

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ

Ústav řízení a ekonomiky podniku

**Zefektivnění systému údržby papírenského stroje**

**Increasing the efficiency of the paper machine maintenance system**



Autor: Bc. Jakub Čechlovský

Studijní program: Strojní inženýrství

Studijní obor: Řízení a ekonomika podniku

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Čechlovský** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **470001**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**  
Studijní program: **Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení a ekonomika podniku**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Zefektivnění systému údržby papírenského stroje**

Název diplomové práce anglicky:

**Increasing the efficiency of the paper machine maintenance system**

Pokyny pro vypracování:

Úvod – cíle a úkoly práce

Teoretická část – údržba a její přínosy, systémy údržby, ekonomika údržby, ukazatele v oblasti údržby

Praktická část – analýza příčin a závažnosti poruch, kvantifikace nákladů, návrh změn a opatření pro zvýšení efektivity údržby, vyhodnocení potenciálních přínosů

Závěr – závěry a další doporučení

Seznam doporučené literatury:

VOŠTOVÁ, V., F HELEBRANT a K. JERÁBEK. Provoz a údržba strojů, II. část - údržba strojů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010231-4.

KISTER, T. C. a B. HAWKINS. Maintenance planning and scheduling: streamline your organization for a lean environment [online]. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, c2006, xvi, 331 p. [cit. 2012-06-25]. ISBN 978-075-0678-322. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750678322500008>

SMITH, Ricky a Bruce HAWKINS. Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, c2004, xii, 287 p. Plant engineering (Butterworth-Heinemann (Firm)). ISBN 07-506-7779-1.

ŽILKA, Miroslav. Strategie systému údržby ve strojírenském podniku. Praha, 2013. Disertační práce. ČVUT v Praze.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Miroslav Žilka, Ph.D., ústav řízení a ekonomiky podniku FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **23.07.2021**

Platnost zadání diplomové práce: **28.02.2022**

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Zefektivnění systému údržby papírenského stroje“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miroslava Žilky, Ph.D., s použitím literatury uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze.....

Jakub Čechlovský: .....

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval především vedoucímu diplomové práce panu Ing. Miroslavu Žilkovi, Ph.D., za kvalitní připomínky a poskytnuté rady. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Romanu Pávišovi ze společnosti Mondi Štětí, a. s., za pomoc a poskytnuté interní podklady. V neposlední řadě chci poděkovat svému otci za odborné rady v oblasti údržby společnosti Mondi a rodině za poskytnuté zázemí.

## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá zefektivněním systému údržby dvou papírenských strojů ve společnosti Mondi Štětí, a. s. Je provedena analýza nejběžnějších ukazatelů účinnosti údržby na daných strojích. V závislosti na této analýze jsou navržena opatření tak, aby bylo možné stroje efektivněji využívat. Pro tuto analýzu byl vytvořen model v MS Excel. Jsou čerpány informace z reálných dat odstávek, kde je identifikován nedostatečný sběr dat a proveden návrh opatření tak, aby bylo možné získané informace lépe využívat.

## **Annotation**

This thesis deals with streamlining of maintenance system of 2 paper machines in company Mondi Steti, a.s. Analysis of key indicators of maintenance efficiency on concerning machines is made. According to this analysis, measures are taken in care, so the machines can be effectively used. For this purposes, sheet with template is created in Microsoft Excel. Data of real time shutdowns are taken. From these data, the insufficient data collection is identified, so the informations can be used with more efficiency.

# Obsah

1	Úvod.....	10
2	Teoretická část .....	12
2.1	Význam údržby .....	12
2.2	Historický vývoj údržby .....	12
2.2.1	První generace.....	12
2.2.2	Druhá generace .....	12
2.2.3	Třetí generace .....	13
2.3	Typy údržby .....	13
2.3.1	Údržba po poruše .....	13
2.3.2	Preventivní údržba .....	14
2.3.3	Plánovaná preventivní údržba.....	15
2.3.4	Diagnostická údržba .....	15
2.3.5	Údržba dle metody TPM.....	17
2.3.6	Prediktivní údržba.....	17
2.4	Nejběžnější metriky incidentů.....	18
2.4.1	MTBF.....	18
2.4.2	MTTR .....	18
2.4.3	MTTA .....	19
2.4.4	MTTF.....	19
2.4.5	Paretova analýza .....	19
2.5	Organizace a metody údržby.....	20
2.6	Plánování podnikových zdrojů (ERP).....	21
2.7	Systémy pro plánování a řízení údržby CMMS .....	21
2.7.1	Historie CMMS.....	21
2.7.2	Funkce CMMS.....	22

2.8	EAM (Enterprise Asset Management) .....	23
2.8.1	Rozdíl mezi CMMS a EAM .....	23
2.9	Metody posuzování rizik .....	24
2.9.1	FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) .....	24
2.9.2	FTA (Failure tree analysis) .....	24
2.9.3	ETA (Event tree analysis) .....	25
2.10	Štíhlá výroba (Lean manufacturing) .....	26
2.10.1	Value stream mapping (VSM) .....	26
2.10.2	Procesní analýza .....	26
2.10.3	Snímek pracovního dne .....	26
2.10.4	Metoda 5S, vizualizace a standardizace .....	27
2.11	Ekonomika a hodnocení účinnosti údržby .....	27
2.11.1	Overall Equipment Effectiveness (Celková efektivita zařízení) .....	28
2.11.2	Ukazatele a měření efektivnosti údržby .....	31
3	Praktická část .....	33
3.1	Představení společnosti .....	33
3.2	Hierarchie údržby .....	35
3.3	Vymezení strojů pro DP .....	35
3.4	Sběr dat .....	36
3.4.1	Typy příčin odstávek .....	36
3.5	Počet a trvání odstávek .....	37
3.6	Poměr preventivní a korektivní údržby .....	40
3.7	MTBF .....	41
3.8	MTTR .....	43
3.9	OEE .....	44
4	Návrh opatření .....	45
4.1	Sběr dat .....	45



4.2	Minimalizace používaných programů.....	46
4.3	Přiřazení ID zařízení (změna struktury sběru dat) .....	48
4.4	Detailnější rozdělení vzniku odstávek .....	48
4.5	Vykazování nákladů k prostojům.....	51
4.6	Výpočet nákladů na prostoj.....	52
5	Závěr .....	54
6	Zdroje.....	55
7	Seznam obrázků.....	58
8	Seznam tabulek.....	59

# 1 Úvod

Ve strojírenských podnicích zastává údržba významnou roli. Jejím zefektivněním lze zvýšit nejen ekonomické ukazatele, ale i kvalitu výroby. Údržba strojů je nákladná a v mnoha podnicích velmi podceňovaná. Mnoho podniků údržbu vnímá jen jako nákladové středisko a zanedbává její vliv na kvalitu výroby. Vzhledem k tomu, že se pohybuji ve strojírenském podniku, jenž se zabývá speciálně výrobou papíru, konkrétně v Mondi Štětí, a. s., rozhodl jsem se ve své diplomové práci věnovat právě tomuto tématu.

V první části práce, která je zaměřena na teorii, popíšu dělení údržby podle jejího vývoje a typu. Jelikož je diagnostická údržba v mnou zkoumané společnosti klíčová, popsal jsem její systém a metody, díky kterým lépe vyhodnocujeme aktuální stav zařízení. Dále popíšu nejběžnější metriky hodnocení incidentů, jež se v praxi běžně používají a pomocí kterých zkoumáme efektivitu údržby jako celku. V další části práce popíšu systémy pro plánování a řízení údržby, které jsou nedílnou součástí každého moderního podniku a pomáhají nám se zaznamenáváním informací jak o zařízení, jejich ceně nebo umístění, tak i o ekonomické aktivitě daného podniku. V poslední části práce, zaměřené na teorii, popíšu metody posuzování rizik, které nám dokážou odhalit vznik možných vad, a ekonomiku a hodnocení údržby, kde se budu věnovat hodnocení efektivity strojů.

V praktické části se budu zabývat možnostmi využití poznatků z teoretické části a využiji ty, které jsou pro konkrétní případ důležité. Představím společnost a vymezím stroje, na nichž budu sbírat data. Na základě těchto dat budu dále počítat základní metriky hodnocení incidentů, jako jsou například MTTF, MTTR, OEE atd., a navrhu opatření tak, aby se zvýšila efektivita údržby a její zpětné hodnocení. V neposlední řadě kvantifikuji náklady a vyhodnotím potenciální přínosy daných opatření.

Cílem diplomové práce je:

- V teoretické části se budu zabývat
  - typy údržby a jejími eventuálními přínosy,
  - různými systémy údržby,
  - ekonomikou údržby, kterou budu zhodnocovat na základě ukazatelů údržby.

- V praktické části se budu zabývat
  - vymezením strojů ve společnosti Mondi Štětí, a. s.,
  - analýzou příčin a závažností poruch,
  - kvantifikací nákladů v důsledku těchto poruch,
  - návrhem změn a opatření pro zvýšení efektivity údržby,
  - vyhodnocením potencionálních přínosů těchto opatření,
  - v závěru shrnu výsledky práce a zamyslím se nad dalšími možnostmi budoucích opatření, jež nebyla v této práci řešena.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Význam údržby

Údržba je jednou z hlavních složek každého výrobního závodu a významnou položkou v jeho nákladech. Jejím úkolem je zajistit bezporuchový chod strojů v daném výrobním závodě. Efektivnost údržby se podílí na kvalitě výroby s přímým vlivem na tržby. „Ušetřená koruna v údržbě znamená o korunu vyšší zisk, ale správně použitá koruna v údržbě může znamenat mnohonásobně více“.<sup>1</sup>

### 2.2 Historický vývoj údržby

Podle J. Moubraye existují tři generace vývoje.<sup>2</sup>

#### 2.2.1 První generace

První generace se datuje od doby před druhou světovou válkou. V první generaci se začala nahrazovat práce lidí prací strojů. Stroje byly omezeny technologií, byly jednoduché a masivní a vzhledem ke své velikosti nevykazovaly vysoké známky poruchovosti. Pokud však porucha nastala, vzhledem ke své jednoduchosti byly lehce opravitelné.<sup>3</sup>

#### 2.2.2 Druhá generace

Druhá generace se datuje od konce druhé světové války. Vzhledem k válečnému vývoji bylo třeba zajistit nedostatkové zboží a nahradit chybějící lidskou sílu. Vznikly proto komplexnější stroje. Jelikož byl průmysl na těchto strojích závislý, bylo třeba začít stav těchto strojů kontrolovat a zajistit tak jejich bezpečný a stabilní chod. Ve druhé polovině 20. století tak tento stav zajišťovala preventivní údržba, jež se prováděla v pravidelných intervalech. Tím se zvyšovaly náklady na údržbu a vyvstala potřeba začít vymýšlet způsoby, jak tyto náklady snižovat.

---

<sup>1</sup> DOMINIK, V. a Z. VOTAVA. Výkonnost údržby je zdrojem konkurenční výhody. In: *Management-consulting.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <http://www.management-consulting.cz/userFiles/vykonudr.pdf>

<sup>2</sup> MOUBRAY, J. *Reliability-Centered Maintenance*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999. ISBN 9780750633581.

<sup>3</sup> KARTALI, C. *Principy údržby metodou TPM*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Hana Opočenská.

### 2.2.3 Třetí generace

Začátek třetí generace se datuje od 70. let minulého století. Začalo se dbát na dobu prostojů, neboť ta má za následek pokles výrobní kapacity a růst provozních nákladů. Tento negativní dopad byl nejvíce znát až při zavádění metody Just in time. Tato metoda snižuje stavy zásob a v případě byť jen malé závady může mít za následek zastavení celé výroby a problém s logistikou zásobování. S rostoucí automatizací se bezporuchovost strojů stala klíčovou.<sup>4</sup>

## 2.3 Typy údržby

Údržba provádí takové činnosti, které mají za následek snížení prostojů a poruch daného zařízení. Existuje mnoho typů, jak se taková údržba provádí. Níže popíšu ty nejzákladnější z nich.

### 2.3.1 Údržba po poruše

Údržba po poruše je nejběžnějším způsobem uskutečňování údržby výrobního zařízení. Provádí se zejména v provozech, kde je jednoduché výrobu nahradit jiným zařízením, například jde o soustruhy, frézy a podobně. Využívána je také tam, kde stroj vyrábí do zásoby a v případě poruchy tak nehrozí prodleva ve splnění výrobního plánu.

Výhodou je plné využití rozsahu životnosti stroje s nízkými nároky na informační systém. Klade nízké nároky na diagnostiku, inspekční činnost a na prevenci.

Nevýhodou je, že poruchy mohou vyvolat řetězec dalších poškození, vedoucích k vyšším ztrátám, než jsou náklady na opravu. Údržba po poruše se standardně neprovádí tam, kde je plynulá návaznost na jiné operace, nebo u zařízení, kde může porucha přivodit nebezpečné situace.<sup>5</sup>

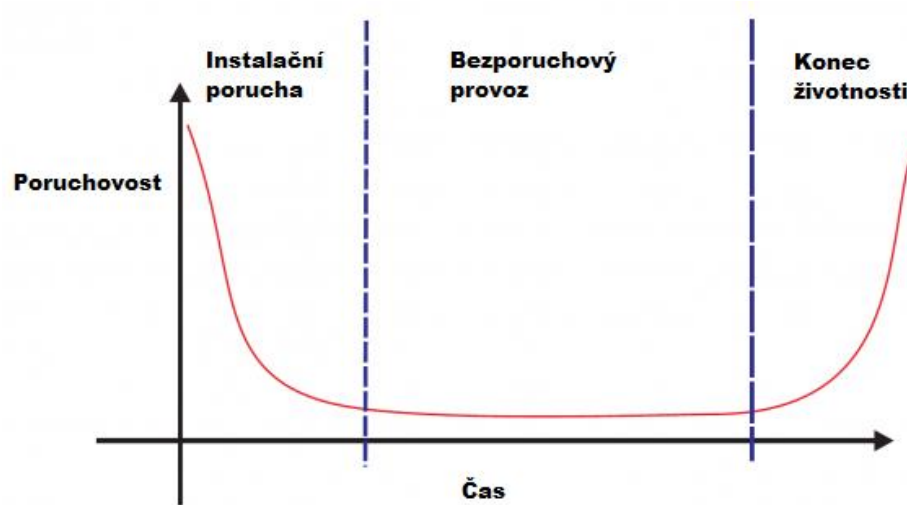
---

<sup>4</sup> KARTALI, C. *Principy údržby metodou TPM*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Hana Opočenská.

<sup>5</sup> RED. Informační systémy v koncepci údržby a oprav výrobních zařízení. *IT System* [online]. 2000, 1(6), 62 [cit. 2021-03-29]. ISSN 1802-615X. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/informacni-systemy-v-koncepci-udrzby-a-oprav-vyrobnich-zarizeni.htm>

### 2.3.2 Preventivní údržba

V preventivní údržbě jsou úkoly údržby vykonávány po určité době nebo provozních hodinách, které vycházejí z historických či statistických údajů pro dané typy zařízení. Tento typ údržby pracuje se střední dobou poruchy stroje MTBF (obr. 1), která naznačuje, že porucha může nastat s vysokou pravděpodobností v prvních dnech provozu zařízení. Velká pravděpodobnost poruchy v prvních dnech je zapříčiněna možnými instalačními problémy. Poté je pravděpodobnost poruchy po delší časové období nízká a po uplynutí tohoto období znovu prudce narůstá.



Obr. 1 Střední doba poruchy stroje v závislosti na čase<sup>6</sup>

Na základě této statistiky údržba plánuje mazání zařízení, kontroly a opravy. Preventivní údržba se v mnoha výrobních závodech liší. V některých závodech probíhá pouze mazání nebo drobné seřizování, v jiných je systém daleko obsáhlejší. Údržba předpokládá, že zařízení bude stárnout ve statistickém rámci.<sup>7</sup>

Výhodou je možnost plánování údržby a systematické řízení podniku. Preventivní údržba nám umožňuje lepší podporu informačních systémů.

<sup>6</sup> SEMICONDUCTOR TESTING. MTBF Calculation: MTBF Calculation & Product Reliability. In: *Electrontest.com* [online]. 26. 7. 2018 [cit. 2021-07-19]. Dostupné z: <https://www.electrontest.com/mtbf-calculation/>

<sup>7</sup> SABRE. Od preventivní k prediktivní údržbě. *Technický týdeník* [online]. 2006, (1), 1 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/od-preventivni-k-prediktivni-udrzbe\\_10929.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/od-preventivni-k-prediktivni-udrzbe_10929.html)

Nevýhodou jsou vysoké nároky na finanční zdroje, především na přímé náklady. Opravy jsou prováděny po časových intervalech. Často je díl vyměněn i přesto, že je provozuschopný a mohl by být provozován.<sup>8</sup>

### 2.3.3 Plánovaná preventivní údržba

Plánovaná preventivní údržba je systém údržby, který pracuje v předem stanovených cyklech. Po uplynutí těchto cyklů se provádí plánované preventivní prohlídky a plánované preventivní opravy. Hlavním ukazatelem je cyklus prohlídek a oprav, který je definován jako rozdíl mezi časem pořízení zařízení a časem jeho generální opravy. V praxi se nejčastěji využívá označení PPO, jež začíná formou týdenních preventivních prohlídek, pokračuje přes čtvrtletní revize, pololetní a roční opravy až k uzavření cyklu generální opravou. Tento systém údržby bývá v praxi označován také jako:

- Systém údržby podle časových plánů.
- Systém po preventivní prohlídce.
- Systém standardních periodických oprav.
- Systém preventivních periodických oprav.

Nevýhodou tohoto systému je převážně jeho vysoká nákladovost a nízká optimálnost, jelikož neposuzuje aktuální technický stav daného zařízení a opravy se řídí pouze pevně daným cyklem.

Výhodou je plánované odstavení, při němž dochází ke vzniku technologické přestávky, při které může dojít k nalezení řešení výrobních problémů. Velká část řešených otázek údržby je závislá na intuici, takže je těžké najít cestu objektivizace technického stavu.<sup>10</sup>

### 2.3.4 Diagnostická údržba

Systém diagnostické údržby dbá na aktuální stav daného zařízení, který nám ukážou diagnostické metody. Tato zařízení jsou odstavována, dojde-li k mezní fázi opotřebení a nebo překročení meze přístupné tolerance. Pomocí diagnostických metod detekujeme závadu, lokalizujeme její možné místo a specifikujeme, o jaký druh závady se jedná.

---

<sup>8</sup> ŽILKA, M. *Strategie systému údržby ve strojírenském podniku*. Praha, 2013. Disertační práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní. Vedoucí práce Michal Kavan.

<sup>10</sup> VOŠTOVÁ, Věra, František HELEBRANT a Karel JERÁBEK. *Provoz a údržba strojů II. část*. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02531-4.

Diagnostická měření jsou prováděna nejčastěji formou inspekčních činností v daných časových intervalech, na objednávku nebo monitorováním stavu. Diagnostická údržba je kvalitativně novým systémem, který objektivně posuzuje skutečný stav strojů a zařízení právě pomocí diagnostických metod. V diagnostické údržbě se často můžeme setkat s označením odvozeným od mezního stavu měřeného diagnostického parametru, a to s pojmem mezní údržba.<sup>11</sup>

Metody diagnostické údržby jsou:

- Defektoskopie – zjišťuje existenci, umístění a velikosti vad v povrchových i vnitřních materiálech. Patří sem akustická emise, magnetická metoda, kapilární metoda, ultrazvuková metoda, prozařovací metody a další.
- Vibrodiagnostika – vibrace jsou reakcí na působení vnitřních a vnějších sil. Většina závad rotačních strojů se projevuje právě nadměrnými vibracemi. Vibrodiagnostika používá diagnostické signály a charakterizuje mechanický stav strojů. Každá mechanická závada generuje vibrace specifickým způsobem a její diagnostikou můžeme určit příčiny závady.
- Termodiagnostika – je další z možných metod, která spočívá v měření teploty. Měření teploty je snadné, rychlé a dostatečně přesné a může být prováděno na řadě objektů, strojů nebo konstrukcí. Pokud dobře zvolíme místo měření, jeho teplota nám může velmi dobře sloužit jako signál možné závady.
- Subjektivní metoda – tato metoda je založena na schopnostech diagnostiků vnímat projevy objektů a rozpoznávat odchylky od běžného stavu. Využívají k ní zrak, sluch, hmat nebo čich.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> VOŠTOVÁ, V., F. HELEBRANT a K. JEŘÁBEK. *Provoz a údržba strojů II. část*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02531-4.

<sup>12</sup> POŠTA, J. Print Diagnostické metody – základ preventivní údržby podle technického stavu. Řízení a údržba průmyslového podniku. In: *Udrzbapodniku.cz* [online]. 14. 9. 2012 [cit. 2021-07-06]. Dostupné z: <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artikuly/artikul/article/diagnosticke-metody-zaklad-preventivni-udrzby-podle-technickeho-stavu/>



### 2.3.5 Údržba dle metody TPM

Totálně produktivní metoda (TPM) se snaží zajistit dosažení tří hlavních cílů – nulových ztrát z rychlosti stroje, nulových neplánovaných odstávek a nulových vad, které jsou způsobeny stavem stroje. Snažíme se, aby investice do technologií měla co nejkratší návratnost. Zavádění TPM je součástí implementace štíhlé výroby. TPM se snaží změnou prostředí změnit lidi. Pokud není filozofie všech pracovníků podobná, TPM lze zavádět pouze velmi těžko.<sup>13</sup>

### 2.3.6 Prediktivní údržba

Prediktivní údržba vychází z daných podmínek preventivní údržby. Využívá přímého sledování provozních podmínek, vibrací, teploty, efektivity atd. namísto statistiky průměrné životnosti. Sbíraná data vyhodnocuje a určuje skutečnou dobu do poruchy zařízení. Tato data poté využívá k efektivnějšímu plánování činností údržby v závodě. Zahrnutím do programu řízení údržby zajistí schopnost optimalizovat disponibilitu zařízení a snižuje tak náklady na údržbu. Tento program může snižovat výskyt neplánovaných havárií a zajistit, aby bylo zařízení v provozuschopném stavu. Může také zjistit problémy dříve, než se stanou kritickými, a vyhnout se tak vyšším nákladům, které vzniknou při havárii.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> ESCARE. *Totálně produktivní údržba*. Escare.cz [online]. © 2021 [cit. 2021-06-14]. Dostupné z: <https://www.escare.cz/balicky-sluzeb/totalne-produktivni-udrzba-tpm/>

<sup>14</sup> SABRE. Od preventivní k prediktivní údržbě. *Technický týdeník* [online]. 2006, (1), 1 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/od-preventivni-k-prediktivni-udrzbe\\_10929.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/od-preventivni-k-prediktivni-udrzbe_10929.html)

## 2.4 Nejběžnější metriky incidentů

Mezi nejběžnější metriky, které sledují provozuschopnost, prostoje a další ukazatele, patří:

### 2.4.1 MTBF

MTBF (střední doba mezi poruchami) je průměrná doba mezi poruchami, které se dají opravit. Čím vyšší je doba mezi selháním, tím spolehlivější je systém. Cílem společnosti tedy je udržet MTBF co nejvyšší. Vypočítá se podílem celkové provozní doby počtem selhání. Metrika nezohledňuje prostoje během plánované údržby.<sup>15</sup>

### 2.4.2 MTTR

MTTR (střední doba opravy) je průměrná doba opravy, než dojde ke zprovoznění systému. Zahrnuje čas opravy i dobu testování a počítá se od doby odstavení zařízení do doby jeho plné funkčnosti. Vypočítá se vydělením celkového času stráveného na opravě zařízení počtem oprav. Tato metrika neslouží k identifikaci problémů, ale ke sledování, jak rychle je údržba schopna daný problém opravit. Dále se používají odvozené metriky MTTR:

- Střední čas na vyřešení – zahrnuje čas, který byl věnován nejen vyřešení problému, ale také prevenci, aby se daný problém neopakoval. Počítá se jako suma celkových časů a počtu incidentů. Používá se u neplánovaných incidentů, jako je například požár.
- Střední čas na odpověď – průměrná doba trvání oprav od prvního upozornění na možné selhání. Vypočítá se jako suma času od první diagnostiky po opravu a počtu selhání. Používá se například k měření úspěchu týmu při kybernetickém útoku.<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> ATlassian. MTBF, MTTR, MTTA a MTTF. *Atlassian.com* [online]. © 2021 [cit. 2021-07-07]. Dostupné z: <https://www.atlassian.com/incident-management/kpis/common-metrics>

<sup>16</sup> ATlassian. MTBF, MTTR, MTTA a MTTF. *Atlassian.com* [online]. © 2021 [cit. 2021-07-07]. Dostupné z: <https://www.atlassian.com/incident-management/kpis/common-metrics>

### 2.4.3 MTTA

MTTA (střední čas na zahájení zásahu) je průměrná doba od zjištění závady po začátek práce na její opravě. Používá se pro zjištění odezvy týmu a efektivity výstražného zařízení. Vypočítá se jako podíl sumy časů od identifikace problému po začátek jeho řešení a počtu selhání v daném časovém období.<sup>17</sup>

### 2.4.4 MTTF

Zatímco MTBF se používá v případě opravitelných selhání, pro selhání vyžadující výměnu se používá MTTF. MTTF (střední doba do neopravitelné poruchy) slouží k určení doby, po kterou bude systém funkční, a k určení, zda nová verze systému bude efektivnější a o kolik. Tuto metriku vypočítáme jako aritmetický průměr životnosti všech zařízení daného typu. Nevýhodou této metriky je její používání při dlouhé životnosti zařízení, ale jejich krátkém monitoringu.<sup>18</sup>

### 2.4.5 Paretova analýza

Paretovo pravidlo uvádí, že přibližně 80 % účinků pochází ze 20 % příčin. V roce 1941 ho zformuloval Josef Moses Juran, jenž navázal na výzkumy Vilfreda Pareta, který došel k závěru, že 80 % půdy v Itálii vlastní 20 % populace. Toto pravidlo je možné používat v mnoha odvětvích, jako je například údržba, ekonomika, bezpečnost, průmysl atd. Určuje nám těch 20 %, která jsou nejdůležitější a na která by se měla společnost zaměřit. Realizace je rozdělena do následujících kroků:

- Místo analýzy – určení činností, ve kterých chceme dosáhnout zlepšení.
- Sestavení tabulky – vložíme do ní seznam příčin a doplníme četnost v procentech.
- Uspořádání dat – seřadíme řádky podle důležitosti tak, aby nejdůležitější byly nahoře.
- Kumulativní četnost – rozšíříme tabulku o kumulativní četnost.
- Lorenzova křivka – sloupcový graf s příčinami vyneseme na osu x a kumulativní relativní četnost na osu y.

---

<sup>17</sup> ATlassian. MTBF, MTTR, MTTA a MTTF. *Atlassian.com* [online]. © 2021 [cit. 2021-07-07]. Dostupné z: <https://www.atlassian.com/incident-management/kpis/common-metrics>

<sup>18</sup> ATlassian. MTBF, MTTR, MTTA a MTTF. *Atlassian.com* [online]. © 2021 [cit. 2021-07-07]. Dostupné z: <https://www.atlassian.com/incident-management/kpis/common-metrics>

- Určení hlavních příčin – určíme, kde je hranice, která odpovídá 80 %.
- Vyhodnocení – vyhodnotíme, které chyby způsobují největší ztráty.<sup>19</sup>

## 2.5 Organizace a metody údržby

Nejzásadnější skutečnosti organizačního systému můžeme popsat následovně:

- Důležitost postavení údržby ve výrobním systému.
- Nutnost obsáhnout celý řídicí systém údržby.
- Progresivnost organizace v řídicím systému.

Podíváme-li se více do hloubky, na organizaci údržby většiny výrobních podniků mají vliv:

- počet výrobních linek a jejich velikost,
- územní rozložení výrobních jednotek,
- počet strojů a zařízení, jejich technická vyspělost a struktura,
- technická složitost strojů a zařízení, náročnost na údržbu a jejich udržovatelnost,
- stav a vybavení opravárenské základny,
- formy a metody řízení oprav,
- informační systém v údržbě.

Ve výrobní jednotce většiny strojních podniků jsou tři základní nositelé odpovědnosti:

- Obsluha – uživatel.
- Útvar údržby výrobního zařízení, který má tuto činnost jako jedinou pracovní náplň.
- Technický úsek, který zajišťuje technickou úroveň údržby.

V praxi se setkáme se třemi základními typy organizací, ze kterých se odvozuje organizační schéma údržby.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> RUČKA, P. *Využití Paretovy analýzy pro zpracování výrobních dat*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce Jan Pásek.

<sup>20</sup> VOŠTOVÁ, V., F. HELEBRANT a K. JEŘÁBEK. *Provoz a údržba strojů II. část*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02531-4.

Decentralizovaná údržba – opravy zařízení zde provádí pracovníci v dané organizační jednotce.

Centralizovaná údržba – opravy zařízení zde provádí jedno středisko, jež se zabývá pouze touto činností.

Kombinovaná údržba – autonomní údržbu provádí pracovníci v dané organizační jednotce, opravárenskou činnost a další údržbářské činnosti provádí pracovníci samostatné organizační jednotky.<sup>21</sup>

## 2.6 Plánování podnikových zdrojů (ERP)

Enterprise resource planning (ERP) označuje software, který pomáhá organizacím se správou každodenní obchodní činnosti, jako je účetnictví, zásobování, řízení projektů, řízení rizik a další. Úplná sada ERP obsahuje také Enterprise performance management (EPM), který pomáhá při plánování a tvorbě rozpočtu a finančních výkazů.<sup>22</sup>

## 2.7 Systémy pro plánování a řízení údržby CMMS<sup>23</sup>

Systémy pro plánování a řízení údržby a servisu CMMS (Computerized Maintenance Management System) jsou počítačový program, který centralizuje informace o stavu zařízení a usnadňuje procesy provádění údržby. Jádrem CMMS je jeho databáze. Má datový model, který organizuje informace o majetku, vybavení, materiálech a dalších zdrojích, jež údržba využívá.

### 2.7.1 Historie CMMS

Nejstarší verze CMMS se objevily v 60. letech 20. století a byly obvykle používány velkými podniky. Technici pomocí děrovacích karet a sálových počítačů vytvořili počítačové záznamy a sledovali úkoly údržby. V 70. letech děrné štítky ustoupily kontrolním seznamům, které technici na konci směn dodávali do systémů CMMS.

---

<sup>21</sup> VOŠTOVÁ, V., F. HELEBRANT a K. JEŘÁBEK. *Provoz a údržba strojů II. část*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02531-4.

<sup>22</sup> ORACLE. Definice plánování podnikových zdrojů (ERP). *Oracle.com* [online]. © 2021 [cit. 2021-06-28]. Dostupné z: <https://www.oracle.com/cz/erp/what-is-erp/#link4>

<sup>23</sup> IBM. What is a CMMS. *Ibm.com* [online]. © 2021 [cit. 2021-06-17]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-cmms>

CMMS získala větší převahu u menších a středních podniků v 80. a 90. letech, kdy se počítače staly menšími, dostupnějšími, distribuovanějšími a propojenějšími. V 90. letech začala CMMS sdílet informace napříč lokálními sítěmi nebo LAN.

V roce 2000 se objevil intranet a webová konektivita, která rozšířila možnosti CMMS na řadu mobilních zařízení a provozních míst.

Nejnovější generace CMMS je cloudová a vysoce mobilní. Nabízí větší funkčnost s rychlejší implementací, snadnější údržbou a větším zabezpečením dat.

## 2.7.2 Funkce CMMS

Informace v databázi CMMS podporují různé funkce systému, které umožňují následující funkce:

**Řízení zdrojů a práce:** Sleduje dostupné síly zaměstnanců, vybavení, náhradních dílů atd. Zadává konkrétní úkoly a organizuje směny.

**Registr aktiv:** Ukládá, zobrazuje a sdílí informace o aktivech, jako jsou:

Výrobce, model, sériové číslo a třída a typ zařízení

- Související náklady a kódy.
- Místo a poloha.
- Statistiky výkonu a prostojů.
- Související dokumentace, videa a obrázky, jako jsou příručky k opravám, bezpečnostní postupy a záruky.
- Dostupnost měřidel, senzorů a přístrojů pro internet věcí (IoT).

**Správa pracovních objednávek:** Správa pracovních objednávek je obvykle považována za hlavní funkci CMMS, zahrnuje informace jako:

- Číslo pracovní zakázky.
- Popis a priorita.
- Typ objednávky (oprava, výměna, plány).
- Kódy příčiny a nápravy.
- Personál a použité zdroje.

Správa pracovních příkazů zahrnuje také funkce jako:

- Automatické generování pracovních příkazů.
- Rezervní materiál a vybavení.
- Naplánování a přiřazení zaměstnance a směny.
- Kontrola stavu a sledování prostojů.
- Zaznamenání plánovaných a skutečných nákladů.
- Přiřazení dokumentů pro opravu a bezpečnost.

## 2.8 EAM (Enterprise Asset Management)

EAM je systém, který nám spravuje provozní zdroje podniku. EAM umožňuje společností hospodařit s vlastním hmotným majetkem tak, aby bylo dosaženo ekonomického růstu a aby byly společnosti současně schopny čelit nákladům na obnovu. *EAM reaguje na potřeby kapitálově „náročných“ podniků a dává jim k dispozici sadu nástrojů navržených tak, aby umožnily lépe řídit jejich provozní zdroje.* EAM se liší od CMMS komplexní systém řízení údržby s řadou prvků, které je důležité v procesu automatizace a počítačové podpory zaznamenat.<sup>24</sup>

### 2.8.1 Rozdíl mezi CMMS a EAM

Obecně se CMMS považuje za podmnožinu EAM. EAM nabízí větší specifickou cílenost funkcí cílených na aktiva. Obecným rozdílem mezi CMMS a EAM je jednoduché logické prohlášení – zatímco všechna (nebo většina) řešení EAM mají určité schopnosti CMMS, ne všechny nástroje CMMS mají funkce EAM. Další klíčovou oblastí, kde se EAM vs. CMMS liší, je to, kdo je používá. U CMMS to obvykle jsou technici, pracovníci údržby a provozní týmy, které je používají přímo ke správě svých operací. Software EAM používají také stejné skupiny, ale je navíc využíván uživateli na úrovni C, účetními a týmy zabývajícími se dodržováním předpisů, rozpočty a dalšími.<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> KOŘÍNEK, J. EAM (Enterprise Asset Management). *IT System* [online]. 2001, 2001(11), 1 [cit. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/eam-enterprise-asset-management.htm?mobilelayout=false>

<sup>25</sup> EAM vs CMMS: Comparison of the Difference Between Them. *Select Hub* [online]. SelectHub: SelectHub, 2020 [cit. 2021-6-24]. Dostupné z: <https://www.selecthub.com/cmms/difference-eam-cmms/>

## 2.9 Metody posuzování rizik

### 2.9.1 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Failure Mode and Effect Analysis je analytická metoda, která má za úkol posuzovat místa, kde může vzniknout vada nebo porucha. Její vývoj začal v 60. letech 20. století během programu APOLLO společnosti NASA. Ve firemní kultuře použil tuto metodu jako první Ford, o deset let později. V 80. letech byla zahrnuta do normy QS 2000. Od začátku tohoto století vznikly další metody vycházející z metody FMEA, například VDA, DRBFM, FMECA. FMEA je metoda, která systematicky identifikuje všechny možné vady procesu nebo výrobku a jejich důsledky a identifikuje kroky ke snížení nebo omezení těchto vad. Následně se celý proces zaznamenává. Ke správnému použití této metody je třeba mít zkušený tým, který rozumí analyzovanému systému, jelikož je správná identifikace vad založena právě na jejich zkušenostech. Metoda FMEA je základem normy IEC 60812.<sup>26</sup>

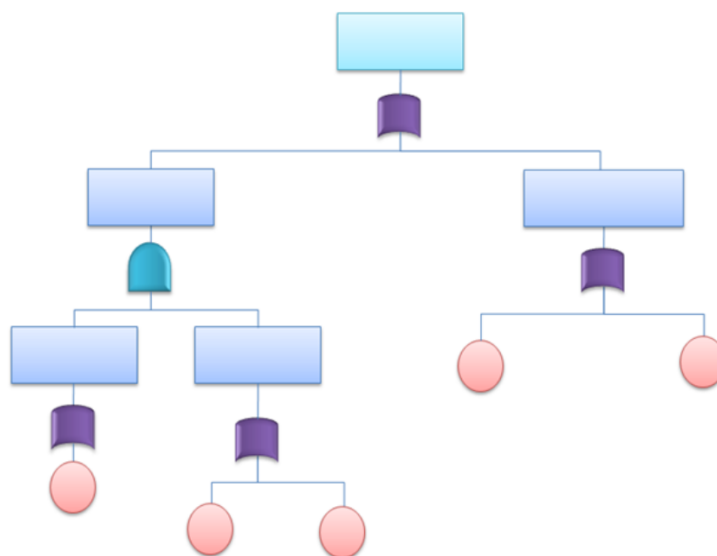
### 2.9.2 FTA (Failure tree analysis)

Analýza stromu poruch (FTA) je grafický nástroj ke zjištění příčin selhání na systému. Využívá logiku ke kombinování řady událostí na nižších úrovních. V této metodě se postupuje shora dolů a identifikují se místa možného vzniku poruch. FTA se skládá ze dvou prvků „události“ a „logické brány“, které spojují události a identifikují příčinu selhání systému. Analýza stromů poruch je jednodušší metodou než FMEA, jelikož se zaměřuje na všechna možná selhání systému nežádoucí hlavní událostí, zatímco FMEA provádí analýzu za účelem nalezení všech možných režimů selhání systému, bez ohledu na jejich závažnost. Strom poruch může vypadat jako na Obr. 2.<sup>25</sup>

---

<sup>26</sup> MANAGEMENT MANIA. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). In: *Managementmania.com* [online]. 6. 1. 2021 [cit. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/failure-mode-and-effect-analysis>





Obr. 2 Strom poruch<sup>25</sup>

### 2.9.3 ETA (Event tree analysis)

Analýza stromu událostí (ETA) používá stejné logické a matematické techniky jako analýza stromu poruch (FTA). Narozdíl od stromu poruch, který analyzuje, jak může dojít k nežádoucí události, strom událostí bere v úvahu dopad selhání konkrétního komponentu nebo položky v systému a vypočítá, jaký účinek bude mít porucha na celkové systémové riziko nebo spolehlivost. Stromy událostí používají induktivní přístup, zatímco stromy poruch jsou deduktivní. Stromy událostí byly vyvinuty pro jaderný průmysl a jsou méně používány ve zpracovatelském průmyslu.

Zahajovací událost ve stromu událostí obvykle spadá do jedné z následujících čtyř kategorií:

- Poruchy nebo nebezpečné podmínky u jednotlivých zařízení.
- Lidská chyba.
- Poruchy sítě.
- Vnější události (například hurikány nebo zemětřesení).<sup>27</sup>

<sup>27</sup> SUTTON TECHNICAL BOOKS. Event Tree Analysis. *Iansutton.com* [online]. © 2021 [cit. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://iansutton.com/risk/event-tree-analysis>

## 2.10 Štíhlá výroba (Lean manufacturing)

Štíhlá výroba je souhrnem metod a principů, kterými se zaměřujeme na výrobu a jejichž cílem je mít stabilní, flexibilní a standardizovanou výrobu. Štíhlá výroba má za cíl minimalizovat plýtvání v dodavatelsko-odběratelském řetězci. Plýtvání je definováno jako vše, co nepřidává hodnotu výrobku a zvyšuje náklady na jeho výrobu. K identifikaci těchto zdrojů plýtvání nám slouží metody, které jsem popsal níže.<sup>28</sup>

### 2.10.1 Value stream mapping (VSM)

Mapování hodnotového toku je nástroj pro grafické znázornění aktuálního stavu procesu. Jeho cílem je navrhnout stav budoucí. Data jsou sbírána v provozu a ke grafickému znázornění nám slouží standardizované ikony. Tato metoda se používá nejen ve výrobě, ale také v nevýrobních procesech. VSM je komplexní metoda, která identifikuje a kvantifikuje plýtvání v hodnotovém toku. Metoda nás dále informuje o počtu a velikosti skladů a meziskladů a identifikuje nám úzká místa.<sup>29</sup>

### 2.10.2 Procesní analýza

Procesní analýza je analytická metoda popisující výkonnost a účinnost operací, které zahrnují přesuny, čekání a další. Výstupem procesní analýzy je procesní diagram, který znázorňuje sled operací pomocí symbolů. Slouží stejně jako VSM k identifikaci plýtvání, avšak zaměřuje se více na plýtvání vzniklé ze zbytečné manipulace a bývá používána jako podklad pro optimalizaci layoutů a materiálových toků.<sup>30</sup>

### 2.10.3 Snímek pracovního dne

Snímkování je způsob identifikace plýtvání, jenž je přímo zaměřen na jednotlivá pracoviště, a ne na celý materiálový tok. V praxi často předchází právě metoda VSM, kvůli které je vytipováno úzké místo, jež poté detailně sledujeme. Na snímku se zaznamenávají všechny spotřeby času během směny. Výstupem je koláčový graf

---

<sup>28</sup> DLABAČ, J. Štíhlá výroba – používané metody a nástroje. In: *E-api.cz* [online]. 29. 10. 2015 [cit. 2021-06-29]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>

<sup>29</sup> DLABAČ, J. Štíhlá výroba – používané metody a nástroje. In: *E-api.cz* [online]. 29. 10. 2015 [cit. 2021-06-29]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>

<sup>30</sup> DLABAČ, J. Štíhlá výroba – používané metody a nástroje. In: *E-api.cz* [online]. 29. 10. 2015 [cit. 2021-06-29]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>

rozdělující činnosti na ty, které přidávají hodnotu, a ty, jež hodnotu nepřidávají. Tyto výsledky pak slouží pro další optimalizaci.<sup>31</sup>

#### **2.10.4 Metoda 5S, vizualizace a standardizace**

Jedním z často opomíjených a podceňovaných nástrojů je vizuální management a standardizace. Firmy implementují složité systémy a zapomínají na ty jednodušší. Metoda 5S nám pomáhá jednoduše zavést a dodržovat tyto metody. „S“ je zkratkou japonských slov:

- Seiri (vytříd').
- Seiton (uspořádej).
- Seiso (čisti).
- Seiketsu (standardizuj).
- Shitsuke (udržuj).

Cílem je udržet čisté a organizované pracoviště. Důsledná implementace nám pomůže zmenšit plýtvání, standardizovat výrobní proces, zkrátit dobu zaškolení nového zaměstnance apod. Zefektivňovat činnosti můžeme až tedy, pokud máme závazný a neměnný standard práce, který platí pro všechny pracovníky.<sup>32</sup>

### **2.11 Ekonomika a hodnocení účinnosti údržby**

Náklady, jež vzniknou ze ztráty výroby, zvýší náklady na údržbu, které jsou nutné k opravě daného zařízení. Proto i v údržbě mluvíme o ekonomické efektivnosti. Náklady a výnosy jsou u údržby těžko rozeznatelné. Zatímco přímé náklady na údržbu se vypočítají snadno, vliv údržby na snížení výroby, poruchy, snížení kvality apod. se měří těžko. Skutečný poměr mezi náklady a výnosy je tedy značně zkreslený, proto se v údržbě používá tzv. technický přínos.

---

<sup>31</sup> DLABAČ, J. Štíhlá výroba – používané metody a nástroje. In: *E-api.cz* [online]. 29. 10. 2015 [cit. 2021-06-29]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>

<sup>32</sup> DLABAČ, J. Štíhlá výroba – používané metody a nástroje. In: *E-api.cz* [online]. 29. 10. 2015 [cit. 2021-06-29]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>

Efektivní provozování zařízení nám přináší tyto přínosy:

- Přínos pro lidi a obsluhu.
- Přínos pro zařízení.
- Přínos pro provoz zařízení.

V literaturách se uvádí, že je 7/8 skutečných nákladů na údržbu skryto, jsou obtížně měřitelné a mají vysoký vliv na zisk, jak ukazuje Obr. 3.



Obr. 3 Rozdělení nákladů<sup>18</sup>

### 2.11.1 Overall Equipment Effectiveness (Celková efektivita zařízení)

Celková efektivita zařízení OEE (CEZ) je nejběžněji používaným indikátorem výkonnosti výroby. Byla vyvinuta jako součást štíhlé výroby (Lean manufacturing). OEE nám ukazuje, jaký je rozdíl mezi ideálním výkonem a výkonem aktuálním. Používáme tři základní ukazatele, které se mohou dále větvit, a jejich typické ztráty.

- A. Dostupnost
  - a. Plánovaný čas výroby
    - i. svátky, plánovaná údržba
    - ii. přestávky, školení
  - b. Skutečný čas výroby
    - i. poruchy, zastávky (problematika překlasifikace)
    - ii. Seřizování, nastavování
- B. Výkon
  - a. Skutečný čas výroby
    - i. běh naprázdno
    - ii. snížená rychlost
  - b. Čistý čas výroby
    - i. problematika optimálních rychlostí a přiřazení vyrobeného množství
- C. Kvalita
  - a. Čistý čas výroby všech výrobků
  - b. Čistý čas výroby dobrých výrobků
    - i. ztráty z náběhu/doběhu
    - ii. nekvalita výroby
    - iii. post-processing.

OEE se vypočítá podle vzorce:

$$\text{OEE} = \text{Dostupnost} * \text{Kvalita} * \text{Výkon} \quad (1)$$

- Dostupnost – poměr mezi plánovaným časem a skutečným časem výroby.
- Výkon – poměr mezi čistým výrobním časem a výrobním časem.
- Kvalita – poměr mezi užitečným výrobním časem a čistým výrobním časem.

### **OEE benchmarking**

Pro jednotlivá odvětví a typy výroby existují benchmarky, nazývané World Class OEE. Podle celosvětových studií činí průměrná hodnota OEE ve výrobních závodech 60 %. Za World Class OEE je považována hodnota alespoň 85 %. Toho můžeme docílit pomocí následujících parametrů:

Tab. 1 OEE Benchmarking<sup>31</sup>

OEE faktor	World Class
Dostupnost (Availability)	90 %
Výkon (Performance)	95 %
Kvalita (Quality)	99,9 %
Celková CEZ (Overall OEE)	85 %

## Úrovně OEE

Úrovně OEE můžeme klasifikovat do 4 základních skupin.

1. Papírové OEE – jedná se o sběr informací o ztrátách na papír. Nevýhodou je zkreslení zadaných informací obsluhou a nemožnost okamžité reakce na vzniklý problém nebo odchylku.
2. Excelovské OEE – sbírání dat je více strukturované než v případě papírového OEE. Excel nám umožňuje sledovat trendy. Nevýhodou je také zkreslování dat obsluhou a nemožnost okamžité reakce na problémy a odchylky.
3. Automatizované neintegrováné OEE – klíčová data (rychlost, run/stop) jsou sbírána ze strojů automatizovaně a jsou objektivní. Umožňují identifikovat příčiny a rychle reagovat na případné výpadky.
4. Automatizované integrované OEE – automatizovaný sběr dat ze strojů je rozšířen o integraci s jinými systémy (například systémy CMMS, ERP atd.). V reálném čase vyhodnocuje odchylky a automaticky vytváří hlášení pro údržbu.<sup>33</sup>

## Total Effective Equipment Performance

TEEP je nejznámějším odvozeným ukazatelem, který posuzuje efektivnost ke kalendářnímu času. Je odvozen od OEE. Pokud byl chod plánován 24 hodin denně 365 dní v roce, pak TEEP odpovídá ukazateli OEE. TEEP se dá vyjádřit vztahem:

$$\text{TEEP} = \text{Loading} \times \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality} \quad (2)$$

$$\text{TEEP} = \text{Loading} \times \text{OEE} \quad (3)$$

<sup>33</sup> EAST-GATE. Overall Equipment Effectiveness (Celková efektivita zařízení). *East-gate.eu* [online]. © 2020 [cit. 2021-06-28]. Dostupné z: <https://www.east-gate.eu/cs/oee/about-oee>

- Loading (dostupnost) – poměr mezi disponibilním časem a kalendářním časem.
- Availability (využití) – poměr mezi výrobním časem a disponibilním časem.
- Performance (výkon) – poměr mezi čistým výrobním časem a výrobním časem.
- Quality (kvalita) – poměr mezi užitečným výrobním časem a čistým výrobním časem.<sup>34</sup>

### 2.11.2 Ukazatele a měření efektivnosti údržby

Důležitým kritériem pro hodnocení chodu podniku je zjišťování efektivnosti údržby. Může být založeno na dvou přístupech:

- komplexní ukazatel efektivnosti údržby,
- provozní ukazatel efektivnosti údržby.

Měření efektivnosti údržby je velmi důležité pro vyhodnocování dopadu změn i rozhodujícím podnětem pro zlepšování. Efektivní údržba je taková, jež má prostoje blížící se nule v důsledku údržby po poruše. K tomuto efektu se můžeme přiblížit pouze u nepřetržitých provozů, jelikož je možné preventivní údržbu vykonávat v době mimo pracovní směny. U nepřetržitých provozů vykonáváním preventivní údržby dojde vždy k prostojům, i pokud se nám podaří vyloučit možné poruchy. Reálný efekt údržby se pouze blíží k nulovým prostojům, proto je logičtější mluvit o optimálním efektu údržby, který je kompromisem mezi preventivní údržbou a údržbou po poruše. Hledáme tedy nejvýhodnější poměr mezi hrubým ziskem a náklady na údržbu za časové období.<sup>35</sup>

#### Maintenance efficiency evaluation (MEE)

Chceme-li zjistit výsledky a dopady opatření, které management údržby učinil, je nutné vlastní měření výkonnosti a účinnosti. Management údržby si vymezuje klíčové ukazatele výkonnosti a účinnosti údržby, jež navazují na informační technologie, ekonomiku údržby, měření efektivností atd. MEE je jedna z metod, která nám pomáhá s měřením efektivnosti. Jedná se o metodu postavenou na benchmarkingu a minimální hranice se srovnávají s nejlepšími společnostmi. Hodnoticí stupnice je dána buď písmeny

<sup>34</sup> PATOČKA, M. OEE a odvozené ukazatele TEEP, PEE, OAE, OPE, OFE, OTE a CTE. In: *Mescenter.org* [online]. 13. 5. 2020 [cit. 2021-07-01]. Dostupné z: <http://www.mescenter.org/cz/clanky/43-oe-e-a-odvozene-ukazatele-teep-pee-oe-ope-ofe-ote-a-cte>

<sup>35</sup> ALEŠ, Z., V. LEGÁT a V. JURČA. *Měření výkonnosti údržby prostřednictvím ukazatelů efektivnosti* [online]. Praha: ČZU v Praze, 2021 [cit. 2021-06-28]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10583992-Mereni-vykonnosti-udrzby-prostrednictvim-ukazatelu-efektivnosti.html>

(E – excelentní efektivita, G – velmi dobrá, A<sup>+</sup> – lepší průměr, A – průměrné, A<sup>-</sup> – podprůměrné, P – nízké), a nebo jinou formou, například procenty.<sup>36</sup>

### **Maintenance outsourcing possibility evaluation (MOPE)**

Metoda MOPE je postavena na outsourcingu, tedy jiné než klíčové schopnosti dané společnosti přenechat třetí straně. Outsourcing patří k základům Lean managementu. Outsourcing údržby patří do významných manažerských rozhodnutí a strategií údržby. Tato rozhodnutí značně ovlivňují ekonomiku údržby a celkové náklady organizace. Měla by být prováděna na základě důkladných ekonomických a kvalitativních analýz namísto politického rozhodnutí.<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> KUDELOVÁ, I. *Údržba lomové těžební techniky jako prostředek k ovládnání a snižování rizika provozu*. Ostrava, 2016. Disertační práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta. Vedoucí práce Pavel Prokop.

<sup>37</sup> KUDELOVÁ, I. *Údržba lomové těžební techniky jako prostředek k ovládnání a snižování rizika provozu*. Ostrava, 2016. Disertační práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta. Vedoucí práce Pavel Prokop.



## 3 Praktická část

V praktické části své práce se budu věnovat systému údržby ve společnosti Mondi Štětí, a. s.

### 3.1 Představení společnosti

Mondi Štětí, a. s., je rozsáhlý papírenský komplex, který se nachází ve městě Štětí nedaleko Roudnice nad Labem. V areálu sídlí několik firem a výrobou papírů se zabývají Mondi Štětí, a. s., Mondi Coating, a. s., Mondi Bags, a. s., Mondi Štětí White Paper, s. r. o., Security Paper Mill, a. s., a Fibertec Štětí, s. r. o. Dále zde sídlí další firmy, které se zabývají logistikou, servisem, údržbou a jinými službami. Areál má vlastní čističku vod, energetiku, skladovací prostory, provozní a údržbové haly. Areál papíren zde byl založen 1. ledna 1949 jako národní podnik, který vznikl na pozemcích bývalého cukrovaru z roku 1869. První výrobek byl vyroben v létě 1952. Firma Mondi Štětí je součástí skupiny Mondi od roku 2000. K roku 2017 je zde 7 výrobních linek a firma má 731 zaměstnanců<sup>38</sup>. Mondi Štětí má mateřskou společnost Mondi, která k roku 2020 vykázala čistý příjem 602 mil. € a pracuje v ní 26 000 zaměstnanců. Sídlo společnosti je ve Vídni a společnost je kotovaná na johannesburské burze cenných papírů a na londýnské burze cenných papírů<sup>39</sup>. Níže uvádím, jaké se v Mondi Štětí vyrábí produkty a jaký je jejich podíl na tržbách:

- Bělená sulfátová buničina 28 %.
- Pytlový papír 32 %.
- Kartony pro výrobu vlnité lepenky 13 %.
- Jednostranné hlazené papíry 15 %.
- PE laminované papíry 2 %.
- Ostatní tržby 11 %..

---

<sup>38</sup> Papírny Štětí. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2021-07-06]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Pap%C3%ADrny\\_%C5%A0t%C4%9Bt%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pap%C3%ADrny_%C5%A0t%C4%9Bt%C3%AD)

<sup>39</sup> Mondi. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2021-07-06]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Mondi>

Ostatní tržby pocházejí převážně z prodeje zelené energie. Pro lepší představu o společnosti uvádím následující tabulku v EUR:

Tab. 2 Tabulka 2 Vybrané ukazatele Mondí Štětí, a. s.

	2016	2017	2018	2019
Tržby (mld)	9,49	9,79	10,44	11,51
EBIT (mld)	0,76	1,32	0,281	1,99
Hmotný majetek (mld)	6,9	10,49	14,51	13,05
Počet zaměstnanců	624	730	782	730



Obr. 4 Areál Mondí Štětí, a. s.<sup>40</sup>

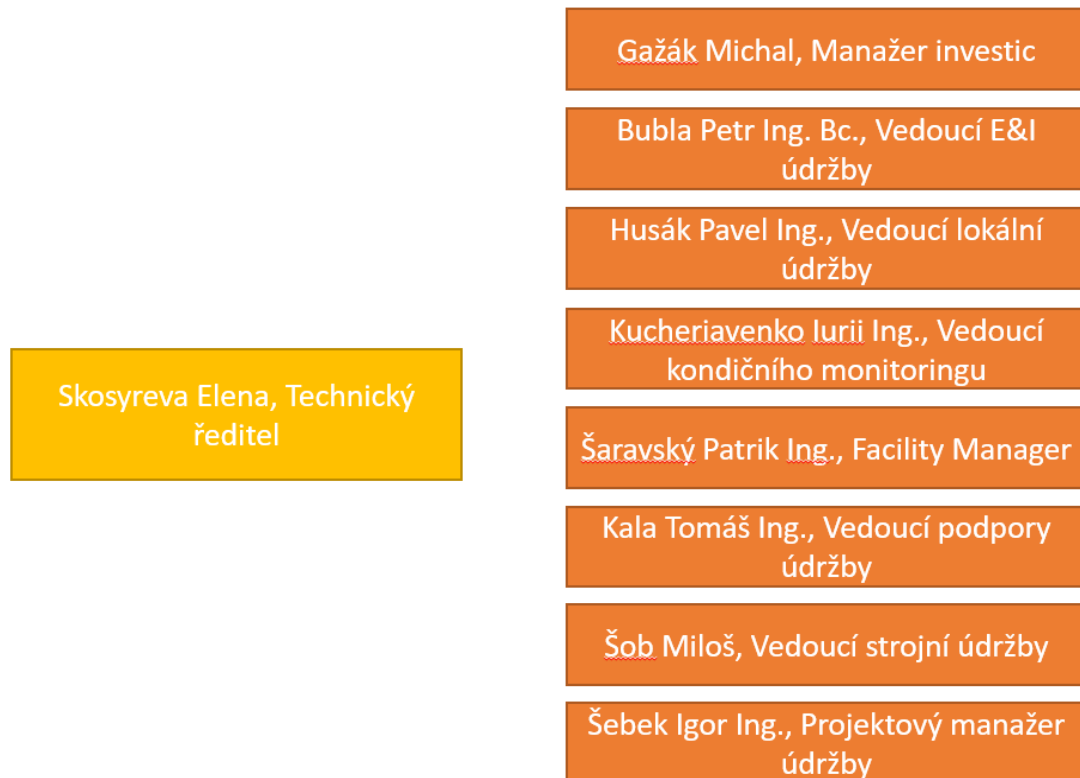
Vzhledem k velikosti společnosti je zde uspořádaná hierarchie zaměstnanců. Dodržování této organizační struktury je nedílnou součástí výroby a dobrých výsledků společnosti. Celý závod má na starosti generální ředitel, pod nějž dále spadají jednotlivé úseky – bezpečnost, kvalita a životní prostředí, interní audit, personalistika, finanční a controllingové oddělení, provoz, pod který spadá také údržba. Její hierarchii popíšu níže.

<sup>40</sup> MONDI. Neue Spezialkraftpapiermaschine für Tragetaschen. In: *Fibers-in-process.de* [online]. 21. 1. 2021 [cit. 2021-07-19]. Dostupné z: <https://www.fibers-in-process.de/news/papierherstellung/technisches-papier-und-spezialpapier/Mondi-Neue-Spezialkraftpapiermaschine-fuer-Tragetaschen-23058>

## 3.2 Hierarchie údržby

Údržba je jedním z hlavních oddělení v Mondí a spadá pod technického ředitele. V následující tabulce uvádím rozdělení hierarchie údržby ke 12. 7. 2021.

Tab. 3 Hierarchie údržby



## 3.3 Vymezení strojů pro DP

Pro svou DP jsem si vybral dva papírenské stroje P5 a P7, jelikož mají velmi podobnou technologii výroby a velikost. Oba stroje jsou konstruovány na výrobu 200 tisíc tun papíru za rok. Průměrná výroba po odečtení všech prostojů činí 26 tun za hodinu, avšak reálná se pohybuje od 20 do 35 tun za hodinu, jelikož se mění gramáž vyráběného papíru. Maximální konstrukční rychlost strojů činí 1 000 m/min a rozsah plošné hmotnosti od 50 do 120 g/m<sup>2</sup>.<sup>41</sup>

<sup>41</sup> PAPCEL. Navazující dodávka pro skupinu MONDI GROUP, Česká republika. *Papcel.cz* [online]. © 2021 [cit. 2021-07-8]. Dostupné z: <https://www.papcel.cz/novinky-uzel/navazujici-dodavka-pro-skupinu-mondi-group-ceska-republika/>



Obr. 5 Papírenský stroj P7

### 3.4 Sběr dat

Ve společnosti Mondi Štětí, a. s., probíhá sběr dat pomocí programu MES, který čerpá data z aktuálního chodu výrobní linky a zaznamenává, kdy, kde a jak dlouho trvá odstávka stroje. Finanční data využitá v diplomové práci jsou zkrácena, aby nemohlo dojít k jejich zneužití. Průměrná cena 1 tuny papíru činí 18 000 Kč.

#### 3.4.1 Typy příčin odstávek

V programu MES se zaznamenávají tyto příčiny odstávek, které uvádím v tabulce:

Tab. 4 Příčiny odstávek

<b>Externí</b>	<b>Technologická</b>
EB-Jiná linka	IP-Čištění
EB-Jiná linka24	IP-Chyba obsluhy
EB-Není buničina	IP-Lana
EB-Ostatní	IP-Oblékání
EB-Probl. voda	IP-Ostatní
EB-Výpadek el.	WP-čištění
EB-Výpadek páry	WP-Chyba obsluhy
<b>Instrumentační</b>	WP-Kolísání tahů
II-Porucha	WP-Lana
<b>Mechanická</b>	WP-Nečistoty
IH-Porucha	WP-Ostatní
IM-Lana	WP-Uši
IM-Nepředp. opr. >48H	<b>Elektrická</b>
IM-Oblékání	IE-Ostatní
IM-Ostatní	IE-Porucha
IM-Porucha	<b>Plánovaná</b>
WM-Porucha	IS-Údržba

Externí příčiny jsou takové, za které nemůže havárie daného stroje, ale havárie na stroji jiném, jenž daný stroj vyřadil.

Instrumentační příčiny jsou takové, při nichž je příčina zaviněna instrumentačními celky. V Mondi se pojem instrumentace používá pro ventily, analyzátory, snímače fyzikálních veličin a řídicí systémy.

Mechanické příčiny jsou takové, které zaviní porucha mechanických celků, jako jsou čerpadla, kladky, válce, přetržení lan atd.

Technologické příčiny jsou takové, které způsobila nedokonalost v technologii, nejčastěji přetrhy papíru.

Elektrické příčiny vznikají nejčastěji poruchou pohonu stroje. Další poruchy jsou například na čidlech, napájecích jednotkách, snímačích atd.

Plánované příčiny jsou takové, jež se plánují dopředu.

### 3.5 Počet a trvání odstávek

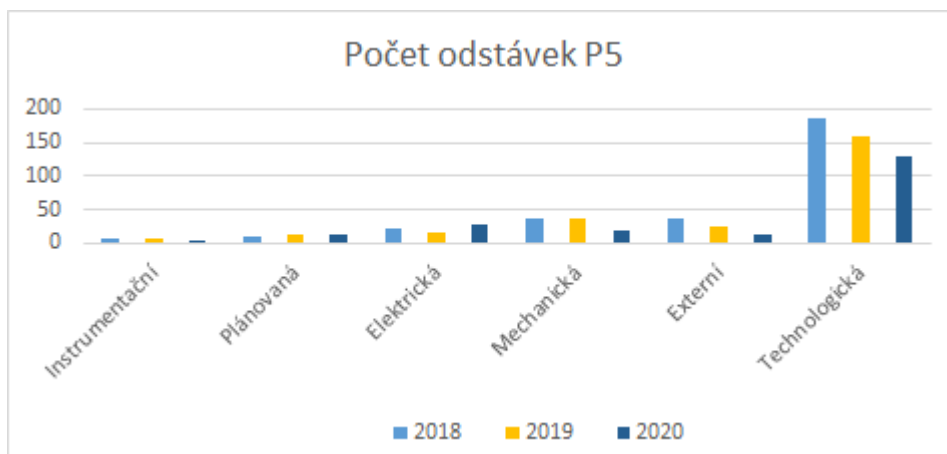
Z tabulky vyplývá, že počet i čas odstávek každoročně klesá.

Tab. 5 Počet a čas odstávek

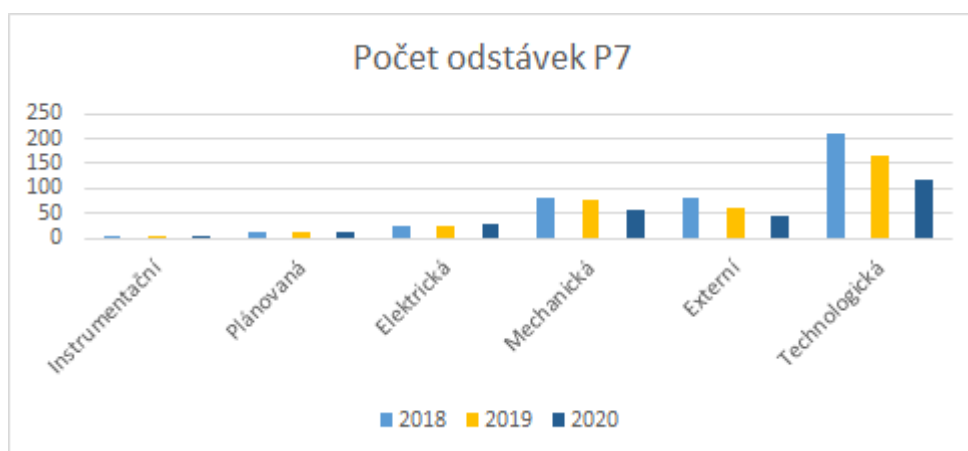
P7	2018	2019	2020
Počet	415	342	266
Čas odstávky (h)	1471	1071	745

P5	2018	2019	2020
Počet	297	256	204
Čas odstávky (h)	1633	1124	787

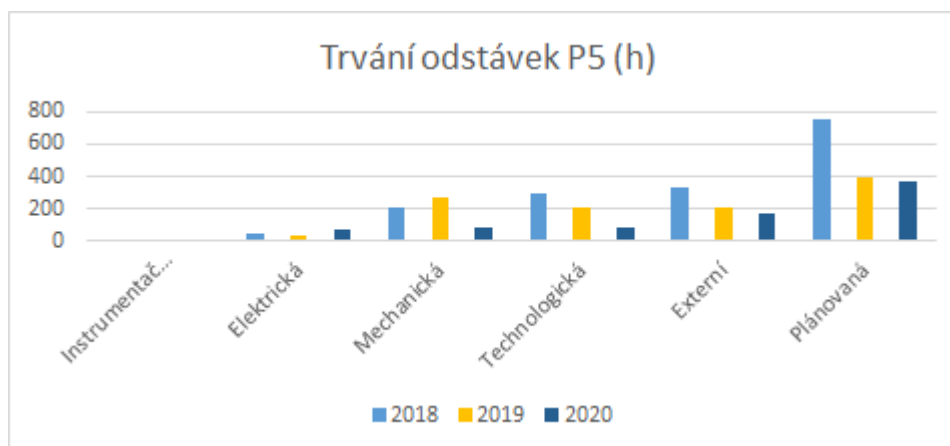
Provedl jsem detailnější analýzu a rozepsal, které hlavní příčiny jsou nejdůležitější jak z hlediska počtu, tak i času odstávky.



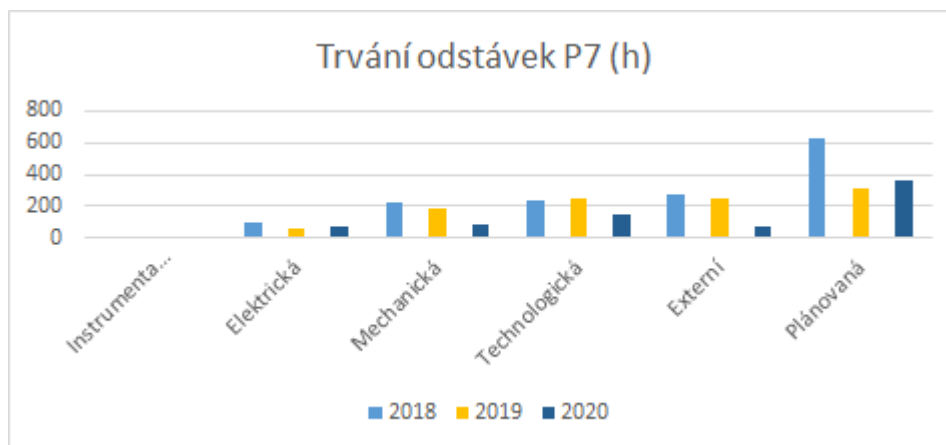
Obr. 6 Počet odstávek P5



Obr. 7 Počet odstávek P7



Obr. 8 Délka odstávek P5



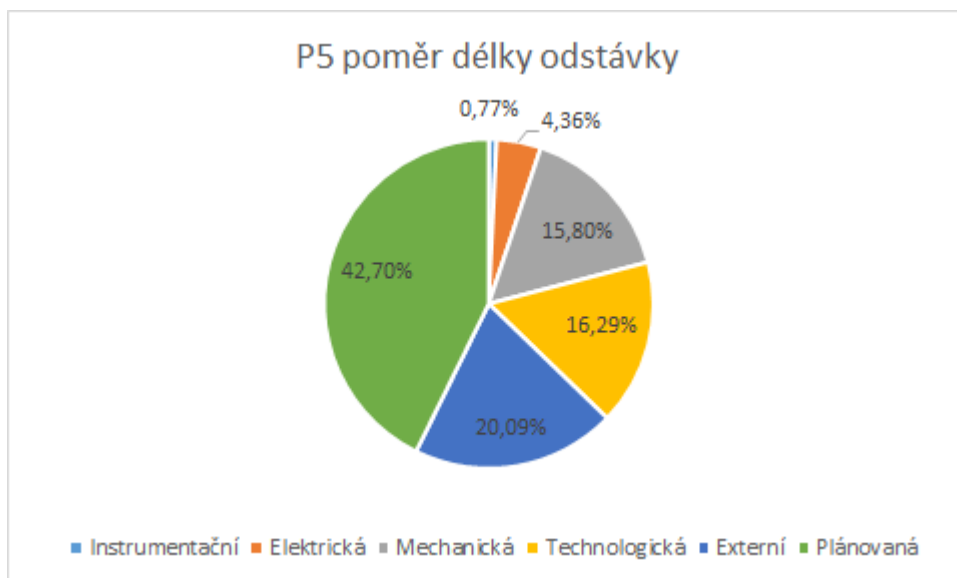
Obr. 9 Délka odstávek P7

Z grafů vyplývá, že nejčastější příčiny neplánovaných odstavení strojů jsou technologické. Tyto odstávky mají i velký podíl na celkovém času odstávek. Technologické příčiny nejsou zaviněny vadami údržby, ale samotnou technologií stroje, takže zefektivnění údržby na ně bude mít malý vliv.

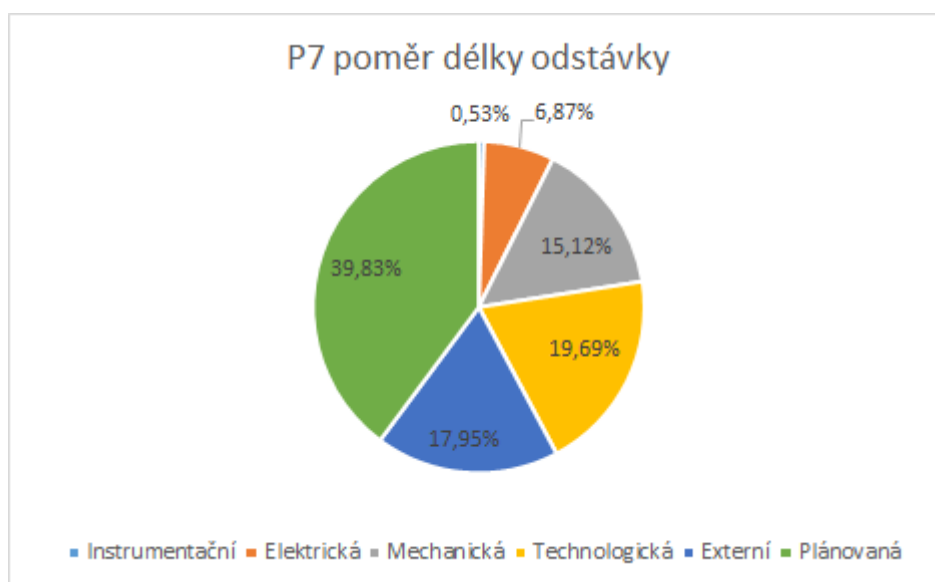
Nejdéle trvají odstávky plánované, ale jejich počet je nízký.

Druhá nejdelší příčina je z externích zdrojů, jako je například málo páry. Aby mohlo dojít ke snížení těchto odstávek, je nutné hledat příčiny právě na těchto externích zdrojích a zefektivnění samotného papírenského stroje bude mít minimální dopad na tyto příčiny. Jelikož odstávky s externí a technologickou příčinou nezávisí příliš na údržbě daného stroje, rozhodl jsem se je z některých ukazatelů vynechat. O vynechání budu v každém ukazateli informovat.

Pro lepší přehlednost jsem vytvořil graf, ve kterém je zastoupen poměr délky odstávek.



Obr. 10 Poměr délky odstávek P5



Obr. 11 Poměr délky odstávek P7

### 3.6 Poměr preventivní a korektivní údržby

Poměr mezi preventivní a korektivní údržbou je velmi důležitým ukazatelem, který nám ukazuje trend. Cílem podniku by mělo být minimalizovat korektivní údržbu a všechny činnosti opravy soustředit do plánovaných odstávek. Odstávky vzniklé externí příčinou nám tato data zkreslí, proto je pro tento ukazatel vynechám.



Tab. 6 Poměr korektivní a preventivní údržby

P7	2018	2019	2020
Korektivní údržba (h)	567,0167	503,2833	317,1667
Preventivní údržba (h)	630,1167	318,8	360,0667
Poměr	0,89986	1,57868	0,880855

P5	2018	2019	2020
Korektivní údržba (h)	550,5667	521,1167	246,9333
Preventivní údržba (h)	755,4833	390,3167	367,1
Poměr	0,728761	1,335113	0,67266

### 3.7 MTBF

MTBF je velmi důležitou metrikou hodnocení údržby. Chceme, aby její hodnota byla co nejvyšší a každý rok se zvyšovala. Hodnoty MTBF skrze veškeré příčiny uvádím v tabulce. Vzhledem k neúplnosti dat za celý rok 2020 jsem počítal pouze do dne 20. 11. 2020.

Tab. 7 MTBF strojů

MTBF P5	2018	2019	2020
Ceková provozní doba (h)	7127,3	7636,3	6989,1
Počet odstávek	287	244	192
MTBF	24,8	31,3	36,4

MTBF P7	2018	2019	2020
Ceková provozní doba (h)	7289,1	7689,3	7031,3
Počet odstávek	404	331	252
MTBF	18,0	23,2	27,9

Z tabulky vyplývá, že MTBF se každý rok zvyšuje, což představuje správný trend. K nalezení největšího vlivu na zvýšení MTBF je nutné nepočítat pouze MTBF celého stroje, ale také zkoumat hlubší příčiny. Vypočítám proto MTBF podle rozdělení příčin.

Tab. 8 MTBF podle příčin

MTBF P5	2018	2019	2020
Instrumentační	1187,9	954,5	2329,7
Elektrická	712,7	636,4	582,4
Mechanická	324,0	449,2	258,9
Technologická	187,6	212,1	388,3
Externí	198,0	318,2	499,2

MTBF P7	2018	2019	2020
Instrumentační	3563,6	1527,3	2343,8
Elektrická	647,9	694,2	502,2
Mechanická	274,1	318,2	234,4
Technologická	85,9	100,5	123,4
Externí	85,9	125,2	159,8

Porovnání hodnot z roku 2018 a 2020 nám ukazuje, že MTBF se zvyšuje u obou strojů pouze v instrumentačních, technologických a externích příčinách. Instrumentační příčiny nemají velkou vypovídající hodnotu, jelikož je jejich počet v rámci několika málo případů ročně. U externích i technologických příčin je zvýšení znatelné, vzhledem k jejich četnosti, ale jak jsme si vysvětlili výše, údržba stroje má na ně jen malý vliv. Mechanické i elektrické příčiny, na které má údržba zásadní vliv, se snižují. Tento trend je špatný a pro odhalení příčin je nutné se podívat více do hloubky. Bohužel ale nejsou v systému zaznamenávány informace, jež by nám toto snížení objasnily a ukázaly, kterým zařízením věnovat větší pozornost. Návrhu detailnějšího rozdělení se budu věnovat v práci dále.

### 3.8 MTTR

MTTR je další důležitou metrikou, která nám říká, jestli se rychlost oprav snižuje nebo zvyšuje. Hodnoty MTTR skrze veškeré příčiny uvádím v tabulce.

Tab. 9 Tabulka 9 MTTR strojů

P5	2018	2019	2020
Čas opravy(h)	877,23	733,38	419,78
Počet odstávek	287	244	192
MTTR	3,06	3,01	2,19

P7	2018	2019	2020
Čas opravy(h)	840,78	751,82	384,63
Počet odstávek	404	330	252
MTTR	2,08	2,28	1,53

Z tabulky vyplývá, že se čas opravy zkracuje. Stejně jako v metrice MTBF se podíváme, kde dochází k největšímu růstu. Vypočítám proto MTTR k typům příčin.

Tab. 10 MTTR podle příčin

P5 MTTR	2018	2019	2020
Elektrická	2,22	1,74	2,82
Externí	9,07	8,84	5,72
Instrumentační	0,77	1,63	3,22
Mechanická	5,50	7,52	4,51
Technologická	1,56	1,31	1,33

P7 MTTR	2018	2019	2020
Elektrická	3,82	2,47	2,24
Externí	3,30	4,08	1,53
Instrumentační	1,02	1,46	2,73
Mechanická	2,69	2,44	1,55
Technologická	1,15	1,53	1,30

Jak je vidět v tabulce, MTTR klesá. Znepokojivý nárůst nacházíme pouze v instrumentační příčině, která má ale nízkou četnost a ke zkreslení dat může dojít jednoduše.

### 3.9 OEE

Celková efektivita zařízení OEE je nejběžněji používaným indikátorem výkonnosti výroby.

Tab. 11 OEE

P5	2018	2019	2020
Čistá míra produkce (t/den)	506,44	558,27	574,83
Ztracená produkce (t/den)	24,33	22,18	18,62
Kvalita (%)	95,42	96,19	96,86
Výkon (%)	98,81	97,09	95,27
Výrobní čas (h)	7885,13	8262	8506,7
Celkové externí ztráty (h)	137,92	176,9	85,65
<b>OEE</b>	<b>86,75</b>	<b>88,2</b>	<b>86,37</b>

P7	2018	2019	2020
Čistá míra produkce (t/den)	436,63	500,60	541,68
Ztracená produkce (t/den)	22,72	29,52	26,22
Kvalita (%)	95,05	94,43	95,38
Výkon (%)	95,29	96,6	98,68
Výrobní čas (h)	8203,7	8525,63	8572,23
Celkové externí ztráty (h)	248,04	174,5	76,35
<b>OEE</b>	<b>82,98</b>	<b>83,98</b>	<b>87,78</b>

Za World Class OEE je považována hodnota alespoň 85 %. Těchto hodnot pravidelně dosahuje stroj P5, stroj P7 dosáhl v námi sledovaném období pouze v roce 2020. Velký podíl na dobré hodnotě OEE má převážně výkon, který dosahuje výborných čísel. Ukazatel OEE nám snižuje kvalita, kterou má většina World Class podniků alespoň na úrovni 90 %.

## 4 Návrh opatření

V této kapitole se budu věnovat návrhu opatření tak, aby došlo k efektivnímu využití sledovaných ukazatelů. Aplikováním návrhu se zlepší pohled na vznik odstávek a dalšími analýzami snížit jejich počet.

### 4.1 Sběr dat

V systému MES se sbírají následující data:

- Začátek odstávky.
- Konec odstávky.
- Vyráběný produkt.
- Kód poruchy.
- Název poruchy.
- Poznámka, kde a jak došlo k poruše podle technika.
- Kategorie.

Z těchto dat se dále dopočítávají ukazatele, jako je délka odstávky, rok a měsíc, kód oblasti a další. Doporučuji přidat další sbíraná data:

- Jméno údržbářů, kteří na opravě pracovali.
- Náhradní díly.
- Náklady na interně nebo externě fakturovanou údržbu.
- Počet hodin potřebných k opravě.

Tato data nám pomohou lépe přiřadit přímé náklady na odstávky a mapovat trvání jednotlivých oprav. Aplikací těchto dat můžeme lépe vyhodnocovat převážně ekonomiku oprav.

## 4.2 Minimalizace používaných programů

Ve společnosti Mondi se používá velké množství programů a každý úsek využívá jiné. Například údržba využívá:

**Api Pro** – slouží ke zmapování struktury zařízení. Je to nejpoužívanější program údržby, ve kterém se zaznamenávají veškerá zařízení a jejich náhradní díly. K těmto zařízením se přidávají technická data a náhradní díly, které na zařízení jsou. Dále se přiřazují zakázky, jejich cena a historie prací, inspekční pochůzky a body, na nichž probíhá diagnostika, a kritičnost zařízení, která nám říká, jaký vliv má odstavení daného zařízení na případnou odstávku stroje.

**TIS** – slouží ke sledování aktuálního stavu provozu se záznamem o historii vytížení. V aplikaci jsou důležitá zařízení, například motory, čerpadla válce, a zobrazují se hodnoty daných zařízení, například rychlost, otáčky, průtok.

**Pareto** – slouží k zaznamenání údržbových prostojů. Zaznamenávají se v něm základní data o odstávkách, jejich trvání a typ zařízení, na kterých odstávka vznikla.

**SAP** – slouží ke shromažďování dat ohledně náhradních dílů a financí. V programu se uchovávají historická data o nákupních cenách, seznam náhradních dílů, zařízení, na kterých jsou využívána, a jejich počty a poloha na skladě. SAP se dále využívá v reportingu a controllingu.

**Excel** – slouží k zaznamenání poznámek údržby. Údržba v něm zaznamenává u důležitých zařízení jejich uvedení do provozu, případné opravy a plánovanou životnost.

**MES** – slouží k zaznamenání technologických prostojů. Podobně jako v programu Pareto se v něm zaznamenávají základní data o odstávkách, jejich trvání a typ zařízení, na nichž odstávka vznikla.

**MS Project** – slouží k plánování hlavních odstávek. Úkoly jsou zde rozpadlé do struktury a každý úkol trvá maximálně 12 h, aby se dalo jednoduše reportovat případné zpoždění. V programu se k daným úkolům přiřazují firmy, které provádí opravy, a počty hodin a pracovníků potřebných ke splnění daného úkolu.

**SKF @ptitude** – slouží k uchování dat pro diagnostiku. Převážně se uchovávají data o ložiskách, jejich stavu, vibracích a další.

Tyto programy jsou využívány především údržbou, každé další odvětví, například controlling a reporting, využívá mnoho jiných programů, ve kterých pracují. Vzhledem k práci ve velkém množství programů nedochází k využití celého potenciálu daných aplikací. Programy mezi sebou nekomunikují nebo komunikují nedostatečně a zbytečně se uchovávají stejná data na různých místech. Vzhledem ke špatné komunikaci těchto programů je nutné nekompletní data zaznamenaná v jednom programu dohledávat v programu jiném. To může mít za následek jak jejich špatnou interpretaci, tak zvýšenou pracovní zátěž zaměstnanců.

Mnoho dat se ukládá pouze v Excelu anebo v tištěné verzi jen na daném provozu. K těmto datům se lze proto obtížněji dostat. Například, pokud bych chtěl dohledat, v jakém stavu se nachází papírenské válce, které jsou jedním z nejdůležitějších zařízení na papírenském stroji, budu tyto informace hledat obtížně v excelových tabulkách pracovníků a správnost uváděných údajů budu těžko ověřovat.

Doporučoval bych v prvním kroku minimalizovat množství dat, která jsou uchovávána v Excelu nebo v papírové podobě, a tato data zaznamenat například do programu API Pro. V Excelu se špatně dohledávají změny a jednou z komplikací při jeho používání je mnoho verzí vznikajících softwarovými úpravami. Tyto verze pak zbytečně zvyšují náklady na IT i náklady vznikající neefektivním využitím času podpory údržby, jež tato data dohledává a dále s nimi pracuje. V neposlední řadě je zde i riziko, že se citlivá data uchovávaná v Excelu dostanou ke konkurenci.

Dále bych se zaměřil na seskupení programů tak, aby vznikl jeden komplexní, ve kterém bude možno data zaznamenávat, sledovat i vyhodnocovat. Tím se minimalizuje riziko špatné interpretace dat vzhledem k jejich neúplnosti. Tento komplexní program také sníží časovou náročnost obsluhy, která data nyní zaznamenává v několika různých programech.

### 4.3 Přiřazení ID zařízení (změna struktury sběru dat)

V Mondí všechna zařízení strukturálně uspořádávají do celků pomocí programu Api Pro. Mají svá identifikační čísla a k jejich přehlednému uspořádání nám slouží tři typy rozdělení:

- Objekt údržby – slouží nám k určení daného zařízení a informací o něm, jako je například druh zařízení, odpovědné osoby, nákladové středisko a kritičnost daného zařízení. Důležitá jsou také jeho technická data, kde určujeme výrobce, stáří, výrobní číslo, typy ložisek a další.
- Náhradní díly – každý objekt údržby má pod sebou přiřazeny náhradní díly, ze kterých se dané zařízení skládá. Tyto náhradní díly v sobě nesou informace, jako je jejich cena, hmotnost, počet kusů na skladě, na kterých dalších zařízeních lze použít a další.
- Pozice – určují nám přesnou pozici daného objektu údržby. Celý závod dělíme do 5 skupin těchto pozic tak, aby nalezení zařízení bylo co nejjednodušší.

Objekt údržby nám může sloužit jako důležitý ukazatel dané odstávky. Pokud zavedeme do sběru dat také jeho ID, můžeme dále sledovat, zda není vyšší četnost poruch u daného typu nebo výrobce, a navrhnout opatření tak, aby se prostoje snížily. Zjistíme-li, že společnost XY je sice levnější než konkurence, ale podíl jejich zařízení na odstávkách je vysoký, můžeme dále analyzovat, zda není příčinou jejich nižší kvalita, špatná údržba nebo diagnostika. Navrhuji tedy tato ID zaznamenávat k jednodušší a přesnější analýze daných problémů.

### 4.4 Detailnější rozdělení vzniku odstávek

Jak jsme si řekli výše, v programu chybí rozdělení, které nám říká přesnější informace o tom, kde k odstávce došlo. Bez hlubšího rozdělení nemůžeme podrobněji analyzovat vznik odstávek a zamezit jejich zvyšování. Prostřednictvím mind mapy jsem vymyslel rozdělení, pomocí kterého se dají data lépe zpracovávat. Aplikací tohoto rozdělení získá společnost hlubší pohled na příčiny odstávek.



Tab. 12 Návrh rozdělení příčin odstávek

kód	název a kód	porucha
E-C	Elektrické rozvaděče a panely	10 Napájení rozvaděče 20 Chyba signalizace 90 Ostatní
E-M	Motory	10 Brzda motoru 20 Nedostatečný výkon motoru 30 Spálený motor 40 Zadřené ložiska 50 Ulomení svorkovnice 90 Ostatní
E-O	Ostatní elektrická zařízení	10 Výpadek jističe 20 Napájecí jednotka 30 Zalomený kabel 40 Chyba fotonky 90 Ostatní
F-W	Výměníky	10 Ucpaný 20 Zarostlý 90 Ostatní
I-Q	Ventily	10 Ucpaný 20 Zarostlý 30 Špatný pohon 40 Zaseklý 90 Ostatní
I-S	Snímače fyzikálních veličin	10 Přelomený kabel 20 Špatná kalibrace 90 Ostatní
I-Z	Řídicí systém	10 Špatná karta 20 Špatná kabeláž 30 Falešná hláška 90 Ostatní
M-A	Míchadlo	10 Prasklá hřídel 20 Ucpané 30 Těsnění 40 Zadřené ložiska 90 Ostatní
M-B	Centrální mazání	10 Prasklá hadička 20 Málo oleje 30 Málo tuku 40 Olejové čerpadlo 50 Olejová nádrž 90 Ostatní
M-D	Lis - prací, zahušřovací, odvodňovací	10 Uši lisu 20 Špína v lisu 90 Ostatní

kód	název a kód	porucha
M-G	Dopravník	10 Mechanicky poškozený 20 Zadřené ložiska 30 Poničné válečky/pás 40 Zničený šnek 90 Ostatní
M-J	Ventilátor, Dmychadlo, Vývěva	10 Zadřený 20 Zadřené ložiska 90 Ostatní
M-K	Mechanický pohon	10 Vadná převodovka 20 Prasklý kardan 30 Spálená spojka 40 Přetržený řemen/řetěz 50 Zadřené ložiska 90 Ostatní
M-L	Mechanické zařízení	10 Vadná kladka 20 Zaseklý stěrač 30 Zničená konstrukce 40 Zadřené ložiska 90 Ostatní
M-P	Čerpadlo	10 Špatný průtok 20 Ucpávka 30 Špatný tlak 40 Zadřené ložiska 90 Ostatní
M-R	Rafiner, Mixer	10 Špatný průtok 20 Špatný tlak 30 Zadřené ložiska 90 Ostatní
M-S	Třidič, Odlučovač, Filtr	10 Ucpané 20 Špatný tlak 90 Ostatní
M-T	Nádrž, Nádoba, Pračka, Rozvlákňovač	10 Prasklé 20 Netěsnost 90 Ostatní
M-V	Válec, Buben, Tambor	10 Výpadek válce 20 Zadřené ložiska 30 Samovolný posun 90 Ostatní

kód	název a kód	porucha
M-W	Tepelný výměník, Chladič	10 Prasklina 20 Špatná teplota 30 Nětěsnost 90 Ostatní
M-X	Potrubí	10 Prasklina 20 Netěsnost 30 Zanesení 90 Ostatní

Při rozdělení jsem se držel interních označení tak, aby implementace rozdělení byla pro obsluhu co nejjednodušší. Kódy jsou čerpány nebo odvozeny z používaných kódů v programu Api Pro. V tomto rozdělení je možné určit jak zařízení, na kterém se daná porucha stala, tak i vznik této poruchy. S těmito daty pak lze lépe pracovat, filtrovat a analyzovat nejčastější příčiny. V tomto rozdělení jsem se nezabýval externími a technologickými odstávkami, jelikož do nich údržba proniká jen velmi málo. Pokud se nám bude často objevovat v odstávkách kód „ostatní“, který je značen „90“, je možné přiřadit další název příčiny. Kódy mají desetičíselné rozestupy tak, aby bylo možné je v případě potřeby dále rozvinout.

Po aplikaci tohoto rozdělení bude nejen možné lépe sledovat základní ukazatele jako MTBF, ale také můžeme použít ukazatele další, jako je například Paretova analýza. Pomocí této analýzy dokážeme efektivně vyhledat ta zařízení, jež mají největší vliv na vznik odstávek, a můžeme minimalizovat jejich poruchovost.

## 4.5 Vykazování nákladů k prostojům

Společnost Mondi Štětí, a. s., nevykazuje náklady k prostojům. Toto není nijak neobvyklý jev, avšak doporučoval bych náklady sledovat. Náklady z ušlé příležitosti je možné sledovat přímo k délce trvání odstávky a jejich výpočet provedu v kapitole níže. Sledováním těchto nákladů můžeme vytipovat období, ve kterém jsou tyto náklady vyšší, například kvůli sezónnosti, a změnit plán údržby tak, aby případné odstávky byly co nejkratší, například zvýšením počtu zaměstnanců údržby.

Dále doporučuji sledování přímých nákladů na odstávku. Ke sledování těchto nákladů nám bude velmi dobře sloužit číslo objektu údržby, které jsem doporučil přidat v kapitole 4.2. Přiřazením tohoto čísla dokážu jednoduše najít, jestli k danému zařízení byla

vytvořena zakázka a její cenu, pokud opravu nebo výměnu prováděla jiná firma. Dokážu si také najít cenu daného zařízení a určit poměr mezi jeho pořizovací cenou a cenou jeho opravy. Tento ukazatel nám například může pomoci určit, která zařízení jsou méně kvalitní a vyplatí se v jejich případě investovat do kvalitnějších.

## **4.6 Výpočet nákladů na prostoj**

Hlavní příjmy tvoří výroba a prodej papíru. Dalším příjmem společnosti je zelná energie, kterou sama vyrábí, spotřebovává a dostává dotace. V případě odstávky strojů tak dochází k snížení výrobní kapacity zelené energie a následně i k ušlému zisku. Náklady na výrobu a prodej jedné tuny papíru a EBIT jsem zanesl do následující tabulky v Kč.

<b>Prodejní cena</b>	<b>18000</b>
<b>Čistá prodejní cena dopravy</b>	<b>1480</b>
Doprava	730
Provize prodejcům	500
Sklad	250
<b>Variabilní náklady</b>	<b>6290</b>
Dřevo	1900
Buničina	1200
Recyklovaný papír	800
Chemikálie	730
Jiné variabilní náklady	690
Obaly	320
Zpracování	200
Nakoupená energie	450
<b>Fixní náklady</b>	<b>1550</b>
Údržbové náklady	750
Personál	350
OPEX	300
Prodejní servis	150
Celkové náklady	9320
<b>EBIT - kromě GE / CO2</b>	<b>8680</b>
Zelená energie	135
<b>EBIT</b>	<b>8815</b>

Tab. 13 Rozdělení nákladů

Mezi jiné variabilní náklady se počítá například voda, interní logistika, ostatní režijní náklady a další

OPEX jsou náklady na právníky, daňové a IT poradenství, nákup služeb a další.

Prodejní servis – transport k zákazníkovi, činnosti prodejních kanceláří a další.

Příspěvek na úhradu se vypočítá jako Prodejní cena - Čistá prodejní cena dopravy - Variabilní náklady + Zelená energie.

Příspěvek na úhradu je tedy  $18000 - 1480 - 6290 + 135$ . Příspěvek na úhradu tedy činí 10365 Kč,- / tunu.

Recyklovaný, příspěvky na úhradu. EBIT - příspěvek na úhradu. dodělat do struktury variabilní kalkulace. Popis dat v tabulce. Podívat se blíže.

## 5 Závěr

V diplomové práci jsem se zabýval opatřeními k zefektivnění systému údržby papírenských strojů. V teoretické části jsem se věnoval rozdělení typů údržby, jejím systémům, ekonomice údržby a ukazatelům hodnocení efektivity. V praktické části jsem vymezil stroje pro zkoumání efektivity a navrhl opatření tak, aby došlo ke zvýšení efektivity údržby. Zjistil jsem, že pro řízení údržby se ve společnosti Mondi Štětí, a. s., používá mnoho programů. Prvním návrhem tedy byla minimalizace počtu těchto programů a doporučení zavést jeden komplexní, kde se budou veškerá data zaznamenávat. Komplexní systémy slouží jako základ pro průmysl 4.0.

Další úzké místo jsem našel v nedostatečném sběru dat. Navrhl jsem tedy další hodnoty, které můžeme sledovat a jež nám pomohou lépe sledovat vývoj odstávek a analyzovat možná úzká místa v řešení daných problémů. Doporučil jsem k odstávkám přiřazovat také ID zařízení, která již má společnost vytvořena, ale ke sledování odstávek se nevyužívají. Pomocí tohoto ID můžeme sledovat nejen zařízení, které odstávku způsobilo, ale také jeho technická data, jako je výrobce, typ, stáří. Následnou analýzou pak můžeme určit, které typy zařízení jsou více poruchové nebo kvalitu daného výrobce.

Hlavním přínosem mojí práce je tabulka detailnějšího rozdělení příčiny odstávek. Pomocí tohoto rozdělení můžeme lépe sledovat ukazatele, jako je MTBF, MTTR, a zaměřit se na nejčastější příčiny odstávek. Při vytváření tabulky jsem vycházel z rozdělení, které se ve společnosti Mondi používá při určování zařízení tak, aby implementace dat byla pro obsluhu co možná nejjednodušší. Číselnou řadu rozdělení jsem volil tak, aby bylo možné do budoucna vytvořit detailnější rozdělení příčin vzniku odstávek.

Tato doporučení nám pomohou nejen lépe identifikovat příčiny vzniku odstávek, ale také přiřadit přímé náklady na dané odstávky. V poslední části jsem doporučil, jak přiřazovat náklady na prostoje, ať už přímé, nebo nepřímé.

Po aplikaci těchto doporučení je možné sledovat další ukazatele a provádět hlubší analýzy, které momentálně nejsou vzhledem k nedostatku sbíraných dat možné. Můžeme provádět Paretovu analýzu, MEE, MOPE a hlubší analýzu MTTR, MTBF vztaženou na jednotlivé typy zařízení nebo jejich výrobce.

## 6 Zdroje

ALEŠ, Z., V. LEGÁT a V. JURČA. *Měření výkonnosti údržby prostřednictvím ukazatelů efektivnosti* [online]. Praha: ČZU v Praze, 2021 [cit. 2021-06-28]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10583992-Mereni-vykonnosti-udrzby-prostrednictvim-ukazatelu-efektivnosti.html>

ATLASSIAN. MTBF, MTTR, MTTA a MTTF. *Atlassian.com* [online]. © 2021 [cit. 2021-07-07]. Dostupné z: <https://www.atlassian.com/incident-management/kpis/common-metrics>

DLABAČ, J. Štíhlá výroba – používané metody a nástroje. In: *E-api.cz* [online]. 29. 10. 2015 [cit. 2021-06-29]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>

DOMINIK, V. a Z. VOTAVA. Výkonnost údržby je zdrojem konkurenční výhody. In: *Management-consulting.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <http://www.management-consulting.cz/userFiles/vykonudr.pdf>

EAST-GATE. Overall Equipment Effectiveness (Celková efektivita zařízení). *East-gate.eu* [online]. © 2020 [cit. 2021-06-28]. Dostupné z: <https://www.east-gate.eu/cs/oee/about-oee>

ESCARE. *Totálně produktivní údržba*. *Escare.cz* [online]. © 2021 [cit. 2021-06-14]. Dostupné z: <https://www.escare.cz/balicky-sluzeb/totalne-produktivni-udrzba-tpm/>

IBM. What is a CMMS. *Ibm.com* [online]. © 2021 [cit. 2021-06-17]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-cmms>

KARTALI, C. *Principy údržby metodou TPM*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Hana Opočenská.

KOŘÍNEK, J. EAM (Enterprise Asset Management). *IT System* [online]. 2001, 2001(11), 1 [cit. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/eam-enterprise-asset-management.htm?mobilelayout=false>

KUDELOVÁ, I. *Údržba lomové těžební techniky jako prostředek k ovládnání a snižování rizika provozu*. Ostrava, 2016. Disertační práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta. Vedoucí práce Pavel Prokop.

MANAGEMENT MANIA. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). In: *Managementmania.com* [online]. 6. 1. 2021 [cit. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/failure-mode-and-effect-analysis>

Mondi. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2021-07-06]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Mondi>

MONDI. Neue Spezialkraftpapiermaschine für Tragetaschen. In: *Fibers-in-process.de* [online]. 21. 1. 2021 [cit. 2021-07-19]. Dostupné z: <https://www.fibers-in-process.de/news/papierherstellung/technisches-papier-und-spezialpapier/Mondi-Neue-Spezialkraftpapiermaschine-fuer-Tragetaschen-23058>

MOUBRAY, J. *Reliability-Centered Maintenance*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999. ISBN 9780750633581.

ORACLE. Definice plánování podnikových zdrojů (ERP). *Oracle.com* [online]. © 2021 [cit. 2021-06-28]. Dostupné z: <https://www.oracle.com/cz/erp/what-is-erp/#link4>

PAPCEL. Navazující dodávka pro skupinu MONDI GROUP, Česká republika. *Papcel.cz* [online]. © 2021 [cit. 2021-07-8]. Dostupné z: <https://www.papcel.cz/novinky-uzel/navazujici-dodavka-pro-skupinu-mondi-group-ceska-republika/>

Papírny Štětí. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2021-07-06]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Pap%C3%ADrny\\_%C5%A0t%C4%9Bt%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pap%C3%ADrny_%C5%A0t%C4%9Bt%C3%AD)

PATOČKA, M. OEE a odvozené ukazatele TEEP, PEE, OAE, OPE, OFE, OTE a CTE. In: *Mescenter.org* [online]. 13. 5. 2020 [cit. 2021-07-01]. Dostupné z: <http://www.mescenter.org/cz/clanky/43-oee-a-odvozene-ukazatele-teep-pee-oae-ope-ofe-ote-a-cte>

POŠTA, J. Print Diagnostické metody – základ preventivní údržby podle technického stavu. Řízení a údržba průmyslového podniku. In: *Udrzbapodniku.cz* [online]. 14. 9. 2012 [cit. 2021-07-06]. Dostupné z: <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artikuly/artikul/article/diagnosticke-metody-zaklad-preventivni-udrzby-podle-technickeho-stavu/>

RED. Informační systémy v koncepci údržby a oprav výrobních zařízení. *IT System* [online]. 2000, 1(6), 62 [cit. 2021-03-29]. ISSN 1802-615X. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/informacni-systemy-v-koncepci-udrzby-a-oprav-vyrobnich-zarizeni.htm>



RUČKA, P. *Využití Paretovy analýzy pro zpracování výrobních dat*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce Jan Pásek.

SABRE. Od preventivní k prediktivní údržbě. *Technický týdeník* [online]. 2006, (1), 1 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/od-preventivni-k-prediktivni-udrzbe\\_10929.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/od-preventivni-k-prediktivni-udrzbe_10929.html)

SABRE. Od preventivní k prediktivní údržbě. *Technický týdeník* [online]. 2006, (1), 1 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/od-preventivni-k-prediktivni-udrzbe\\_10929.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/od-preventivni-k-prediktivni-udrzbe_10929.html)

SEMICONDUCTOR TESTING. MTBF Calculation: MTBF Calculation & Product Reliability. In: *Electrontest.com* [online]. 26. 7. 2018 [cit. 2021-07-19]. Dostupné z: <https://www.electrontest.com/mtbf-calculation/>

SUTTON TECHNICAL BOOKS. Event Tree Analysis. *Iansutton.com* [online]. © 2021 [cit. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://iansutton.com/risk/event-tree-analysis>

VOŠTOVÁ, V., F. HELEBRANT a K. JEŘÁBEK. *Provoz a údržba strojů II. část*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02531-4.

ŽILKA, M. *Strategie systému údržby ve strojírenském podniku*. Praha, 2013. Disertační práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní. Vedoucí práce Michal Kavan.

## 7 Seznam obrázků

Obr. 1 Střední doba poruchy stroje v závislosti na čase .....	14
Obr. 2 Strom poruch .....	25
Obr. 3 Rozdělení nákladů .....	28
Obr. 4 Areál Mondi Štětí, a. s. ....	34
Obr. 5 Papírenský stroj P7 .....	36
Obr. 6 Počet odstávek P5 .....	38
Obr. 7 Počet odstávek P7 .....	38
Obr. 8 Délka odstávek P5 .....	38
Obr. 9 Délka odstávek P7 .....	39
Obr. 10 Poměr délky odstávek P5 .....	40
Obr. 11 Poměr délky odstávek P7 .....	40

## 8 Seznam tabulek

Tab. 1 OEE Benchmarking .....	30
Tab. 2 Tabulka 2 Vybrané ukazatele Mondí Štětí, a. s. ....	34
Tab. 3: Hierarchie údržby .....	35
Tab. 4 Příčiny odstávek .....	36
Tab. 5 Počet a čas odstávek .....	37
Tab. 6 Poměr korektivní a preventivní údržby .....	41
Tab. 7 MTBF strojů .....	41
Tab. 8 MTBF podle příčin .....	42
Tab. 9 Tabulka 9 MTTR strojů .....	43
Tab. 10 MTTR podle příčin .....	43
Tab. 11 OEE .....	44
Tab. 12 Návrh rozdělení příčin odstávek .....	49
Tab. 13 Rozdělení nákladů .....	53