost ovlivnit součinitel tření na relativně se pohybujících plochách.

Rozdělení:

- Mazací oleje
  - látky ropného původu, rostlinného původu, a látky syntetické,
  - oleje motorové – mazání spalovacích motorů,
  - oleje převodové – náplně převodovek,
  - oleje ostatní – liší se podle konkrétního určení.
- Plastická maziva
  - „mazací tuky“ – složené obvykle z minerálního oleje, zahušťovadla, a přísad,
  - podle typu zahušťovací látky - hlinitá, vápenatá, sodná, lithná,
  - podle viskozity - polotekutá, velmi měkká, měkká, poloměkká, střední, polohutná, hutná.



- Tuhá maziva

- malá tvrdost, malá smyková pevnost, velká přilnavost ke kovům,
- jejich význam v poslední době roste, zejména pro použití např. v kryogenní, kosmické, zdravotnické a jiné technice, ale i ve strojírenských aplikacích. [1, 4, 5]

### **Kontrola strojů při preventivní údržbě**

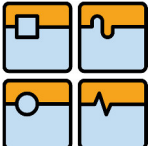
Patří sem celá řada jednoduchých údržbářských prací, ale i přesto, prací velice důležitých.

Postup preventivní údržby:

- vizuální kontrola stroje – únik provozních hmot, poloha a upevnění jednotlivých částí stroje,
- zkušební běh stroje,
- kontrola dotažení spojů – demontované spoje, spoje namáhané vibracemi apod.,
- seřizování vnějších přístupných prvků,
- kontrola vybraných funkcí. [2, 4]

Pravidlem produktivní údržby je, že údržba musí, stejně jako hlavní výrobní oblasti, maximálně přispět ke zvyšování produktivity a stát se produktivní údržbou.

V současnosti je jednou z nich právě metoda TPM.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 23
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

### 3 SYSTÉMY ÚDRŽBY

Naplňování výrobních cílů vyvolává změny strategie, díky kterým dochází i ke změně systémů údržby. Ve své podstatě lze systémy údržby rozdělit na dva základní a těmi jsou údržba po poruše a preventivní údržba.

Existují i jiné názory a ty rozdělují systémy údržby následovně. [6]

#### 3.1 Systém údržby po poruše

Vyžaduje ve své podstatě velmi malé náklady během samotného provozu zařízení. Vychází ze skutečnosti, že k poruše při tomto způsobu provozu zákonitě dochází a údržba pak řeší následky (tzn. jak dostat stroj do původního, provozuschopného stavu, aby mohl vykonávat svou funkci).

Následky, které se projeví nejen bezprostředně v podobě požadavku na opravu systému, ale také jako dopady poruchy v podobě často dlouhodobé odstávky zařízení a následného výpadku produkce.

Tento druh údržby lze využívat u nedůležitých zařízení, které svým výpadkem nenaruší výrobní proces. [2]

#### 3.2 Systém plánovaných preventivních oprav (PPO)

Po uplynutí stanoveného časového cyklu, který je většinou udán výrobcem zařízení, se provádí preventivní prohlídka a preventivní oprava.

Cyklus těchto prohlídek je dán jako časový interval mezi pořízením zařízení a jeho generální opravou. Začíná tzv. týdenní opravou, přes čtvrtletní opravu, pololetní opravu, roční opravu a končí generální opravou.

Tento systém údržby není optimální a z finančního hlediska je i nákladný. Důvodem je pevný časový interval bez ohledu na skutečný technický stav objektu.

Výhodou systému jsou plánované odstávky objektu podle výrobního cyklu. [6]

#### 3.3 Systém diferencované proporcionální péče (DIPP)

Jelikož stroje a zařízení mají různé vlastnosti, různý význam, různou životnost, různou složitost, apod. provádí se údržba dle diferencovaného přístupu.

Stanovuje se:

- stupeň složitosti strojů,
- stupně technické úrovně,
- technický stav na základě zjevných znaků opotřebení,
- úroveň opravitelnosti (náročnost opravy a její rozsah).

Tato údržba se řídí na základě nákladů a poruchovosti. [6]

### 3.4 Systém diagnostické údržby

Tento typ údržby jako první respektuje skutečný technický stav objektu. K tomu využívá objektivní metody technické diagnostiky.

Stroje jsou odstavovány pouze tehdy, když dosáhly určitého mezního opotřebení nebo když překročili meze přípustné tolerance. Diagnostická měření jsou prováděna v časových cyklech, na objednávku nebo monitorováním.

Často se tato údržba označuje jako mezní údržba. [6]

### 3.5 Systém prognostické údržby

Systém prognostické údržby navazuje na předchozí systém diagnostické údržby. Na základě naměřených údajů technického stavu objektu se provádí predikce (prognóza) určení zbytkové životnosti diagnostického objektu. Tento systém tedy vyžaduje dokonalou diagnostickou techniku.

Díky tomuto systému dochází k důslednému odstranění poruch, v optimálním čase a předstihu.

Náklady na samotnou údržbu se oproti předchozím variantám několikanásobně snižují. Naopak narůstají počáteční náklady údržby, především z hlediska vysoké ceny diagnostických systémů.

Další výhodou tohoto systému je, že umožňuje sladit požadavky výroby s požadavky údržby, tedy sladit odstávky výroby pro údržbu a zároveň předcházet haváriím. [2, 6]

### 3.6 Systém automatizované údržby

Snaha o maximální výkon údržby při současném požadavku na minimalizaci nákladů na údržbu vedlo k vytvoření systému řízení údržby uzavřeného v systému řízení výroby.

Tento systém údržby umožňuje řízení údržby v reálném čase. Je tedy zřejmé, že řízení údržby již není možné bez využití výpočetní techniky. [6]

### 3.7 Proaktivní údržba

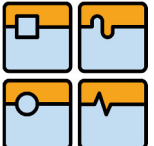
Proaktivní údržba je poslední generací údržby a vychází z reálného stavu provozovaného objektu. Jejím předchůdcem je prediktivní verze údržby, kterou dále zdokonaluje, takže jejím základem je opět využití diagnostických systémů, zpravidla ovšem mnohem komplexnější.

Již při konstruování stroje či zařízení by tedy mělo být pamatováno na možnost připojení diagnostických systémů, počítá se tedy s umístěním snímačů a měřících míst pro sledování vibrací, s odběrem vzorků maziv, teplot, a zjišťováním dalších parametrů. [2]

Do proaktivní údržby můžeme například zařadit:

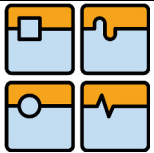
- TPM – Komplexní produktivní údržba,
- RCM – Údržba zaměřená na bezporuchovost,



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 25
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- RBI – Inspekce rizik,
- RCA – Analýza příčin,
- LCC – Minimalizace nákladů na životní cyklus, ad. [6]

Systémem komplexně produktivní údržby se podrobněji zabývá následující kapitola.



## 4 TPM - KOMPLEXNÍ PRODUKTIVNÍ ÚDRŽBA

TPM je zkratkou pro pojem „Total Productive Maintenance“, ve volném předkladu komplexní produktivní údržba.

Tato údržba představuje součást výrobní filozofie podniku, jenž zahrnuje všechny útvary podniku, vyjadřuje vzájemné propojení údržby a výroby se zajištěností údržby a s technickým zabezpečením udržovatelnosti.

Při TPM jde o překonání tradičního dělení pracovníků na ty, kteří daný stroj obsluhují (pracují s ním), a na ty, kteří ho udržují a opravují. Důvodem je fakt, že právě pracovník u stroje má možnost jako první zachytit funkční abnormality, chyby stroje, a případné zdroje budoucích poruch.

V rámci TPM tedy dochází k přesunu co největšího počtu diagnostických a údržbářských činností z útvaru údržby přímo do úseku výroby, na pracovníky u výrobních strojů, do výrobních týmů. [7, 8]

### 4.1 Historie a vývoj TPM

Filosofie metody TPM vznikla v Japonsku v 50. až 60. letech 20. století.

Autorem TPM je Seichi Nakajima, který své poznatky zformoval do komplexního návrhu, kterému dal název Total Productive Maintenance. Jeho projekt rozvíjí přístupy preventivní a prediktivní údržby a navíc zavádí i nové prvky, jako je zapojení malých týmových skupin, zavedené autonomní údržby, prvky bezpečnosti na pracovišti či vizuální management.

V roce 1971 zavedl Seichi Nakajima metodu TPM do japonských podniků. V tomto roce byla nadále filosofie TPM výstižně definována v pěti bodech institutem pro podnikovou údržbu v Japonsku (JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance):

1. TPM je implementována v jednotlivých útvarech podniku.
2. TPM využívá analýzu preventivní údržby v celém životním cyklu zařízení.
3. TPM zapojuje do svých aktivit všechny pracovníky – od top managementu až po dělníky u strojů.
4. TPM se soustředí na maximalizaci celkové efektivnosti zařízení.
5. TPM je založena především na produktivní údržbě vycházející z motivace managementu a práce autonomních týmů. [7, 8]

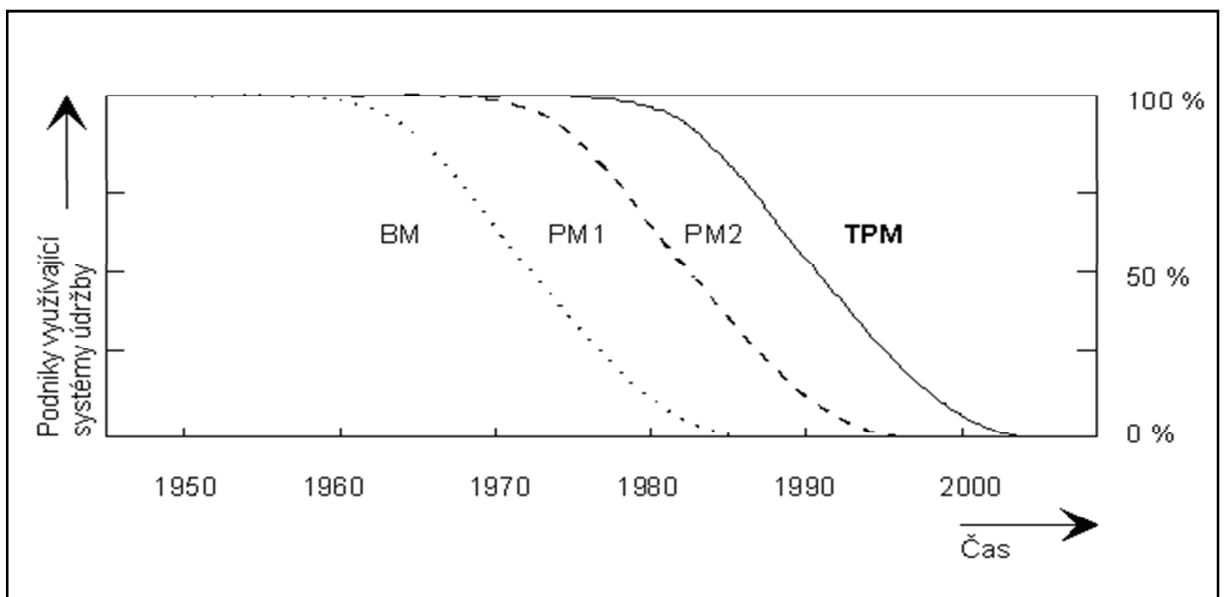
V roce 1989 byla přijata nová definice TPM, kvůli rozšíření metody TPM na celý podnik:

- TPM se nezavádí jen ve výrobě a v kooperujících odděleních, ale v celém podniku včetně oddělení vývoje, prodeje, nákupu, administrativy, apod.
- TPM zapojuje do svých aktivit všechny pracovníky podniku – od dělníků v dílně až po vrcholový management.
- TPM se důkladně zabývá celým systémem tak, aby se předešlo všem druhům ztrát na pracovišti nebo na zařízení (nulové ztráty rychlosti, nulové nehody a úrazy, nulové prostoje, nulové neshodné výrobky). [7]



Vývoj systémů údržby ve světě je názorně ukázán na obr. 11. Fáze údržby jsou označeny zkratkami tvořenými z etap v anglickém jazyce:

- BM – Break-down Maintenance (údržba po poruše),
  - PM 1 – Preventive Maintenance (preventivní údržba),
  - PM 2 – Productive Maintenance (produktivní údržba),
  - TPM – Total Productive Maintenance (komplexně produktivní údržba).
- [5, 7]



Obr. 11 Vývoj v oblasti systémů údržby [7]

## 4.2 Produktivita při TPM

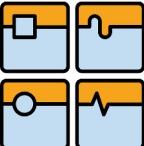
Hlavní náplní metody TPM je zvýšit produktivitu v co největším měřítku, a to ve smyslu minimalizace vstupů a maximalizace výstupů.

Pod pojmem výstup rozumíme činnosti, které zahrnují snižování nákladů, zvýšení morálky, zlepšování kvality, zlepšení bezpečnosti a zdravotních podmínek a všeobecně zlepšení celkového pracovního prostředí.

Mezi hlavní nedostatky související s produktivitou patří:

- nedostatečná podpora řízení výroby informačními technologiemi,
- nedostatek strategického přístupu k řízení výroby,
- používání zastaralých nebo nevhodných koncepcí řízení a organizace výroby.

Tyto nedostatky se mohou odstranit změnou prostředí a péčí o stroje a zařízení, nebo změnou celé podnikové kultury.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 28
	<b>BAKALÁŘSKÁ PRÁCE</b>	

Ztráty ve výrobním systému podniku, v oblasti využívání strojů, vznikají jak při provozu a údržbě daného zařízení, tak i z důvodu lidských chyb.

Právě metoda TPM zapojuje všechny pracovníky v podniku do procesu maximalizace celkové efektivity zařízení a snižování ztrát.

Ztráty jsou způsobovány základními třemi prvky při výrobě:

- opotřebením (25%) – tření, opotřebení, teplota, lomy, tlak,
- člověkem (33%) – neznalost, nedostatečný trénink, žádná motivace, chybné chování, bezmyšlenkovitost,
- znečištěním (42%) – třísky, prach, laky, maziva, oleje, zalepení, kyselost/zásadovost.

TPM klade důraz na prevenci s následujícími principy:

- včasné odstranění abnormalit jako mohou být nedotažené šrouby, zvukové efekty, tekoucí olej, apod.,
- okamžité reagování na abnormality,
- provoz strojů v optimálních podmínkách, neboli předcházení zhoršení stavu zařízení (každodenní kontrola, čištění, mazání, apod.). [7, 8]

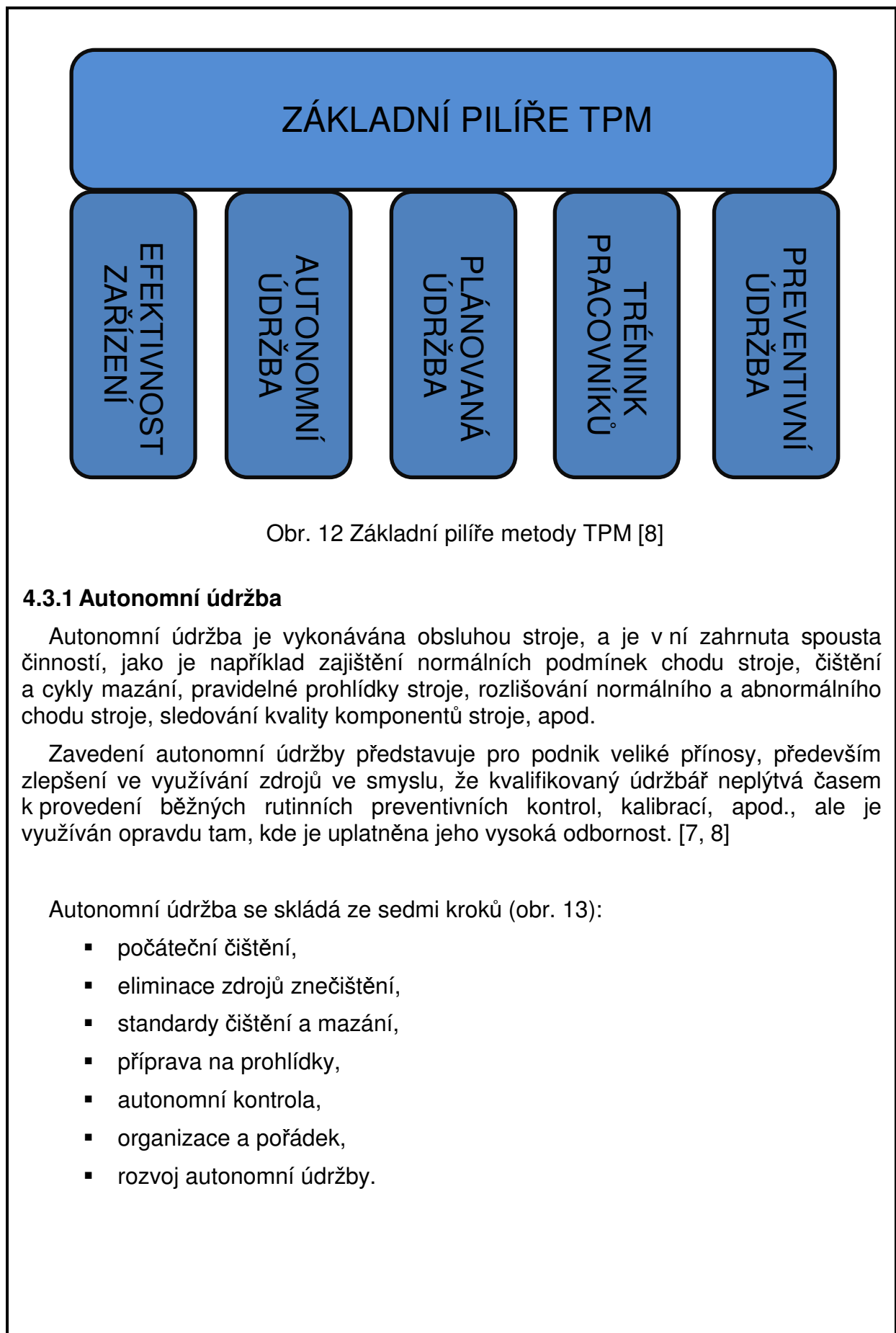
### 4.3 Základní pilíře TPM

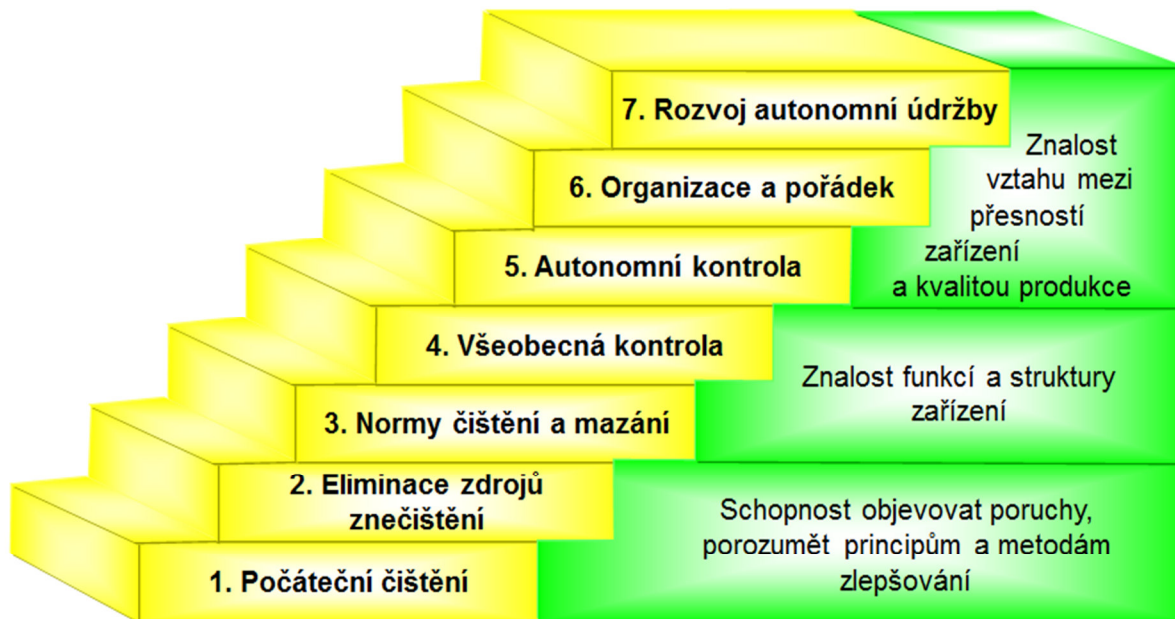
Metoda TPM spočívá nejen v prevenci poruch, ale také v redukci chyb, krátkodobých prostojů, zkrácení doby změn sortimentu, apod.

TPM je velice ambiciózní a progresivní přístup organizace údržby, který vyžaduje stále složitější (ale výrobu zlepšující) zařízení, přístroje a náradí.

TPM byla původně postavena na pěti pilířích, které jsou na obr. 12: [7, 8]

1. Autonomní údržba
2. Plánovaná údržba
3. Hodnocení celkové efektivity strojů a zařízení
4. Trénink pro zlepšení zručnosti pracovníků
5. Systém pro návrh preventivní údržby a včasný management zařízení





Obr. 13 Jednotlivé kroky realizace autonomní údržby [10]

#### 4.3.2 Plánovaná údržba

Plánovaná údržba se také skládá se ze sedmi kroků a těmi jsou:

- určení údržbářských priorit,
- odstranění slabých míst,
- vybudování informačního systému,
- začátek plánované údržby,
- zvýšení výkonnosti údržby,
- zlepšená údržba,
- plánovaný údržbářský program.

Plánovaná údržba znamená plánovanou prediktivní nebo preventivní údržbu, kterou provádí specializovaní pracovníci útvaru údržby. Náplní jsou především preventivní inspekce a preventivní opravy.

Cílem této údržby je předcházet poruchám včasným odhalením a odstraňováním možných příčin vzniku poruch. [7, 8]

#### 4.3.3 Hodnocení celkové efektivity strojů a zařízení

Hodnocení se provádí pomocí ukazatele celkové efektivity zařízení. Ve zkratce se používá CEZ, v angličtině OEE, což znamená Overall Equipment Effectiveness.

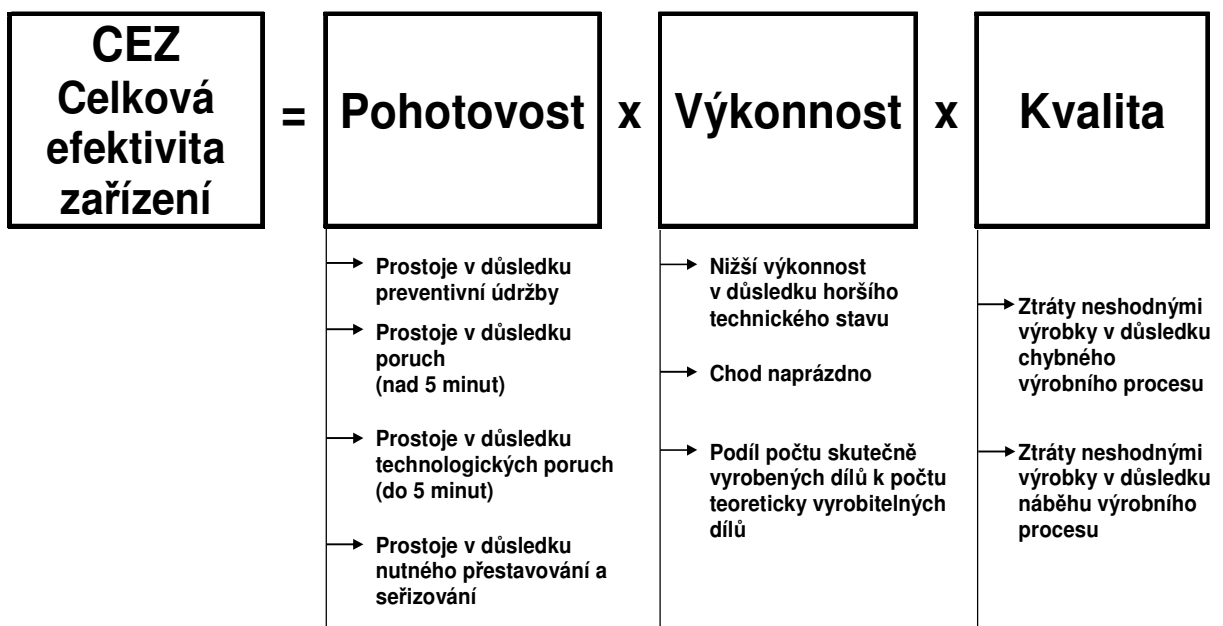
Tento ukazatel je nástrojem pro výpočet produktivity nebo efektivity zařízení.

Pro výpočet koeficientu OEE je důležitá především přehlednost, jednoduchost a rychlost, před přesným a náročnějším způsobem získávání dat a výpočtem.

Dbá se na vyhodnocování směřující ke zvyšování hodnoty koeficientu. Na obr. 14 můžeme vidět výpočet koeficientu CEZ se zaměřením na negativní vlivy jednotlivých složek.

Je vhodné zaměřit se na zvyšování koeficientu OEE na zařízeních s vysokou variabilitou procesu, zařízeních se zvýšeným procentem vadných výrobků nebo nestabilních zařízeních. [7, 8]

$$CEZ = A \times E \times Q \quad (1)$$



Obr. 14 Výpočet koeficientu CEZ (OEE) se zaměřením na negativní vlivy jednotlivých složek [10]

#### Součinitel pohotovosti

$$A = \frac{\text{plánovaný čas provozu} - \text{čas přerušení}}{\text{plánovaný čas provozu}} \quad (2)$$

#### Součinitel výkonnosti

$$E = \frac{\text{normovaný čas na kus} * \text{počet vyrobených kusů}}{\text{skutečný operační čas}}, \quad (3)$$

kde:

$$\text{skutečný operační čas} = \text{plánovaný čas provozu} - \text{čas přerušení} \quad (4)$$

$$\text{čas přerušení} = \text{údržba po poruše} + \text{seřízení} \quad (5)$$

### Součinitel kvality

$$Q = \frac{\text{počet vyrobených kusů} - \text{počet vadných kusů}}{\text{počet vyrobených kusů}} \quad (6)$$

### Cíle v CEZ

Pro vymezení cílů týmů TPM se využívá princip „Best of Best“. Tato metodika je založena na výběru nejlepších hodnot (pohotovosti – popř. disponibility, výkonnosti a kvality) za sledované období.

Určení hodnoty cíle CEZ je zobrazen na obr. 15. [8]

Princip „Best of Best“							
OEE (%) = Disponibilita x Výkonnost x Kvalita							
Strategický cíl (World class)							
85 =	(0,90	x	0,95	x	0,99)	x100	
Skutečné hodnoty							
Týden 1	75 =	(0,85	x	0,93 <i>nejlepší</i>	x	0,95)	x100
Týden 2	76 =	(0,88 <i>nejlepší</i>	x	0,90	x	0,96)	x100
Týden 3	72 =	(0,86	x	0,91	x	0,92)	x100
Týden 4	68 =	(0,82	x	0,85	x	0,98) <i>nejlepší</i>	x100
Průměrné hodnoty							
73 =	(0,85	x	0,90	x	0,95)	x100	
Nejlepší z nejlepších (cíl)							
80 =	(0,88	x	0,93	x	0,98)	x100	

Obr. 15 Určení hodnoty cíle CEZ (OEE) – princip „Best of Best“ [8]

#### 4.3.4 Trénink pro zlepšení zručnosti pracovníků

Tento progres má sedm elementů a těmi jsou:

- znalosti,
- komunikace v týmu,
- základy TPM,
- nástroje TPM,
- autonomní údržba,
- plánovaná údržba,
- znalost výroby.



Tento trénink pracovníků probíhá podle individuálních potřeb podniku, a probíhá především v rámci celkové výroby. [8]

#### 4.3.5 Systém pro návrh preventivní údržby a včasný management zařízení

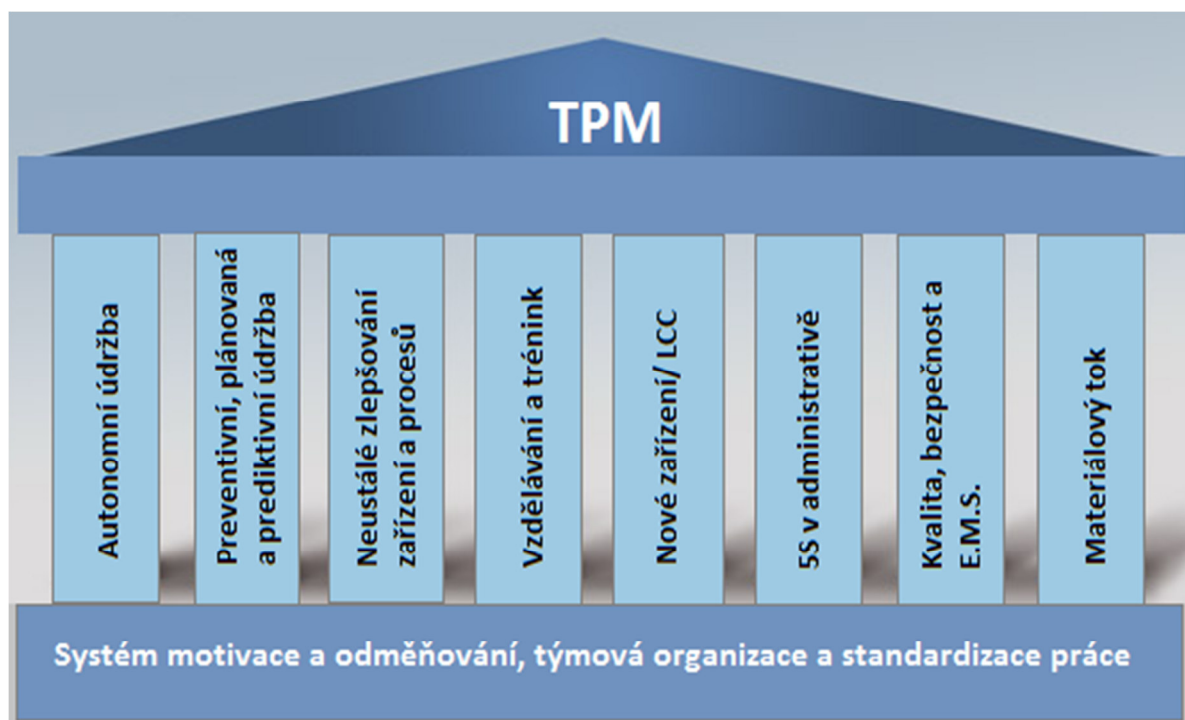
Systém pro návrh preventivní údržby a včasný management zařízení se skládá ze sedmi fází:

- vývoj produktu,
- koncept zařízení,
- konstrukce zařízení,
- výroba zařízení,
- instalace zařízení,
- náběh zařízení,
- provoz.

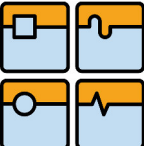
Obdobně to můžeme nazvat jako preventivní technickou přípravu výroby, do které můžeme zahrnout konstruování výrobků s ohledem na jejich lehkou vyrobiteľnost, organizaci a řízení údržby, výrobní plány a plány oprav, projektování a management preventivní údržby. [7, 8]

#### 4.4 Rozšíření základních pěti pilířů

Současné požadavky výrobních systémů na efektivnost, výkonnost, náklady a kvalitu vyžadovaly rozšíření původních pěti pilířů na osm pilířů. Ty můžeme vidět na obr. 16.



Obr. 16 Současných osm základních pilířů TPM [8]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Rozšíření původních pěti pilířů na nynějších osm nám pomáhá zlepšit celkovou kvalitu pracovního prostředí. Může to být zapříčiněno jak změnou chování lidí, tak změnou zařízení.

Se změnou zařízení se mění i postoj pracovníků k jejich práci (např. čištění se stává kontrolou, kontrola odhalí všechny nesrovnalosti a abnormality, abnormality můžeme zlepšit nebo odstranit, pozitivní efekt na pracovníky díky odstranění abnormalit, pozitivní efekty vedou pracovníky k hrdosti na své pracoviště). [8]

#### 4.5 Implementace TPM

Prostředí, ve kterém se rozhodneme použít metodu TPM, musí být vytvořeno a následně udržováno.

Vedoucím je přitom vrcholové vedení, ale změny se musí projevovat v celém podniku.

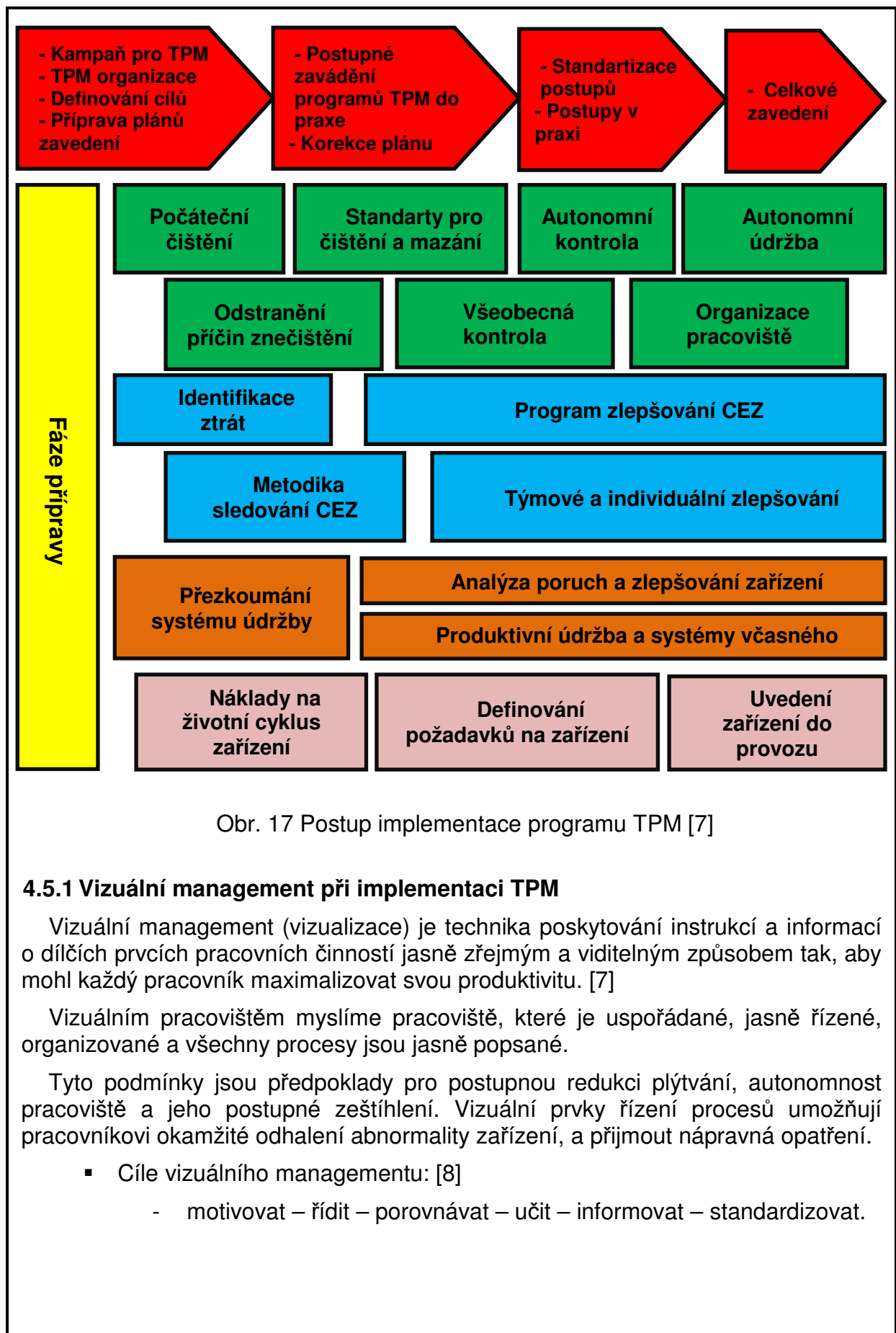
Především příprava a plánování jsou klíčovými faktory k úspěšnému zavedení TPM v rámci celého podniku a realizuje se ve dvou fázích, a to v období přípravném, a období samotné implementace.

- Přípravná fáze (období)
  - Je klíčovým krokem k úspěšné implementaci TPM v podniku.
  - Toto období trvá od 3 do 6 měsíců. V této době se formuje prostředí pro zdárné zavedení a pozdější rozšíření TPM.
  - Dochází ke komunikaci mezi vrcholovým vedením a zaměstnanci, v rámci cílů, postupů, principů či přínosů zavedení TPM.
  - V této fázi je také detailním způsobem zpracován plán realizace TPM v podniku.
- Implementace TPM
  - V této fázi jde především o zlepšování celkové efektivnosti strojů a zařízení v podnikové výrobě.
  - Nejprve se provede výběr strojů nebo zařízení a vytvoří se týmy TPM. V rámci jednotlivých týmů jsou rozpracovány plány plánované údržby, celkově se zpracovávají programy autonomní údržby.
  - Součástí implementace jsou i tréninky, které se zaměřují na řešení dílčích problémů v jednotlivých týmech TPM.

Po těchto dvou fázích můžeme říct, že byl zaveden kompletní program TPM.

Závěrečnou etapou zavedení TPM je její stabilizace, která je spojena s vyhodnocením výsledků, stanovení vyšších cílů, přičemž je kladen důraz na další zdokonalování a upevňování TPM programu. [7, 8]

Postup implementace TPM je zobrazen na obr. 17.



Obr. 17 Postup implementace programu TPM [7]

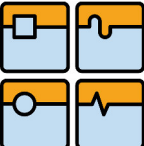
#### 4.5.1 Vizualní management při implementaci TPM

Vizualní management (vizualizace) je technika poskytování instrukcí a informací o dílčích prvcích pracovních činností jasně zřejmým a viditelným způsobem tak, aby mohl každý pracovník maximalizovat svou produktivitu. [7]

Vizualním pracovištěm myslíme pracoviště, které je uspořádané, jasně řízené, organizované a všechny procesy jsou jasně popsány.

Tyto podmínky jsou předpoklady pro postupnou redukci plýtvání, autonomnost pracoviště a jeho postupné zeštíhlení. Vizualní prvky řízení procesů umožňují pracovníkovi okamžité odhalení abnormality zařízení, a přijmout nápravná opatření.

- Cíle vizualního managementu: [8]
  - motivovat – řídit – porovnávat – učit – informovat – standardizovat.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 36
	<b>BAKALÁŘSKÁ PRÁCE</b>	

#### 4.5.2 Přínosy z implementace TPM

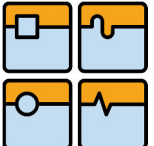
Požadavky z výrobní oblasti, které pomohou podniku zvyšovat jeho konkurenční schopnost:

- zkracování výrobního času,
- zvyšování kapacity výrobních zařízení,
- snižování nákladů na údržbu a opravy,
- zvyšování motivace zaměstnanců,
- snižování poruch a prostojů,
- zlepšování procesů.

Přínosy TPM se dají očekávat v průběhu prvních šesti měsíců. První tři měsíce se zavádí pořádek a čistí se stroje. Následující tři měsíce jsou zaměřeny na redukci přerušení, tvorbu technické dokumentace a standardů. Po už zmíněných šesti měsících by měla přerušení výroby klesnout o cca 30 až 50%.

Minimální dosažené přínosy z implementace TPM v průběhu prvního roku:

- snížení poruchovosti o 20 až 35%,
- zvýšení pohotovosti o 2 až 3%,
- zvýšení CEZ(OEE) minimálně o 6%,
- prodloužení střední doby do poruchy,
- zlepšení technického využití o 3 až 5%,
- zlepšení poměru plánované údržby k údržbě po poruše,
- zkrácení střední doby údržby,
- snížení nákladů na údržbu na jednotku produkce, snížení nákladů na údržbu. [7]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 37
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

## 5 PRAKTICKÁ REALIZACE TPM

Využití metody TPM v praxi lze pozorovat ve společnosti Siemens s. r. o. odštěpný závod Elektromotory Mohelnice.

### 5.1 Seznámení se společností

V současném strojírenském průmyslu, ve kterém jsou kladeny vysoké nároky na dodržování přesností, požadavky zákazníků a dodací lhůty, je společnost Siemens, jako jeden z největších světových výrobců asynchronních elektromotorů osově výšky 63-200 mm, spolehlivým dodavatelem těchto produktů.

Při výrobě těchto produktů je prioritou dodržení požadovaných termínů, jejich vysoká kvalita, a technická úroveň. Těmito vlastnosti určuje firma Siemens trendy ve výrobě a vývoji elektromotorů.

#### 5.1.1 Siemens AG

Společnost Siemens AG je globálním elektrotechnickým koncernem. Působí v mnoha sektorech, jako je např. Industry, Healthcare a Energy.

Je největším poskytovatelem technologií, které jsou šetrné k životnímu prostředí. Přes 160 let je společnost Siemens synonymem pro technologie špičkové úrovně, inovace, kvalitu, spolehlivost, a mezinárodní působení. [9]

#### 5.1.2 Siemens v České republice

Společnost Siemens se na českém trhu objevila před více než 120 lety, s tím, že v roce 1990 byla znovu obnovena.

V současné době patří Siemens s více než jedenácti tisíci zaměstnanci mezi největší zaměstnavatele v České republice. Výrobky Siemens se značkou „made in Czech Republic“ se vyvážejí do celého světa. [9]



#### 5.1.3 Siemens s. r. o. z. Elektromotory Mohelnice

Mohelnický Siemens je největším závodem na výrobu nízkonapěťových asynchronních elektromotorů v Evropě. Zaměstnává téměř 2200 lidí a svou produkcí vytváří stovky návazných pracovních míst u regionálních dodavatelů. Denně podnik vyrobí téměř 4,5 tisíc elektromotorů. Jsou určeny k pohonu především průmyslových zařízení, jako jsou ventilátory, čerpadla, kompresory, obráběcí stroje a hydraulické komponenty, či dřevoobráběcí stroje.

Spojením bývalých podniků MEZ Mohelnice, MEZ Frenštát pod Radhoštěm a MEZ Drásov, vznikla 1. 10. 1994 společnost Siemens Elektromotory s. r. o.

Historii tohoto závodu ovšem můžeme datovat už od roku 1904, kdy byla založena společnost pro výrobu elektrických zařízení s názvem Ludwig Doczekal & Comp. se sídlem právě v Mohelnici.

Dalším milníkem tohoto závodu se po roce 1945 stalo znárodnění a vznik společnosti MEZ Mohelnice, jakožto část Moravských elektrotechnických závodů, které v době sedmdesátých let minulého století patřily mezi přední Československé podniky. V devadesátých letech 20. století byla v podniku vybudována slévárna na

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 38
	<b>BAKALÁŘSKÁ PRÁCE</b>	

výrobu odlitků z šedé litiny s linkou na tlakové lití odlitků do kokil. Velice důležitým milníkem v historii tohoto závodu se stal v roce 1994 prodej státního podniku MEZ Mohelnice německé firmě Siemens. Tento prodej zahrnoval závody MEZ v Mohelnici, Frenštátu pod Radhoštěm a Drásově.

V roce 2010 došlo v rámci Siemens závodů v České republice k transformaci těchto závodů do jednoho právního subjektu Siemens s. r. o.

V dnešní době patří Siemens s. r. o, odštěpný závod Elektromotory Mohelnice mezi nejvýznamnější zaměstnavatele v šumperském regionu Olomouckého kraje, kde zaměstnává přibližně dva tisíce pracovníků.

## 5.2 Historie údržby v SEM

Od založení společnosti pro výrobu elektrických zařízení v roce 1904 až do roku 2000 byla údržba brána jako součást společnosti.

V roce 2000 byl proveden outsourcing údržby, kdy byla vybrána externí firma Mostr Mohelnice, aby prováděla údržbu ve společnosti SEM po dalších deset let.

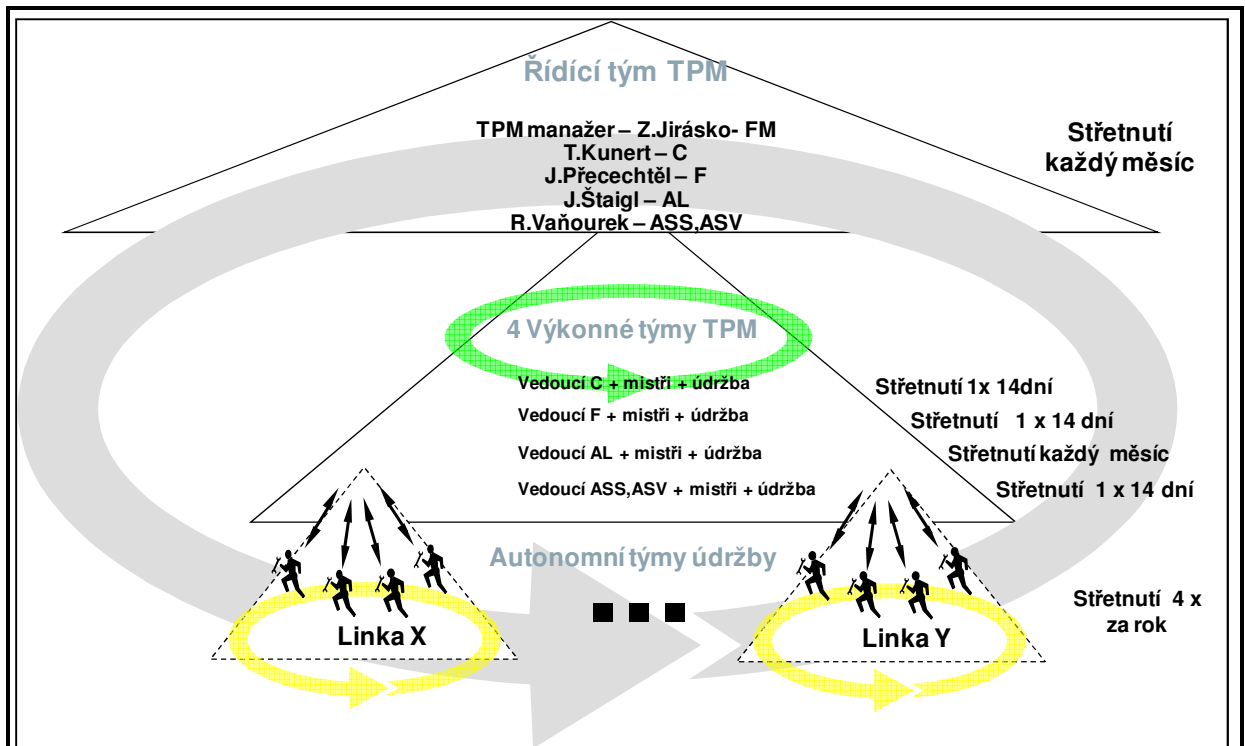
V roce 2006 se společnost rozhodla pomocí externí poradenské firmy zefektivnit proces údržby strojů a zařízení zavedením systému TPM. Podrobnější informace k zavádění TPM v Siemens Elektromotory Mohelnice jsou obsaženy v následujícím bodu 5.3.

Se stále se zvyšujícím tlakem na zlepšení procesů v údržbě, snižování nákladů na údržbu a důkladných propočtech nákladů na externí údržbu byl v roce 2011 realizován projekt na zpětný insourcing údržby. Po realizaci insourcingu byla údržba začleněna pod jednotlivé výrobní provozy a byla řízena vedoucími pracovníky výroby.

V září 2012 v rámci další nutné optimalizace kapacit údržby proběhla řízená centralizace údržby, za kterou následovaly optimalizační a restrukturalizační kroky. Tyto kroky vedly k podstatnému zefektivnění údržby s řízením z jednoho centra.

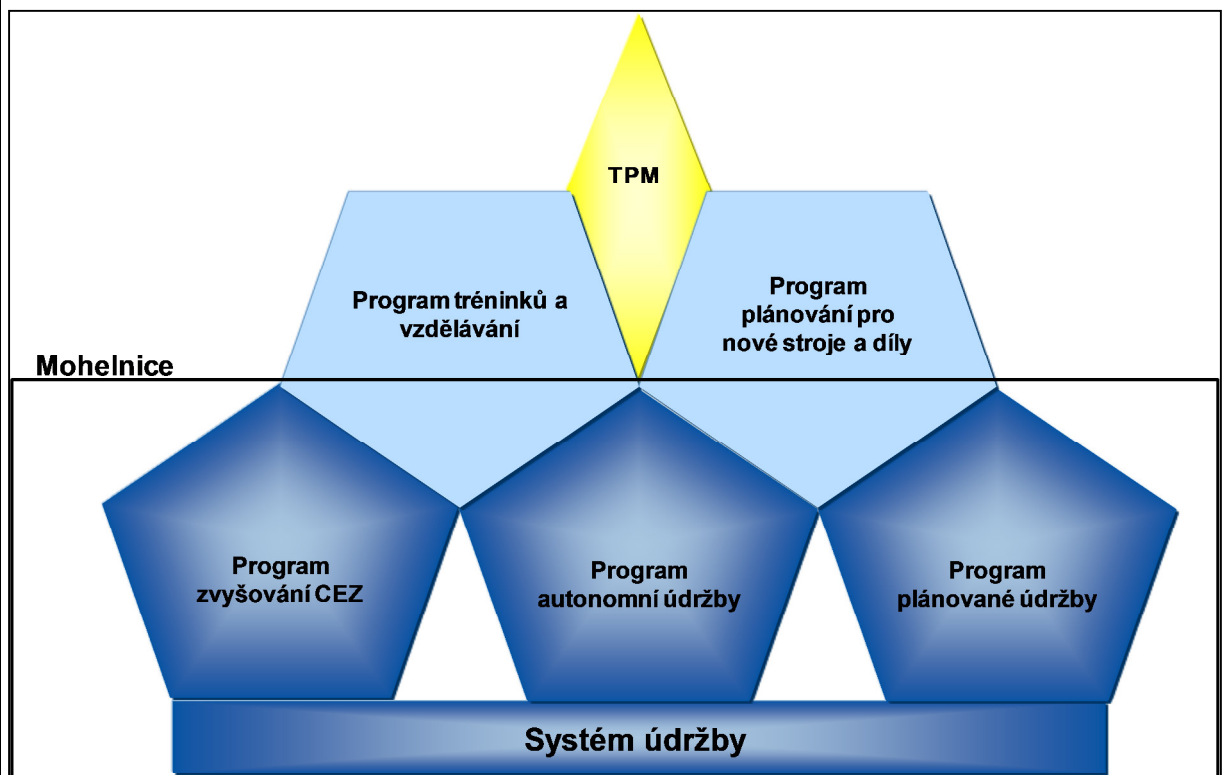
## 5.3 Zavádění TPM v Siemens Elektromotory Mohelnice

V roce 2006 vedení společnosti Siemens v Mohelnici schválilo zavedení systému TPM v rámci procesu údržby. Byl vytvořen tým pro implementaci všech potřebných procesů napříč celým závodem (obr. 18).

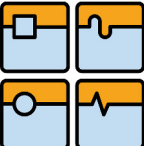


Obr. 18 Implementační tým systému TPM

V prvním kroku bylo rozhodnuto o zavedení prvních tří stavebních kamenů TPM z tehdejších pěti základních stavebních kamenů metody TPM (obr. 19). Pro neustálý vývoj údržby byly tyto stavební kameny (pilíře) později rozšířeny na osm.



Obr. 19 Implementace prvních tří stavebních kamenů TPM

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 40
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

#### 5.4 Zavedení programu zvyšování CEZ

Nejprve se zavedl pilotní program sledování CEZ ve třech hlavních výrobních útvarech, to je Navijárna, Předvýroba a Montáž. Místo finančně náročného automatického sběru dat byl instalován u každého z vybraných klíčových strojů flipchart, do kterého obsluha stroje, pracovník oddělení kvality a mistr dané dílny zapisovali denně potřebná data pro výpočet CEZ.

V průběhu následujících šesti měsíců se v předem dohodnutých časových intervalech vyhodnocovala CEZ a sledoval se vývoj tohoto ukazatele u každého z vybraných strojů. Již po cca 2 - 3 měsících byl patrný zvyšující se trend CEZ. Tento systém vyhodnocování CEZ byl však z administrativního pohledu časově velice náročný. Na základě této skutečnosti a momentálního nedostatku investičních prostředků do vytvoření nutné digitální infrastruktury pro automatický sběr dat pro vyhodnocení CEZ bylo rozhodnuto o pokračování sledování a vyhodnocování pouze dostupnosti nebo dostupnosti strojů a zařízení. Dostupnost strojů a zařízení bylo možno sledovat prostřednictvím programu SAP R3, který řídí chod celého závodu. Pro sledování dostupnosti strojů a zařízení byly stroje rozděleny podle důležitosti do tří kategorií A, B a C:

- Kategorie A – zařízení při poruše vždy zastaví celou výrobu nebo výrobní linku,
  - vysoké ztráty a vysoké nebezpečí úrazu,
- Kategorie B – zařízení může zastavit výrobu nebo výrobní linku,
  - je možné jej vyřadit z provozu na krátkou dobu,
- Kategorie C – zařízení není kritické pro výrobu nebo výrobní linku.

Ve společnosti Siemens s. r. o., odštěpný závod Elektromotory Mohelnice je cca 1706 strojů a zařízení. Do kategorie A je z nich zařazeno 424 strojů a zařízení. Tyto stroje patří k nejdůležitějším, klíčovým a strategickým strojům, na které je kladen velký důraz a je sledována jejich dostupnost a provozuschopnost.

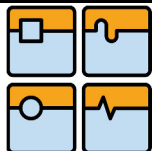
Dostupnost stroje je doba skutečného provozu stroje, kdy se od teoretického časového fondu stroje (720 hodin za měsíc = nepřetržitý provoz) odečítá doba poruchy.

Dostupnost strojů kategorie A v obchodním roce 2008/2009 je naznačena v následující tabulce na obr. 20, a následně na obr. 21.

Na obr. 20 je vidět dostupnost strojů kategorie A za celý obchodní rok 2006/2007 na jednotlivých výrobních dílnách, dále je zde vidět aktuální dostupnost stejných strojů za červenec 2008 a také kumulativní dostupnost za 10 měsíců obchodního roku 2007/2008 (říjen 2007 – červenec 2008). Dílna P/P je předvýroba, P/N je navijárna, SLE je slévárna a P/M je montáž. Z grafu je patrný zvyšující se trend dostupnosti strojů na dílnách P/P, SLE a P/M a snižující se trend dostupnosti strojů na dílně P/N – Navijárna.

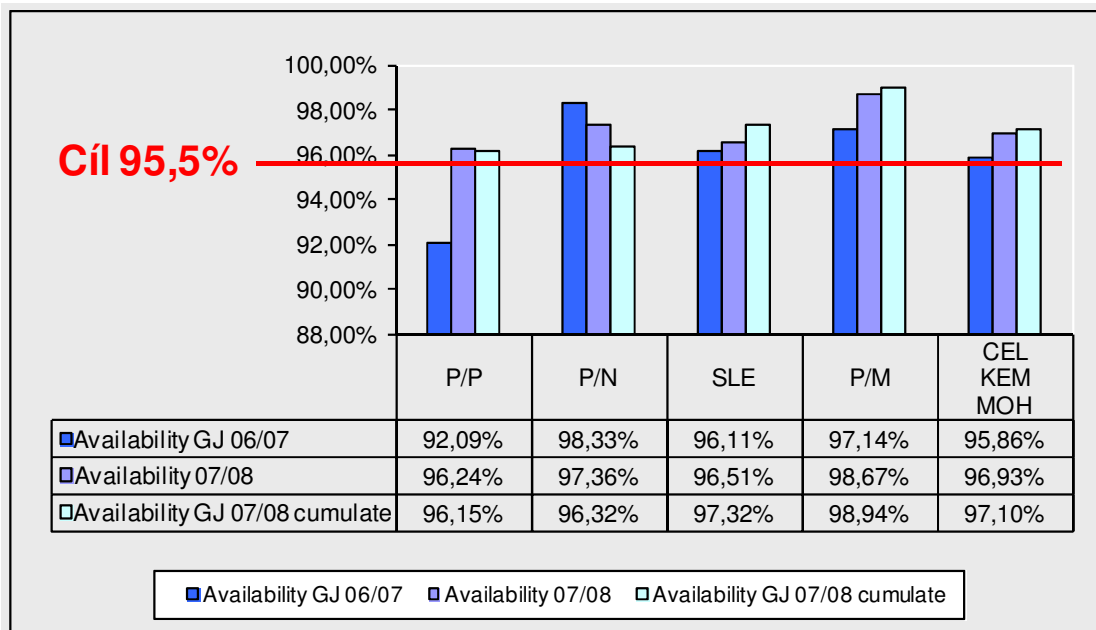
Graf na obr. 21 ukazuje dostupnost všech strojů kategorie A na jednotlivých dílnách v jednotlivých měsících obchodního roku GJ2007/2008. Zde je vidět, že dostupnost strojů v navijárně P/N má i přes negativní srovnání celkové





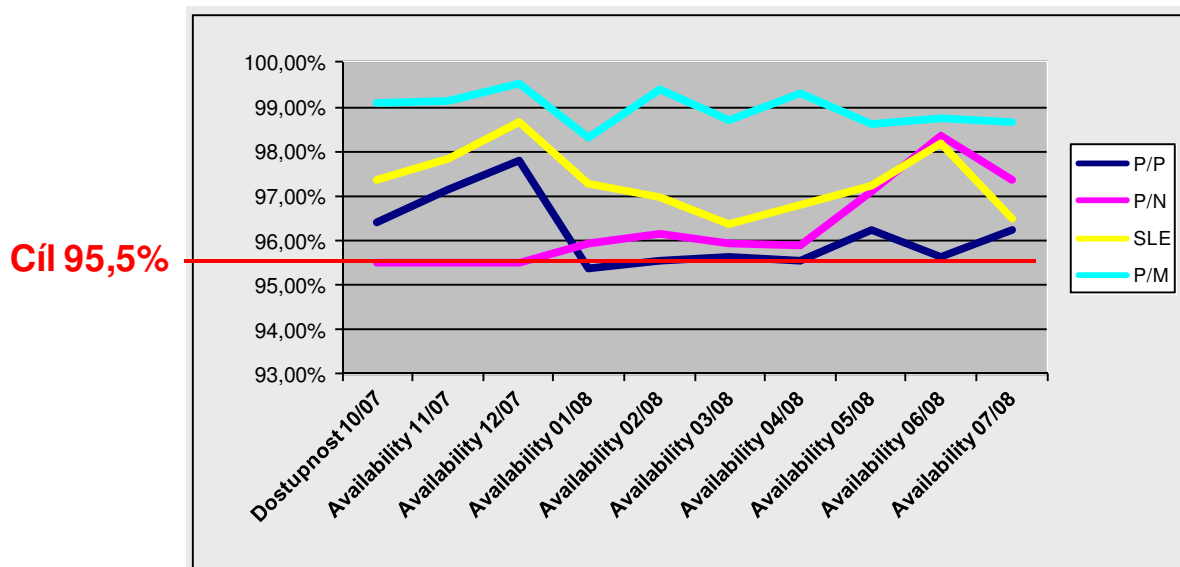
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

dostupnosti vůči předcházejícímu obchodnímu roku 2006/2007 pozitivní vývoj v jednotlivých měsících aktuálního obchodního roku 2007/2008.



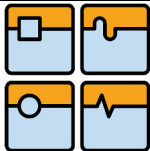
Obr. 20 Dostupnost strojů kategorie A v obchodním roce 2007/2008

Legenda: Availability GJ06/07 – dostupnost v obchod. roce 2006/2007, 07/08 – dostupnost za červenec 2008, Availability GJ07/08 cumulate – dostupnost kumulativně od října 2007 do ledna 2008, Cíl dostupnosti strojů kategorie A stanoven pro obchod. rok 2007/2008 na 95,5%.



Obr. 21 Dostupnost strojů kategorie A v obchodním roce 2008/2009 – měsíční vyhodnocení

Legenda: P/P – Předvýroba, P/N – Navijárna, SLE – Slévárna, P/M - Montáž



### 5.5 Zavedení Programu autonomní údržby

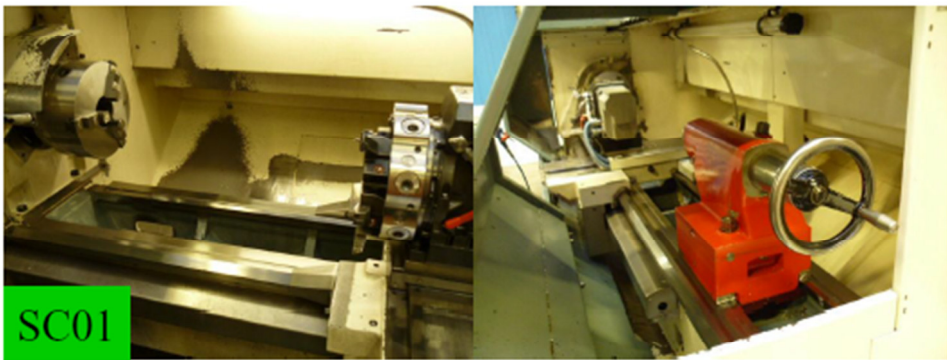
Pro příklad aplikace autonomní údržby byl vybrán obráběcí stroj CNC – Masturn MT 550. Tento stroj patří do kategorie A strojů.

Prvním krokem bylo zavedení standardů čištění – směnového, týdenního, měsíčního a čtvrtletního. Směnový standard pro čištění je znázorněn na obr. 22. Další standardy jsou uvedeny v příloze 1 této práce.

Interní dokument


## Standard pro čištění - Směnový

Stroj / zařízení: CNC –Masturn MT 550      Pracoviště: PROD 123      List č. 1/5



P. č.	SC01	SC02
Oblast čištění zařízení	Pracovní prostor	Podlaha u stroje
Standard pro čištění	čistý, bez třísek	čistá, bez třísek
Provádí	<b>obsluha</b>	<b>obsluha</b>
Způsob	mechanicky	mechanicky
Pomůcky	Textilie, emulze <b>nepoužívat odmašťovače !</b>	Textilie, smetáček, lopatka
Stav zařízení	V klidu	V klidu
Čas – trvání	15 min	
Četnost	Konec směny	

Datum: 22.12.2014      Vypracoval: Šembera M.      Schválil: Beran. J



Obr. 22 Standard pro čištění - směnový



Zároveň bylo nezbytné zavést standard pro mazání. Na obr. 23 je zobrazen měsíční standard pro mazání. Roční standard je uveden v příloze 2.

Interní dokument

## Standard pro mazání - Měsíční

Stroj / zařízení: CNC-Masturn MT 550	Pracoviště: PROD 123	List č.1/2
--------------------------------------	----------------------	------------

MM01 MM02

P. č.	MM01	MM02
Oblast mazání zařízení	Centrální mazací agregát	Opěrný koník
Standard pro mazání	Hladina při max. hranici stavoznaku	Mastná funkční plocha
Provádí	<b>Obsluha stroje</b>	<b>Obsluha stroje</b>
Způsob	Doplňt mazivo při poklesu hladiny k min. hranici do max.	Pístová maznice
Pomůcky	Nádoba s olejem, nálevka	Pístová maznice
Mazivo	ISO-L-G 68	ISO-L-G68-posuv ISO-L-X BBHA 00-pinola
Stav zařízení	<b>Klidový stav stroje</b>	<b>Klidový stav stroje</b>
Čas – trvání		
Četnost	Dle potřeby/ vizuální kontrola 1xměsíčně	Dle potřeby/ vizuální kontrola 1xměsíčně

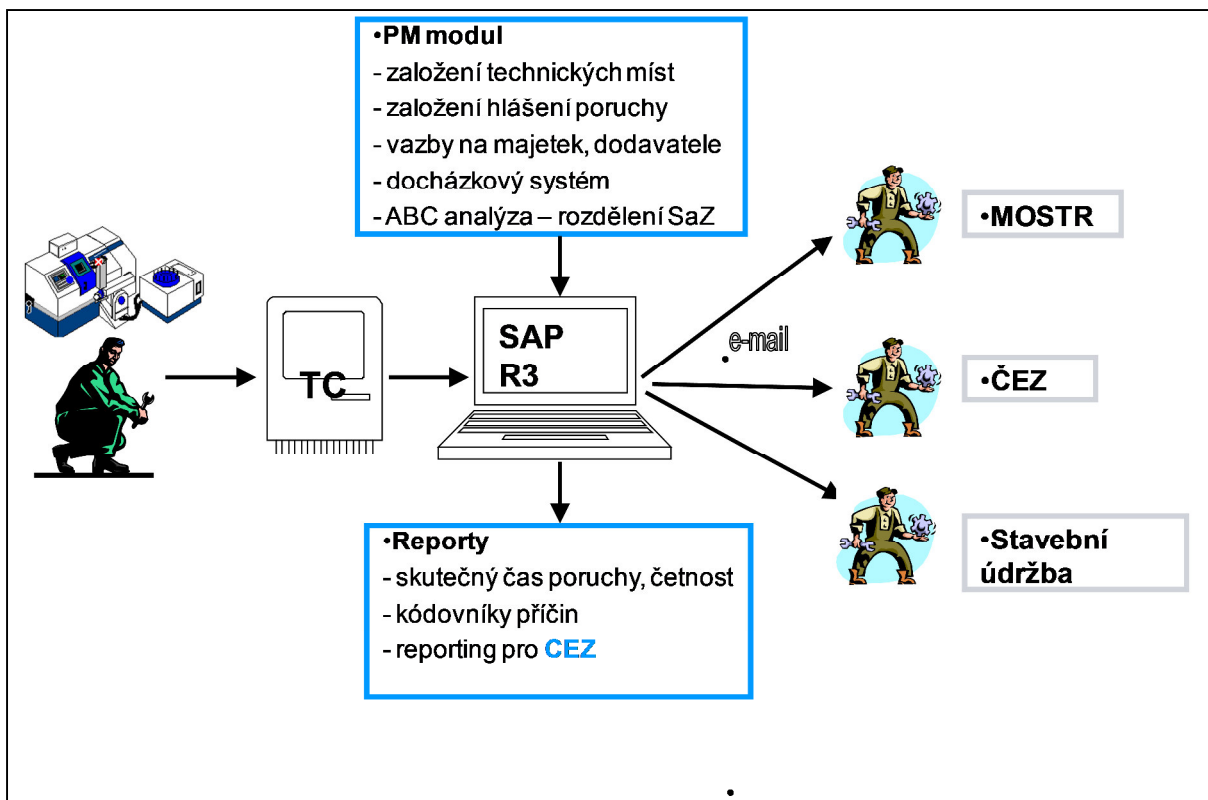
Datum: 23.12.2014	Vypracoval: Šembera.M	Schválil: Beran.J.	<b>SIEMENS</b>
-------------------	-----------------------	--------------------	----------------

Obr. 23 Standard pro měsíční mazání na stroji Masturn MT 500



### 5.6 Zavedení programu plánované údržby

Pro zavedení plánované údržby bylo potřeba v závodě Siemens Elektromotory Mohelnice získat potřebné informace o poruchách strojů a zařízení pomocí řídicího systému SAP R3, konkrétně modulu PM, který slouží pro údržbu strojů a zařízení. Z toho důvodu byla ve všech výrobních prostorách rozšířena síť terminálkonektorů, sloužících pro odhlašování průběhu výroby elektromotorů, také o terminálkonektory pro hlášení o poruchách strojů. Princip hlášení poruch přes terminálkonektory je zobrazen na obr. 24.



Obr. 24 Koncepte Hlášení poruch pomocí terminálkonektorů

Následně bylo možné vytvořit v PM modulu řídicího systému SAP R3 potřebné druhy hlášení poruch popř. hlášení pro plánovanou údržbu. Druhy hlášení a jejich rozdělení na plánovanou údržbu a údržbu po poruše jsou vyznačeny na obr. 25.

- Definování workflow údržby v SAP R3 PM od 01.10.2008

Neplánovaná údržba Od 1.8.2008	Plánovaná údržba Od 1.8.2008 – pilotní SaZ Od 1.10.2008 – celoplošné zavádění
<p><b><u>Hlášení MP</u></b> Jedná se o hlášení poruch strojů - hlásí obsluha přes terminálkonektory ve výrobě</p> <p><b><u>Hlášení MT</u></b> Jedná se o hlášení poruch na budovách - hlásí mistři přes počítač (SAP R3)</p> <p><b><u>Hlášení Mx</u></b> Jedná se o hlášení drobných oprav na strojích, které nezpůsobí odstávku stroje - hlásí mistři přes počítač (SAP R3)</p>	<p><b><u>Hlášení MF</u></b> Jedná se o plánovanou prohlídku stroje - odvolávka z plánování (z Scheduleru ze SAP R3) – provedení nedefinovaných standardů</p> <p><b><u>Hlášení MO</u></b> Jedná se o nález z plánované prohlídky stroje – opatření se po dohodě s výrobou naplňuje do Scheduleru v SAP R3</p>

Obr. 25 Plánovaná údržba a údržba po poruše – druhy hlášení

### 5.7 Zhodnocení zavedení TPM pro Siemens

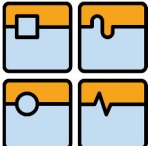
Po zavedení prvních tří pilířů TPM v závodě Siemens Mohelnice lze jednoznačně konstatovat zlepšený stav strojního zařízení, který je vyjádřený nejen dostupností strojů kategorie A v současnosti (obchodní rok 2014/2015) v průměrné hodnotě 99,5%, ale také prodloužením životnosti strojů a zařízení.

Toho je docíleno nejen zlepšenou péčí obsluhy o svoje zařízení v rámci autonomní údržby, ale i předem naplánovanou odstávkou stroje v rámci systému plánované údržby, kterou provádí specializovaní pracovníci údržby závodu.

Díky implementaci TPM pracovníci lépe znají a ovládají svá zařízení a stroje, a zároveň za ně přebírají zodpovědnost. To má za následek tyto efekty (obr. 26):



Obr. 26 Kvalitativní a kvantitativní zlepšení

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

## ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zpracovat rešerši z teorie údržby a charakterizovat systémy údržby se zaměřením na princip údržby metodou TPM.

V teoretické části práce jsou vysvětleny základní pojmy z oblasti údržby a technické diagnostiky, provedeno rozdělení a popis jednotlivých systémů údržby s následným zaměřením na metodu TPM. V práci je popsána historie TPM, základní pilíře této metody a jejich postupný vývoj včetně popisu a implementace metody TPM do výrobního procesu.

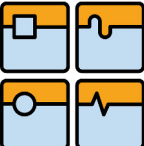
Praktická část práce popisuje implementaci TPM do výrobního procesu ve firmě Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice se zaměřením na zavedení programu zvyšování CEZ, autonomní a plánované údržby.

Po zavedení prvních tří pilířů TPM v závodě Siemens Mohelnice lze jednoznačně konstatovat zlepšený stav strojního zařízení vyjádřený nejen dostupností strojů kategorie A v současnosti (obchodní rok 2014/2015) v průměrné hodnotě 99,5%, ale také prodloužením životnosti strojů a zařízení. To je docíleno nejen zlepšenou péčí obsluhy o svoje zařízení v rámci autonomní údržby, ale i předem naplánovanou odstávkou stroje v rámci systému plánované údržby, kterou provádí specializovaní pracovníci údržby závodu.

Siemens Mohelnice se již také intenzivně připravuje na získání certifikace ISO 50001 – certifikace systému managementu hospodaření s energií. Dále v oblasti motivace a odměňování, týmové organizace a standardizace práce by se mohelnický Siemens měl od 1. 1. 2016 stát týmovou společností, kdy vznikne přes 100 výrobních týmů s přesně stanovenými diferenciovanými pracovními a bonusovými cíli, jejichž splnění povede ke zvýšení produktivity práce a také ke zvýšení spokojenosti nejen výrobních zaměstnanců.

V oblasti údržby strojů a zařízení se na úrovni vedení závodu diskutuje o zahájení nového projektu pro obchodní rok 2015/2016 – zavedení systému Vzdělávání a tréninku v oblasti údržby strojů v nově vzniklém tréninkovém centru v areálu závodu.

TPM jako filosofie, směr technologie údržby podniku, a nová organizace práce, je stále připravena se vyvíjet v průběhu výrobního systému, a je schopna řešit požadavky, které se od ní očekávají. Nadále je tato metoda připravena rozšiřovat svoje pole působnosti v rámci celopodnikových aktivit, neboť je stále více komplexní, a dokáže splňovat i ty nejnáročnější požadavky na redukci nákladů a ztrát výrobní společnosti.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 48
	<b>BAKALÁŘSKÁ PRÁCE</b>	

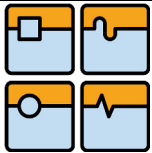
## Seznam použitých zdrojů

- [1] HELEBRANT, František. Technická diagnostika a spolehlivost. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, 127 s. ISBN 978-80-248-1690-6.
- [2] POŠTA, Josef, Milan DVOŘÁK a Petr VESELÝ. Degradace strojních součástí: monografie. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2002, 67 s. ISBN 80-213-0967-9.
- [3] ROUSEK, Rudolf a Bedřich KAREIS. Technologie oprav strojů a zařízení: učební text pro 2. a 3. ročník technologie učebního oboru 0424 provozní zámečnick, pro odborná učiliště a učňovské školy. 6., nezm. vyd. Praha: SNTL, 1989, 276 s. ISBN 80-03-00137-4.
- [4] POŠTA, Josef. Technologie údržby a oprav strojů. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 1995, 193 s. ISBN 80-213-0248-8.
- [5] BAROŇOVÁ, Zdeňka. Řízení údržby strojů a zařízení [online]. Pardubice, 2010 [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: [https://dspace.upce.cz/bitstream/10195/36190/1/BaronovaZ\\_Rizeni%20udrzby\\_MB\\_2010.pdf](https://dspace.upce.cz/bitstream/10195/36190/1/BaronovaZ_Rizeni%20udrzby_MB_2010.pdf). Bakalářská práce.
- [6] Trendy v údržbě: teorie systémů údržby, vývoj údržby, počítačový software – podpora údržby [online]. In: [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: [http://tf.czu.cz/~pexa/Predmety/PUS/Prednasky/3\\_Trendy\\_software\\_RGB.pdf](http://tf.czu.cz/~pexa/Predmety/PUS/Prednasky/3_Trendy_software_RGB.pdf).
- [7] MLČOCHOVÁ, Bc. Petra. Aplikace metod Just in time a TPM [online]. Brno, 2009 [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/127438/esf\\_m/](http://is.muni.cz/th/127438/esf_m/). Diplomová práce.
- [8] LEGÁT, Václav. 2013. Management a inženýrství údržby. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 570 s. ISBN 978-80-7431-119-2.
- [9] HOŠEK, Václav. Implementace TPM do praxe [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://dspace.vsb.cz/handle/10084/99949>. Bakalářská práce.
- [10] BOLEDOVIČ, Ludovít. IPA Czech [online]. [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/autonomni-udrzba>.



### Seznam použitých obrázků

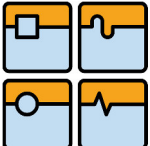
Obr. 1 Provozní spolehlivost a technický život objektu [1] .....	11
Obr. 2 Základní postup stavby efektivní firmy a údržby [1] .....	12
Obr. 3 Hodnotový tok výrobní společnosti [1] .....	13
Obr. 4 Základní procesy realizace údržby [1].....	14
Obr. 5 Příklad stroje pro údržbu s časovým plánem [3] .....	17
Obr. 6 Schéma uzavřeného okruhu vody na pracovišti pro mytí strojů [4] .....	19
Obr. 7 Ruční mazací lis [4].....	20
Obr. 8 Motorový mazací lis [4] .....	20
Obr. 9 Automatický dávkovač maziva [4] .....	20
Obr. 10 Schéma pracoviště mazání s olejovým hospodářstvím [4].....	21
Obr. 11 Vývoj v oblasti systémů údržby [7] .....	27
Obr. 12 Základní pilíře metody TPM [8] .....	29
Obr. 13 Jednotlivé kroky realizace autonomní údržby [10] .....	30
Obr. 14 Výpočet koeficientu CEZ (OEE) se zaměřením na negativní vlivy jednotlivých složek [10].....	31
Obr. 15 Určení hodnoty cíle CEZ (OEE) – princip „Best of Best“ [8] .....	32
Obr. 16 Současných osm základních pilířů TPM [8] .....	33
Obr. 17 Postup implementace programu TPM [7].....	35
Obr. 18 Implementační tým systému TPM .....	39
Obr. 19 Implementace prvních tří stavebních kamenů TPM .....	39
Obr. 20 Dostupnost strojů kategorie A v obchodním roce 2007/2008.....	41
Obr. 21 Dostupnost strojů kategorie A v obchodním roce 2008/2009 – měsíční vyhodnocení.....	41
Obr. 22 Standard pro čištění - směnový .....	42
Obr. 23 Standard pro měsíční mazání na stroji Masturn MT 500.....	43
Obr. 24 Koncepce Hlášení poruch pomocí terminálkonektorů .....	44
Obr. 25 Plánovaná údržba a údržba po poruše – druhy hlášení .....	45
Obr. 26 Kvalitativní a kvantitativní zlepšení .....	46



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Seznam použitých zkratk a symbolů**

Zkratka	Jednotka	Popis
CEZ	-	celková efektivnost zařízení
SEM	-	Siemens Elektromotory Mohelnice
o. z.	-	odštěpný závod
TPM	-	Total Productive Maintenance
AÚ	-	autonomní údržba
PÚ	-	plánovaná údržba
SAP R3	-	informační systém firmy Siemens
MP	-	hlášení poruchy – odstávka stroje
MX	-	druh hlášení poruchy
MF	-	druh hlášení prohlídky stroje
MO	-	druh hlášení nápravných opatření
PROD 2 – PROD 10	-	útvary výroby
PT4	-	nástrojárna
FM	-	strojní a elektroúdržba
SCM	-	sklady
ISO	-	mezinárodní organizace pro standardizaci
EMS	-	systém environmentálního managementu

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 51
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

### Seznam příloh

PŘÍLOHA 1 – Standard pro čištění na stroji Masturn MT-550

PŘÍLOHA 2 - Standard pro roční mazání na stroji Masturn MT 500