

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Měření technické využitelnosti strojů v nepřetržitém provozu

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Martin Pexa Ph.D.

Práci vypracoval: Bc. Michal Elstner

Praha 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra jakosti a spol. strojů

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Elstner Michal

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Měření technické využitelnosti strojů v nepřetržitém provozu

Anglický název

The measuring of technical usability of the machines in a continuous production

Cíle práce

Cílem diplomové práce je navrhnout a prakticky ověřit měření výkonnostních parametrů pro hodnocení efektivity strojů ve zvoleném podniku.

Metodika

V první části diplomové práce bude shrnuta současná situace ve zvoleném podniku. Na základě tohoto shrnutí bude zvolena výrobní technologie na níž bude návrh měření výkonnosti navrhován a ověřován. V technicko-ekonomickém zhodnocení budou uvedeny předpoklady pro rozšíření na všechny výrobní technologie ve zvoleném podniku.

Osnova práce

1. Úvod
2. Rozbor současného stavu
3. Návrh systému měření
4. Ověření návrhu v Praxi
5. Technicko-ekonomické zhodnocení návrhu
6. Závěr

Rozsah textové části

50-60

Klíčová slova

výkonnost, efektivita, nepřetržitý provoz, stroj

Doporučené zdroje informací

JURČA, V. – HLADÍK, T. – ALEŠ, Z. Možnosti zpracování a využití dat z řízení údržby. Praha: ČSJ Praha, 2004. 74s. ISBN 80-02-01595-9

LEGÁT, V. – POŠTA, J. – JURČA, V. – HRNČÍŘ, P. Systémy managementu jakosti a spolehlivosti v údržbě. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007. 192s. ISBN 978-80-02-01949-7.

Štůstek, J. Řízení provozu v logistických řetězcích. 1. vydání. Praha: C. H. Beck, 2007. 277 s. ISBN 987-80-7179-534-6.

Productivity Development Team, OEE for operators: overall equipment effectiveness. 1. vydání. New York: Productivity press 2004. ISBN 1-56327-221-0

Předpisy a periodika

Vedoucí práce

Pexa Martin, doc. Ing., Ph.D.

Konzultant práce

Jan Hrnčíř

Termín zadání

listopad 2012

Termín odevzdání

duben 2014



prof. Ing. Josef Pošta, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Měření technické využitelnosti strojů v nepřetržitém provozu** vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Martina Pexy Ph.D. a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém soupisu literatury.

V Praze dne

Poděkování

Děkuji panu doc. Ing. Martinu Pexovi Ph.D., vedoucímu diplomové práce, za metodické vedení a cenné rady, které mi během řešení této diplomové práce vždy ochotně poskytoval. Dále bych rád poděkoval kolektivu pracovníků ze společnosti Johnson Controls Roudnice nad Labem za vstřícný přístup a poskytnutí potřebných informací pro vypracování práce.

Abstrakt:

Tato diplomová práce se věnuje tématu měření technické využitelnosti CNC strojů pracujících v nepřetržitém provozu. V První části práce je literární rozbor literatury věnující se danému tématu. Následuje praktická část práce, ve které jsou popsány použité postupy a vzorce k analýze získaných dat. Dále jsou popsány ukazatele efektivity údržby. Vlastní práce je zpracována na základě dat společnosti Johnson Controls Roudnice nad Labem, který se zabývá šitím autopotahů pro významné světové automobilky. Ze získaných dat jsou stanoveny ukazatele efektivnosti, ze kterých vyplývá doporučení pro pracovníky údržby. V technicko-ekonomickém zhodnocení jsou uvedeny předpoklady pro zvýšení efektivity směn údržbářů.

Klíčová slova: výkonnost, efektivita, nepřetržitý provoz, stroj.

The measuring of technical usability of the machines in a continuous production

Summary: The diploma thesis is focused on topic of usability measurement technical CNS machines operating in continuous operation. In the first part there is made analysis of literature regarding the theme. In the following part there are described used procedures and formulas to analyze the collected data. Furthermore there are described indicators of maintenance efficiency. Proper work is based on data of Johnson Controls Roudnice nad Labem, which is engaged in sewing car seat covers for major global automakers. From obtained data there are determined efficiency indicators which show recommendations for maintenance. In the technical-economic evaluation there are presented assumption for increasing the efficiency of maintenance shifts.

Key words: productivity, efficiency, continuous performance, machine.

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Rozbor současného stavu.....	2
2.1 Postavení údržby v podniku	2
2.2 Vstupní údaje pro plánování a řízení údržby	4
2.3 Členění času pracovníka.....	6
2.4 Koncepce managementu jakosti.....	7
2.4.1 Koncepce managementu jakosti na bázi odvětvových standardů	8
2.4.2 Koncepce managementu jakosti na bázi norem ISO.....	9
2.4.3 Koncepce managementu jakosti na bázi TQM	11
2.5 Totální produktivní údržba.....	14
2.5.1 Základní pilíře TPM	14
2.5.2 Autonomní údržba.....	16
2.5.3 Sedm kroků samostatné (autonomní) údržby.....	18
2.5.4 Plánovaná údržba	19
2.5.5 Postup zavedení, zahájení programu	22
2.6 Stanovení OEE	24
2.7 MTBF, MTTR.....	27
3 Cíl práce a metodika	30

4	Návrh systému měření	31
4.1	Představení podniku	31
4.2	Lectra Vector MX9	31
4.3	Celková efektivnost zařízení	33
4.4	MTBF, MTTR	34
4.5	Paretův diagram.....	34
5	Ověření návrhu v praxi	35
5.1	Dostupnost.....	35
5.2	MTBF, MTTR.....	37
5.3	Paretův diagram.....	39
5.4	Dílčí ukazatele efektivnosti údržby.....	46
6	Technicko-ekonomické zhodnocení	48
7	Závěr	54
8	Seznam literatury	56

1 Úvod

Proces udržování strojů a výrobních procesů, tak aby byla zajištěna jejich účinnost, dostupnost a spolehlivost, má v dnešní době pro výrobní podniky stále větší význam. Podstatnou roli v tomto ohledu hraje konkurenční prostředí, požadavky zákazníků a neustálé změny. Jedná se o přímý dopad na kvalitu, cenu a dodání výrobků nebo služeb. Produkty mají v očích zákazníka tři vlastnosti, což je kvalita, cena (náklady) a dodací lhůta. S rostoucí závislostí technologií pro větší podniky je nutné vytvořit vhodné strategie údržby strojního vybavení. To je nutné zejména pro zajištění schopnosti poskytovat vysoce kvalitní a spolehlivé služby pro své zákazníky.

Údržba představuje podpůrný proces výroby, který významně ovlivňuje její kapacitní možnosti. Přispívá tím ke zvýšení produktivity a ekonomické výkonnosti celé organizace. Totální produktivní údržba (TPM) je osvědčený a úspěšný systém pro řízení údržby v rámci organizační struktury výrobního podniku. Zahrnuje spojení provozních pracovníků s pracovníky údržby tak, aby spolupracovali jako tým pro snížení množství ztrát, pro minimalizování prostojů a pro zlepšení konečné produkce. Údržba tak představuje proces, který je kombinací ekonomických, technologických a administrativních činností.

V řešeném podniku bylo za rok 2014 provedeno celkem 559 údržeb po poruše. Z evidovaných dat lze vhodnými postupy získat řadu ukazatelů, které mohou významně pomoci při hodnocení systému údržby.

V první části této diplomové práce je rozepsáno postavení údržby v podniku a základní strategie údržby. Dále jsou uvedeny základní koncepce managementu jakosti a přiblížena je zde také strategie systému TPM. Druhá část práce je zaměřena na praktické využití zaznamenaných dat z monitorovacího systému strojů o údržbách. V technicko ekonomickém zhodnocení jsou porovnány vlivy jednotlivých směn na chod strojů a na celkové prostoje vlivem údržby po poruše.

2 Rozbor současného stavu

V této kapitole jsou shrnuty základní pohledy na postavení údržby v podniku, které se v současné době uplatňují v širokém spektru podniků. Dále jsou zde uvedeny základní pohledy na ztráty v provozech strojů v nepřetržitém provozu. Podrobněji je zde rozepsán koncept TPM, stanovení hodnot OEE (Overall Equipment Effectiveness) a ukazatele spolehlivosti MTBF (Mean Time between Failures), MTTR (Mean Time to Repair), které patří mezi základní ukazatele spolehlivosti z provozu výroby.

2.1 Postavení údržby v podniku

Poslání a postavení údržby v moderně řízeném podniku je zvýrazněno faktem, že údržba je jedním z významných procesů ovlivňující produktivitu výroby.

Podle definice uvedené v ČSN EN 13306 je údržba definována jako kombinace všech technických, administrativních a manažerských opatření během životního cyklu objektu, zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci. [6]

Cíle údržby mohou zahrnovat více aspektů, například zajistit požadovanou kvalitu produktu, snižování nákladů, ochranu životního prostředí, bezpečnost či zachování hodnoty majetku. Cíle údržby by měli být v souladu s celkovými cíli podniku. [4]

V praxi je často měřítko výkonnosti údržby dáno ve finančním prostředí. Posuzuje se nákladová položka údržby za časovou jednotku, například za rok. Zavedení systému údržby může představovat pro podnik zvýšené výdaje, naproti tomu dobře postavená politika údržby v podniku může zvýšit produktivitu výroby a tím i snížit jednotkovou cenu výrobku.

Základem strategického rozhodnutí je rozhodnout o tom, zda je vhodné vykonávat údržbu až po projevené poruše, nebo nedopustit, aby porucha vznikla. Tím se rozumí poruše předcházet pomocí preventivních zásahů. [4]

Základní strategie údržby je možné rozdělit do několika skupin:

- údržba po poruše,
- preventivní údržba s předem stanovenými intervaly,
- preventivní údržba podle stavu,
- prediktivní údržba podle předpokládaného stavu.

Údržba po poruše

Údržba po poruše je nejstarší typ údržby, který je stále používán pro objekty které mají minimální nebo žádný vliv na pohotovost zařízení, kvalitu výroby, bezpečnost a životní prostředí. Údržba po poruše je také nazývána jako reaktivní údržba. Hlavní výhodou je využití celého užitečného života objektu. Pro složitější výrobní zařízení představuje závažné nevýhody a to v podobě neplánovaných odstávek, které vyvolávají nadbytečné náklady. [4]

Preventivní údržba s předem stanovenými intervaly

Tato údržba obvykle zahrnuje kontroly, prohlídky, nebo předepsané činnosti ve stanoveném termínu. Důležité je najít optimální hodnotu mezi náklady na údržbu a mezi náklady které by mohli vzniknout ztrátou vlastností zařízení. Tento typ údržby zpravidla vede ke snížení nákladů oproti vzniklým nákladům na údržbu po poruše. [4]

Preventivní údržba podle stavu

Preventivní údržba podle stavu je založena na monitorování předem stanovených parametrů. Nejznámější jsou tradiční metody sledování hladiny hluku, přehřátí, vibrace netěsnosti a další. Jedná se o ukazatele využívající vjemy pomocí zraku, sluchu hmatu a čichu. Použití snímačů umožňuje mnohem lépe sledovat fyzikální vlastnosti zařízení. Na základě získaných parametrů je možné zjistit objektivní stav zařízení a okamžitě jednat. Potřebné diagnostické zařízení je potřeba využívat tam, kde se parametr může změnit neočekávaně. [4]

Prediktivní údržba podle předpokládaného stavu

Prediktivní údržba využívá schopnost správně vyhodnotit získané údaje a na základě toho předvídat budoucí vývoj stavu zařízení. Dále je také možné určit kroky potřebné k tomu, aby se nepříznivému stavu předcházelo. Důležitým pomocníkem pro získání potřebných informací je dostupnost přístrojů pro sledování stavu zařízení. **Základním rozdílem mezi prediktivní údržbou a preventivní údržbou je právě v předvídání budoucího stavu.** Tím je i zajištěna možnost včasného plánování údržbářského zásahu včetně zajištění všech prostředků k tomu nutných.

Této metodě pomáhají postupy technické diagnostiky. Technická diagnostika používá množství nástrojů a analýz pro zjišťování stavu sledovaných objektů. Vývoj technické diagnostiky směřuje od prostého hledání příčin poruch k pravidelným preventivním diagnostickým kontrolám. Technická diagnostika je nepostradatelnou součástí systému prediktivní údržby strojních zařízení. [4]

Globálně je údržba chápána jako jedna ze základních aktivit ovlivňující cenu výrobku, stává se rozhodující činností, která zabezpečuje kvalitu a spolehlivost výrobků. Přechází se ke komplexním systémům údržby jako je TPM.

2.2 Vstupní údaje pro plánování a řízení údržby

K plánování údržby, musí být k dispozici řada vstupních nebo vypočítávaných údajů. K těmto údajům patří například:

- pracnost údržbářských zásahů,
- časový fond,
- požadovaný objem údržbářské činnosti,
- kapacita údržbářského útvaru nebo podniku,
- doba údržby.

Pracnost údržbářských zásahů lze definovat jako sumu spotřeby živé práce, která je vyjádřena formou spotřeby pracovního času člověka na vykonání určité činnosti. Forma pracnosti se dělí na dva druhy:

- normovaná pracnost,
- skutečná pracnost.

Normovaná pracnost ($T_{norm.}$) je dána souhrnnou normou výkonu. Norma výkonu je stanovena normováním práce a je nutná pro vykonání údržby. Základní normou pracnosti je normohodina. Stanoví-li se normohodina uvnitř konkrétního podniku, přihlíží se k průměrným podmínkám a potřebám tohoto podniku. Takto korigovaná normovaná pracnost je základním plánovacím a řídicím podkladem. V praxi je tento údaj často opomíjen z důvodu různorodosti údržbářských zásahů. [4]

Skutečná pracnost (T_{sk}) údržby se v závislosti na konkrétních podmínkách liší. Důvody této odchylky od normované pracnosti mohou být rozdílné úrovně vybavení, zručnosti pracovníka či dokonalost postupů. Lze ji definovat jako množství živé práce nebo sumu dob činnosti údržbářských prostředků v normohodinách vynaloženou v určitých konkrétních podmínkách na vykonání údržbářské činnosti.

Vztah mezi normovanou a skutečnou pracností lze vyjádřit vztahem číslo 1, kde koeficient k_{pn} představuje součinitel plnění výkonové normy v daných podmínkách.

$$T_{sk} = \frac{T_{norm.}}{k_{pn}} \quad (1)$$

Časový fond je dán počtem hodin, které mohou být za určité období odpracovány při pracovním režimu. Maximální teoretické časové využití je dáno ročním kalendářním časovým fondem. Tento časový fond nemůže být zpravidla plně využit z důvodů potřeby určité doby k provedení oprav, seřizování, čištění apod. [4]

Požadovaný objem údržbářské činnosti je možno chápat jako požadavek na objem služeb v určitém časovém období. Vyjadřuje se v jednotkách množství. V jednotkách množství může být vyjádřen jako počet diagnostických prohlídek za měsíc či počet generálních oprav za rok apod.

Kapacita údržbářského podniku a útvaru je maximální možnost jeho činnosti za jednotku času. Kapacita je závislá na počtu údržbářů, zařízení a velikosti pracovních ploch. Dále je závislá na časovém fondu. Plánované zásahy umožňují vyšší využití kapacity, zatímco neplánované zásahy vyžadují větší rezervy a tím způsobují i menší využití kapacity. Doba údržby je dána časovým úsekem od začátku první operace technologického postupu až do konce operace poslední. [4]

2.3 Členění času pracovníka

Při členění času pracovníka se vychází ze základních faktorů pracovního procesu. Členění času lze vymežit z pohledu pracovníka, výrobního prostředku a pracovního předmětu. Východiskem členění je čas pracovníka, který je rozhodujícím činitelem pracovního procesu. Pro všechna tři hlediska členění času je potřeba rozlišit a oddělit časy nutné od časů zbytečných a časy skutečné od časů projektovaných a normativních. Celkový spotřebovaný čas pracovníka je možné rozdělit na dvě základní skupiny:

- Čas nutný – představuje spotřebu času pracovníka na děje, které jsou nevyhnutelně nutné ke splnění pracovního úkolu za určených technických a organizačních podmínek.
- Čas ztrátový – představuje spotřebu času pracovníků na děje, které jsou pro splnění pracovního úkolu zbytečné.

Rozlišování času nutného a ztrátového má při určování výkonu klíčový význam. Upozorňuje na brzdící momenty celkového výkonu, ale zároveň ukazuje na rezervy zvyšování produktivity práce. Čas nutný se dále dělí na čas určený na práci a na čas přestávky. [12]

2.4 Koncepce managementu jakosti

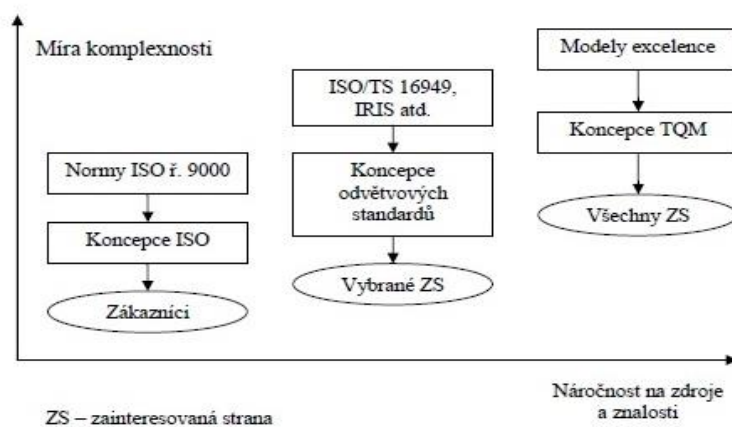
Pro koncepcie managementu jakosti je nejdříve nutné si vymezit definici jakosti. Jakost, kvalita je schopnost souboru inherentních znaků entity plnit požadavky zákazníků a jiných zainteresovaných stran. Jedná se tedy o stupeň splnění požadavků zákazníka. [6]

Pro podniky v praxi je nutné ovšem dosahovat takové kvality, kterou je zákazník ochoten zaplatit. Dosahování přehnaně vysoké kvality výroby, nebo výrobků se může v extrémním případě projevit právě v nákladové položce. Ta následně může mít vliv na tvorbu cenové hladiny výrobku, která je jedním z hlavních hledisek rozhodovacího kupního procesu. V současnosti se vyskytují tři základní koncepce rozvoje systémů managementu jakosti:

- koncepce odvětvových standardů,
- koncepce ISO,
- koncepce TQM.

Koncepce lze chápat jako strategické přístupy, které v rozdílném prostředí a s různou intenzitou rozvíjejí principy managementu jakosti. Tyto koncepce se liší svou různou náročností na zdroje a na znalosti lidí. Podstatné také je na jaké zainteresované strany se orientují, jak je patrné z obrázku 1. [10]

Obr. 1 – Koncepce managementu jakosti



Zdroj: Nenadál, Jaroslav. *Moderní management jakosti*

2.4.1 Koncepce managementu jakosti na bázi odvětvových standardů

Tato koncepce je historicky nejstarší. Podniky si již v sedmdesátých letech minulého století uvědomovaly potřebu vytváření systémových přístupů k managementu jakosti. Požadavky na tyto systémy byly zaneseny do norem, které měly a mají i dnes platnost v rámci jednotlivých odvětví. Odvětvové standardy se z hlediska své náročnosti nachází mezi koncepcí ISO a TQM. [10]

Mezi jedny z nejstarších odvětvových standardů, zabezpečující jakost, jsou postupy tzv. správné výrobní praxe (GMP - Good Manufacturing Practice). Ty se užívají např. ve farmaceutických výroбах, ale i při přepravě, skladování a distribuci léků. Dalším příkladem této koncepce mohou být ASME kódy pro oblast těžkého strojírenství, API standardy pro zabezpečování jakosti produkce olejářských trubek apod.

Na obrázku 1 jsou uvedeny další dva standardy. Prvním z nich je technická specifikace ISO/TS 16949:2002 a standard IRIS. Technická specifikace ISO/TS 16949:2002 je kritériem pro zavádění a certifikaci systémů managementu jakost v automobilovém průmyslu. Druhá norma byla vytvořena za účelem rozvoje systémů managementu jakosti u dodavatelů kolejových vozidel. [10]

Všeobecně je možno konstatovat, že současné odvětvové standardy mají tyto základní charakteristiky:

- Respektují platnou strukturu požadavků normy ISO, obohacují ji však o mnohé požadavky moderního managementu.
- Vymezují speciální požadavky, typické pro dané odvětví (např. přejímání produktů přímo u dodavatelů, zdokonalené plánování jakosti v ISO/TS 16949 apod.).
- Na rozdíl od norem ISO ř. 9000 nemají univerzální platnost pro všechna odvětví.
- Vyžadují speciální postupy certifikace systémů managementu, které jsou mnohem náročnější než certifikace podle normy ISO 9001.

- Některé odvětvové standardy mají v sobě zahrnuty i požadavky na ochranu životního prostředí a dbají na bezpečnost svých zaměstnanců, čímž berou ohled i na jiné zainteresované strany, než jsou jen zákazníci.

Velký nárůst počtu vydaných odvětvových standardů lze zaznamenat v posledních letech. Většina těchto standardů má v preambulích uveden jako důvod vzniku skutečnost, že pouhá aplikace norem ISO řady 9000 (a normy ISO 9001) je nedostatečná vzhledem k požadavkům managementu podniku. [10]

2.4.2 Koncepce managementu jakosti na bázi norem ISO

Vytvoření a používání norem, jakými jsou standardy ISO 9000, je propojeno s globalizací tržního prostředí. V roce 1987 Mezinárodní organizace pro normy ISO zveřejnila sadu norem, které se souvisle zabývaly požadavky na systém managementu jakosti. Normy byly označeny jako normy ISO řady 9000 a vstoupily do obchodních vztahů na celém světě. Evropská unie je od samého počátku zařadila mezi evropské normy a vyžaduje jejich širokou aplikaci. [10]

Normy souboru ISO 9000 byly vypracovány, aby pomohly organizacím všech typů a velikostí při uplatňování a provozování efektivních systémů managementu kvality. Soustava norem ISO 9000, která je v ČR zavedena, jako ČSN EN ISO řady 9000 je tvořena základním souborem čtyř norem:

- ISO 9000 popisuje základní principy systémů managementu kvality a specifikuje terminologii systémů managementu kvality.
- ISO 9001 specifikuje požadavky na systém managementu kvality pro případ, že organizace musí prokázat svoji schopnost poskytovat produkty, které splňují požadavky zákazníka a aplikovatelné požadavky předpisů a že má v úmyslu zvýšit spokojenost zákazníků.
- Cílem normy ISO 9004 je zlepšování výkonnosti organizace, spokojenosti zákazníků a jiných zainteresovaných stran.
- ISO 19011 poskytuje návod na auditování systému managementu kvality a systému environmentálního managementu. [1, 10]

Dohromady tyto normy tvoří ucelený soubor norem na systémy managementu kvality usnadňující vzájemné porozumění ve vnitrostátním a mezinárodním obchodu. Úspěšné vedení a fungování organizace vyžaduje, aby byla vedena a řízena systematickým a transparentním způsobem. Úspěch může být výsledkem zavádění a udržování takového systému managementu, jehož cílem je zlepšování výkonnosti organizace, a to na základě potřeb zainteresovaných stran. Řízení organizace zahrnuje management kvality společně s dalšími disciplínami managementu. [1, 10]

Pro vedení organizace ke zvýšení výkonnosti bylo identifikováno osm zásad managementu kvality, které může vrcholové vedení používat. Těchto osm zásad managementu kvality tvoří základ norem na systémy managementu kvality:

- Zaměření na zákazníka – Organizace jsou závislé na svých zákaznících, proto mají rozumět současným a budoucím potřebám zákazníků. Mají plnit jejich požadavky a snažit se předvídat jejich očekávání.
- Vedení a řízení lidí (vůdčí role) – Vedoucí osobnosti (lídři) prosazují soulad účelu a zaměření organizace. Mají vytvářet a udržovat interní prostředí, v němž se mohou lidé plně zapojit při dosahování cílů organizace.
- Zapojení lidí – Lidé na všech úrovních jsou základem organizace a jejich plné zapojení umožňuje využít jejich schopnosti ve prospěch organizace.
- Procesní přístup – Požadovaného výsledku se dosáhne mnohem účinněji, jsou-li činnosti a související zdroje řízeny jako proces.
- Systémový přístup k managementu – Identifikování, porozumění a řízení vzájemně souvisejících procesů jako systému přispívá k efektivnosti a účinnosti organizace při dosahování jejích cílů.
- Neustálé zlepšování – Neustálé zlepšování celkové výkonnosti organizace má být trvalým cílem organizace do naplnění očekávané hladiny zlepšení.
- Přístup k rozhodování zakládající se na faktech – Efektivní rozhodnutí jsou založena na analýze údajů a informací.
- Vzájemně prospěšné dodavatelské vztahy – Organizace a její dodavatelé jsou vzájemně závislí a jejich vzájemně prospěšný vztah zvyšuje jejich schopnost vytvářet hodnotu. [1]

Normy řady ISO jsou nezávazné, ovšem současná realita v mezinárodním obchodě je taková, že odběratelé už zcela běžně po svých dodavatelích vyžadují důkazy o zavedení managementu jakosti podle norem ISO. Tímto důkazem má být certifikát vydaný třetí stranou. Třetí stranou v tomto případě je nezávislý a akreditovaný certifikační orgán. Firmy certifikací sledují vedle zvyšování kvality procesů, také získání konkurenční výhody. [10]

2.4.3 Koncepce managementu jakosti na bázi TQM

K formování koncepce Total Quality Management (TQM) docházelo během druhé poloviny dvacátého století. Průkopníky v tomto odvětví byli zejména v Japonsku, následně pak i v USA a Evropě. Koncepce TQM je velmi širokou a otevřenou filozofií managementu organizací. Protože sama filozofie k praktické aplikaci obvykle nestačí, byly na podporu TQM vyvinuty různé modely, označované nejčastěji jako modely excellence organizací. Z nich jsou nejznámější model Demingovy ceny za jakost v Japonsku, model americké Národní ceny Malcolma Baldrige a v Evropě nejrozšířenější a velmi respektovaný Model Excellence, který byl vyvinutý a propagovaný Evropskou nadací pro management jakosti. Jako excellence je přitom chápáno vynikající působení organizace v oblasti řízení i dosahování výsledků. Tento model v českém prostředí zatím nenachází takovou odezvu jako v jiných evropských i mimoevropských zemích. Lze konstatovat, že TQM postupy pozitivně korelují s TPM. [10, 19]

Ztráty v provozu strojů

Mnoho prostojů nebo vadná produkce začíná prvním povoleným šroubem nebo špatně provedeným mazáním či čištěním stroje. Je nemožné akceptovat stav, kdy přehlížené drobné abnormality přerostou po určité době do poruch a prostojů. Autoři Mašín a Vytlačil [8] často identifikují v podnicích následující stavy:

- zanedbané či znečištěné strojní vybavení,
- chybějící šrouby a matky,
- znečištěná mazadla, znečištěné, nerovné podlahy,
- úroveň hladiny hydraulických olejů pod minimální úrovní,
- nečitelné údaje ze štítků a displejů.

Autoři dále vidí příčiny těchto neuspokojivých stavů v oblastech jako:

- nezájem o pořádek, čistotu a stav strojů,
- nedůslednost manažerů v otázkách údržby a čistoty,
- špatné návyky z minulosti,
- nedostatek vhodných standardů pro údržbu,
- nedostatečné technické znalosti údržby,
- nedostatek pomůcek a manuálů,
- absence rozvojového programu pro oblast údržby.

Tyto a spolu s nimi i další příčiny snižují spolehlivost, udržovatelnost, bezpečnost a funkčnost zařízení. Výrazně snižují pracovní morálku a zejména funkčnost zařízení. Pro zlepšení těchto stavů musí být pochopeny příčiny ztrát a toto porozumění musí být využito v rámci návrhu zlepšení stavu strojního zařízení a pracovišť. [8]

Optimální podmínky

Aby bylo možné dosáhnout cílů v oblasti výroby a provozu strojů, je vhodné provádět takovou prevenci, která eliminuje výskyt poruchy na minimum. V moderním pojetí údržby je nutné klást na první místo prevenci založenou na udržování optimálních podmínek provozu strojů. Pracovníci musejí včasné identifikovat abnormality a okamžitě na zjištěné abnormality reagovat. Přitom optimální podmínky jsou takové podmínky, které zajišťují optimální chod stroje a zachování jeho schopností. Jestliže je stroj provozován mimo tyto podmínky, může docházet k výskytu poruch a prostojů. [8]

Optimální podmínky nemusí být vždy předem komplexně známy. V takovém případě musí být optimální podmínky stanoveny týmem pracovníků, kteří jsou ve vztahu k danému stroji. Teprve pokud jsou známy optimální podmínky stroje, je obsluha stroje schopna identifikovat normální a abnormální stav v provozu stroje. [8]

Abnormálním stavem stroje je v tomto případě myšlen takový stav stroje, kdy je obsluha stroje schopna identifikovat jakoukoliv odchylku od optimálních podmínek. Tyto pozorované odchylky v budoucnu zapříčiní snížení výkonu stroje nebo jeho prostoj. Normálním stavem stroje se rozumí takový stav, kdy jsou optimální podmínky dosaženy.

Zpravidla je hranice mezi normálním a abnormálním stavem nejednoznačná. Stanovit co je normálním a abnormálním je obtížné. V zájmu snižování ztrát by měla být zóna mezi abnormálním a normálním stavem minimalizována. [8]

Na strojích a zařízeních vznikají prostoje, které lze rozdělit mezi tři faktory a vyjádřit procentní podíl výskytu, jak je to uvedeno v tabulce 1. Jejich příčiny se v rámci programu TPM řeší implementací metody 5S, sedmi kroky autonomní údržby apod. Aby bylo možné dosáhnout cíle TPM, je potřeba v daném výrobním procesu vykonávat prevenci která bude eliminovat výskyt poruch a prostojů. [4]

Tab. 1 – Faktory ovlivňující prostoje

Opotřebení (25%)	Člověk (33%)	Znečištění (42%)
Tření	Chybné chování	Prach
Opotřebení	Neznalost	Třísky
Teplota	Nedostatečný trénink	Zalepení
Tlak	Žádná motivace	Kyselost / zásaditost
Lomy	Bezmyšlenkovitost	Laky / olej / mazivo

Zdroj: Legát, Václav. Management a inženýrství údržby

2.5 Totální produktivní údržba

Totální produktivní údržba se do češtiny překládá z původního anglického označení TPM – Total Productive Maintenance. Nakajima dal původní přístup TPM, definoval TPM jako produktivní údržbu prováděnou všemi zaměstnanci prostřednictvím činnosti po malých skupinách. Současně může být TPM považováno za prostředek údržby prováděné na základě celé společnosti. Mezi hlavní hesla k TPM patří žádné poruchy, žádné vady, žádné nehody a žádné ztráty. V důsledku odstranění poruch z provozu zařízení se snižují náklady, zásoby mohou být minimalizovány a dochází ke zvyšování produktivity práce. Ovšem to vše platí při optimální volbě systému při zachování optimálních nákladů na systém údržby. [20, 21]

TPM je celopodnikový soubor aktivit vedoucích k provozování strojního parku v optimálních podmínkách a ke změně pracovního systému, který udržení těchto podmínek zajišťuje. TPM se orientuje na účasti všech pracovníků do aktivit vedoucí k minimalizaci prostojů zařízení, nehod a výrobě zmetků. Jde o překonání dělení lidí na pracovníky, kteří daný stroj obsluhují a na pracovníky, kteří daný stroj pouze opravují. Hlavní východisko spočívá v tom, že obsluhující pracovník má šanci jako první zachytit abnormality v jeho práci. Jako první by měl zachytit případné zdroje budoucích poruch. [3, 8]

Maximum diagnostických a údržbářských činností se v programu TPM převádí na výrobní pracovníky a výrobní úseky. Obsluha se tak učí porozumět svému stroji. Hlavním činidlem při zavádění TPM v podniku musí být management, protože se jedná o výraznou změnu zvyků a chování v rámci celého podniku. [7]

2.5.1 Základní pilíře TPM

Filosofie TPM spočívá nejen v předcházení poruch, ale také v redukci chyb, krátkodobých prostojů apod. Jedná se o progresivní přístup organizace, která objektivně vyžaduje stále složitější výrobní zařízení. Definice pilířů přijatých v TPM je do značné míry závislá na struktuře a filozofii podniku. TPM pilíře je třeba rozvíjet v týmech manažerů, nebo v týmech vedoucích a pilíře musí být v souladu s hierarchií společnosti. [22]

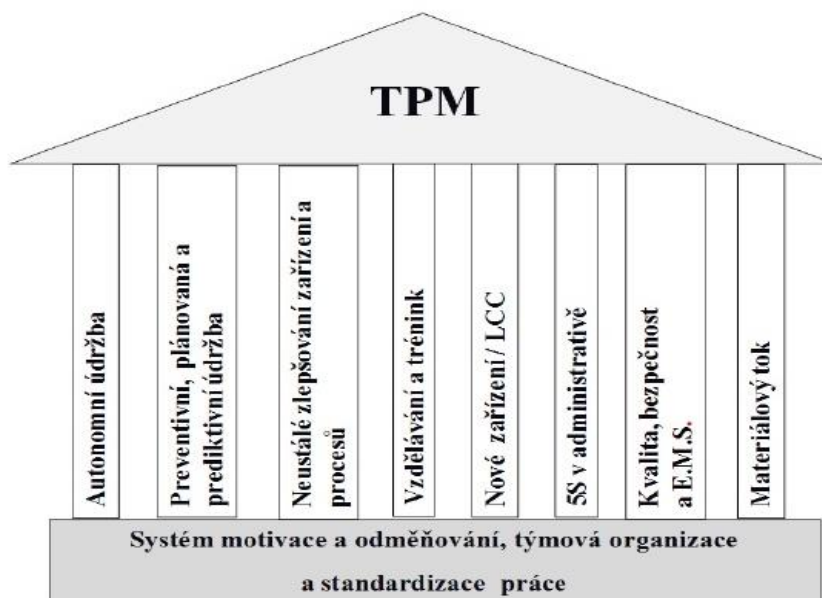
TPM je postaveno na pěti pilířích:

- hodnocení celkové efektivity strojů a zařízení,
- autonomní údržba,
- plánovaná údržba,
- systém pro návrh preventivní údržby,
- trénink pro zlepšení zručnosti pracovníků. [4, 8]

Autor Košturiak [3] neuvádí pojem základní pilíře TPM, ale základní prvky TPM. Obsahově a významově se však tyto prvky shodují.

Současné požadavky výrobních systémů na efektivnost, výkonnost, kvalitu a náklady vyžadovaly rozšíření těchto pilířů na osm pilířů TPM, které jsou patrné na obrázku 2. [3, 4]

Obr. 2 – Osm pilířů TPM



Zdroj: Legát, Václav. *Management a inženýrství údržby*

Šest velkých ztrát

Ztráty v oblasti využívání strojů vznikají jednak na základě způsobu provozování a údržby daného zařízení a jednak na základě chyb lidských. Cílem managementu údržby technického zařízení je tyto ztráty vyloučit nebo je alespoň snížit na minimum. Tradiční rozdělení ztrát je pro bližší porozumění rozděleno do šesti skupin:

- Prostoje, které souvisejí s poruchami strojů a neplánované prostoje.
- Seřizování a výměna nástrojů včetně nastavování parametrů kdy se stroj připravuje pro další výrobu.
- Ztráty způsobené přestávkami ve výkonu strojů a zařízení, kdy zařízení vyžaduje zbytečné zásahy obsluhy do chodu a krátkodobé poruchy.
- Ztráty rychlosti výroby, kdy stroj vyrábí při nižším výkonu, než výkon který byl plánován.
- Nedostatky v kvalitě, kdy díky výrobě nejakostního výrobku se musí znovu vložit náklady a práce pro výrobek požadované kvality.
- Snížení výkonu ve fázi náběhu výrobního procesu a technologických zkoušek. [7, 8]

2.5.2 Autonomní údržba

Samostatná, neboli autonomní údržba je prováděna samostatně pracovníky se zařízením. Komplikované opravy vyžadující speciální kvalifikaci a ostatní úlohy údržby zůstávají v kompetenci oddělení údržby. Operátoři při provádění některých zásahů znají lépe zařízení, se kterým pracují a mohou využívat své zkušenosti z výroby. Dokáží s předstihem rozpoznat možnou poruchu, díky získanému citu při odhalování nepravidelností v chodu zařízení. Obsluha vykonává běžné denní úkoly z oblasti rutinní údržby. Tyto úkoly zahrnují čištění, mazání, kontroly přesnosti včetně jednoduchých výměn a oprav. Samostatná údržba je navržena tak, aby se pracovníci naučili více o funkci zařízení, se kterým pracují a jak včasným zjištěním předejít běžně se vyskytujícím problémům v provozu. [7, 8]

Účel samostatné údržby je tedy trojí. Za prvé spojuje pracovníky údržby a výroby pro dosahování společného cíle. Druhý cíl programu je navržen tak, aby se obsluha naučila, co nejvíce o funkci zařízení se kterým pracují. Třetím cílem je připravení obsluhy jako aktivního partnera údržby při zlepšování celkové efektivnosti a spolehlivosti zařízení. [7]

5S – princip autonomní údržby

5S lze považovat jako základní kámen implementace TPM. Jde o japonský způsob úklidu. Problémy nelze rozpoznat, jestliže je pracovní místo neorganizované. Zviditelnit tímto způsobem problémy v provozu, dává pracovníkům možnost zlepšení. [24]

Pojem 5S označuje pět základních principů péče o pracoviště. Je důležitou součástí pro dosažení trvale čistého, přehledného, organizovaného pracoviště. Označení 5S vychází z pěti japonských slov, které označují pět základních principů pro udržování a organizaci pracoviště. V rámci jednotlivých „S“ jsou obsaženy aktivity napomáhající k odstranění nedostatků. Díky správnému provádění těchto aktivit je možné dosáhnout společný cíl. [9]

Seiri znamená úklid, neboli odstranění nepotřebných předmětů. Skoro v každém podniku existuje mnoho zbytečných dílů, mrtvých zásob, nepotřebných dílů apod. Zbytečné jsou myšleny věci nepotřebné pro současnou výrobu. Pro dočasné umístění přebytečných předmětů je žádoucí vytvořit přehledné a označené zóny. Stav tohoto principu je potřeba pravidelně kontrolovat. [8]

Seiton vyjadřuje správné ukládání a eliminace hledání. Tento krok spočívá v odstranění přebytečných věcí a poté odstranění nečistot. Po důkladném očištění všech úložných a odkládacích míst může začít organizace pomůcek, nástrojů a přípravků. Využívá se zde barevného označení a dělení ploch, jednotlivá místa se jednoznačně označí popiskem. [8]

Seiso vyjadřuje zvýraznění abnormalit i čištění. Účelem je zbavit pracoviště špíny a nečistot a udržovat je v čistém stavu. Prioritu pro čištění mají strojní díly, kde je zvýšená pravděpodobnost poruchy. Důležité je rozhodnutí co a jak se má čistit a kdo je za každý úkon zodpovědný. Odpovědnost se dá definovat s ohledem na malé zóny. Při čištění je podstatné všimnout si abnormalit a odchylek a označit je. [8]

Seiketsu znamená udržování a standardizaci. Seiketsu má největší dosah ze všech 5S. Vizuální kontrola je první krok k disciplíně. Ve vytvořených standardech je využito v maximální míře množství obrázků z fotodokumentace. Na vytváření standardů se musí podílet i ti pracovníci, kteří ho poté budou dodržovat. [8, 9]

Shitsuke vyjadřuje disciplínu a dodržování standardů. Vyžaduje plnění standardů a pravidel, kde disciplína je otázkou postojů lidí. Vedoucí týmu je vždy příkladem pro tým. Vystavují se zde fotografie stavu před zavedením standardů a po zavedení standardů. Dále se provádějí také audity pracovišť. [8, 9]

Dodržování 5S je jednou z klíčových podmínek úspěchu v programu TPM. Mezi hlavní cíle v rámci 5S patří:

- změna postoje pracovníků k pracovišti a ke strojím,
- vytvořit disciplinované, organizované a vizuálně řízené pracoviště,
- připravit kompetentní pracovníky z pohledu strojů a pracovišť,
- budovat spolehlivé prostředí v podniku. [4, 8]

2.5.3 Sedm kroků samostatné (autonomní) údržby

Implementace autonomní údržby se provádí v sedmi krocích, které znázorňuje obrázek 3.

Obr. 3 – Sedm kroků autonomní údržby



Zdroj: <http://e-api.cz/article/70766.tpm-total-productive-maintenance-/Program>

V prvních dvou krocích, které zahrnují počáteční čištění, odstraňování zdrojů znečištění je snaha zabezpečit základní podmínky pro práci stroje. Ty představují základ pro efektivní autonomní údržbu. Jedná se především o zlepšení prostředí, ve kterém stroj pracuje a důsledně prováděné čištění, mazání a utahování uvolněných částí. Tyto počáteční kroky jsou podstatné pro efektivní provedení samostatné údržby. [7]

Další dva kroky, které představují normy čištění a mazání a všeobecnou kontrolu, obsahují činnosti spojené s prováděním základních prohlídek. Z těchto prohlídek je nutné odvodit příslušná opatření. Tyto kroky zvyšují u obsluhy schopnost pozorného sledování stavu stroje. Lze očekávat během těchto kroků snížení poruch ve firmě. [7]

V pátém (autonomní kontrola), v šestém (organizace a pořádek) a sedmém (rozvoj autonomní údržby) kroku jsou v popředí aktivit získané zkušenosti a znalosti v péči o stroje a zařízení. Obsluha stroje se v těchto bodech ztotožňuje s cíli podniku a má snahu udržet bezvadný stav na svém pracovišti, prostřednictvím aktivit v oblasti udržování strojů. [7]

2.5.4 Plánovaná údržba

Program plánované údržby je zaměřený na vytvoření efektivního systému plánovaných zásahů, které mají zabezpečit stabilní výrobní proces. Preventivní údržba se zaměřuje na přesun údržbářských kapacit na činnosti, které mají zabezpečit předcházení poruchám. Odměnou za zvýšenou organizační a administrativní činnost je zvýšená plynulost výroby, pohotovost strojů, snížení následků poruch. [4]

Plánovanou údržbu lze chápat jako střednědobě (měsíc) až dlouhodobě (rok) plánovanou preventivní nebo prediktivní údržbu prováděnou specialisty, při nichž se provádí dvě základní aktivity. Jedná se o preventivní inspekce a o preventivní opravy na základě stavu zjištěného při inspekci, které jsou zaměřeny na snížení pravděpodobnosti poruchy nebo ztrátu funkčních vlastností stroje. [8]

Součástí plánované údržby jsou tyto prvky:

- preventivní údržba s plánovaným intervalem bez ohledu na stáří stroje,
- preventivní údržba plánovaná na základě doby provozu na základě stáří stroje,
- prediktivní údržba využívající diagnostické měření zvoleného parametru ve stanoveném čase,
- prediktivní údržba využívající diagnostické metody, kdy jsou data sbírána v pravidelných intervalech. [4]

Standardizace práce v plánované údržbě

Standardní práce se stroji představuje systémové využívání nástrojů, které napomáhá udržet podmínky z pohledu kvality, produktivity, bezpečnosti nebo morálky. Cílem všech moderních výrobních systémů je redukce nákladů spojených s přípravou a realizací výroby. Pro dosažení tohoto cíle se musí minimalizovat veškeré neefektivní činnosti, jako například nesprávné postupy, či čekání. V oblasti plánované údržby, pomocí standardizace, je prioritou docílit vysoké produktivity jednotlivých činností. Standardizace je potom chápána jako popis nejlepšího známého postupu jednotlivých činností, která jsou formálně vyjádřeny standardem. [4, 9]

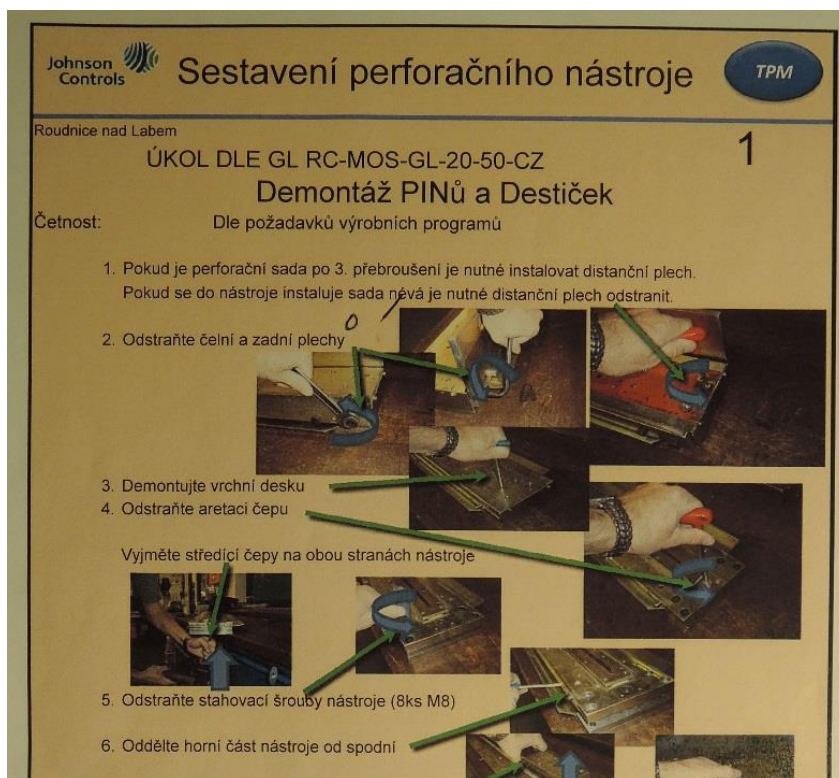
Standards by měli obsahovat následující informace:

- popis pracovní metody,
- grafické znázornění postupů a dílů,
- intervaly provádění daných činností,
- kritické hodnoty pro hodnocení stavu stroje,
- výčet pomůcek a nástrojů,
- charakteristiku náhradních dílů,
- plánovanou spotřebu času. [4]

Vizuální management při implementaci TPM

Za vizuální pracoviště je možné považovat pracoviště, které je zřetelně uspořádané, řízené, organizované a všechny procesy jsou zřetelně popsány. Takové podmínky tvoří předpoklady pro postupnou redukci plýtvání. Vizuální prvky umožňují odhalit abnormalitu zařízení okamžitě a poté ihned přijmout nápravná opatření. Pokud jsou standardy vizualizované a jasné, reakce pracovníka bývá rychlá a tvořivá. Vizuální management tvoří podpůrný nástroj, který dokáže motivovat pracovníky, zjednodušuje jim práci a umožňuje vykonávat některé výkony i pracovníkům s nižší kvalifikací. Nejčastěji se používají kartičky poruch a značení, které se umísťuje přímo na zařízení. Dále je možné také použití různých návodů doplněných o fotodokumentaci. Na obrázku 4 je příklad vizuálního managementu z podniku Johnson Controls, kde je vidět část podrobného návodu pracovního postupu, který je doplněný o podrobnou fotodokumentaci. [4, 7]

Obr. 4 – Příklad vizuálního managementu



Zdroj: Johnson Controls Roudnice nad Labem

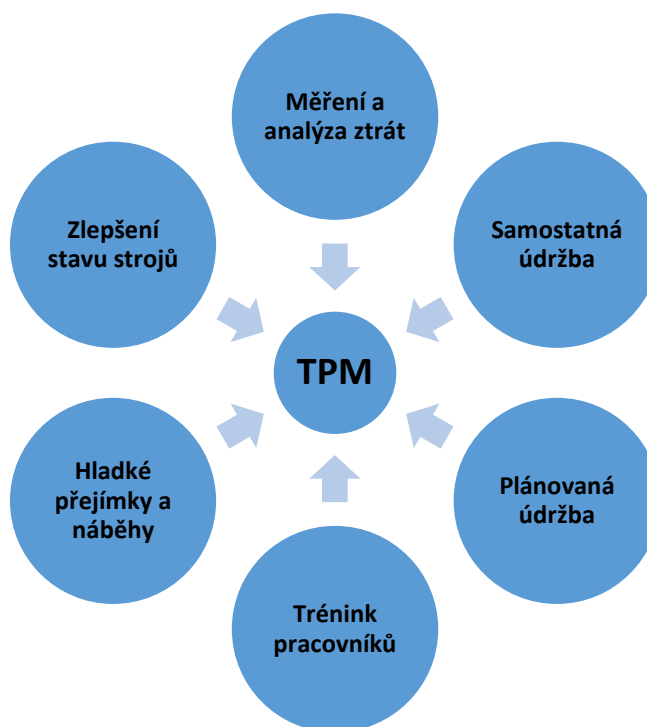
2.5.5 Postup zavedení, zahájení programu

Postup zavedení TPM se může řídit podle různých přístupů. Podrobněji rozepsán je zde čtyřfázový program, bloky TPM a deset kroků k TPM.

Čtyřfázový program implementace kroků TPM se člení na 4 hlavní části. Příprava projektu TPM obsahuje stabilizaci časového intervalu mezi výskyty poruch strojů a zařízení. Během druhé části obsahující zkušební implementaci TPM, dochází ke zlepšování životnosti zařízení. Třetím krokem je implementace TPM, ten v podniku vede k periodické obnově zhoršeného stavu zařízení. Čtvrtým krokem je stabilizace všech zařízení a dopomáhá ke zdokonalení predikce doby života zařízení. [3, 7]

Jiný přístup volí adekvátní podnikový program, který by se měl skládat ze dvou hlavních částí, z přípravných aktivit a z naplňování jednotlivých bloků TPM. Tyto bloky lze shrnout do šesti bodů, které jsou znázorněny na obrázku 5. Tyto bloky pokrývají veškeré podnikové aktivity z pohledu údržby a správy strojů a zařízení. [7, 8]

Obr. 5 – Šest bloků TPM



Zdroj: Mašín, Ivan. TPM

Další přístup, který vychází z původního vzoru Seichi Nakajimy, uvádí pro zavedení TPM základních deset kroků. Zásadní aktivity potřebné pro úspěšné zavedení metod programu TPM lze shrnout do tabulky 2. V tabulce je uvedeno deset základních kroků, které obsahují kroky z přípravné fáze a z fáze samotného zavádění. [8]

Tab. 2 – Deset kroků k zahájení TPM

Fáze	Bod	Název
Příprava	1	Zahájení programu
	2	Vytvoření organizace programu TPM
	3	Analýza výchozího stavu
	4	Vize a akční plány
Zavádění	5	Analýza využití strojů
	6	Program samostatné údržby
	7	Program plánované údržby
	8	Trénink pracovníků
	9	Hladké přejímky
	10	Zlepšování stavů strojů

Zdroj: Mašín, Ivan. TPM

Zahájení programu musí být provedeno oficiálním ohlášením managementu o zahájení programu TPM. Jedná se o informovanost vlastních zaměstnanců o rozhodnutí a vyjádření podpory pro realizaci programu. Vytvoření organizační struktury podniku je důležité pro komunikaci jednotlivých týmů. Významným prvkem je zde týmová práce. Cílem analýzy výchozího stavu je stanovit motivaci pracovníků, zhodnotit stupeň využívání strojů a zařízení a indikovat možné zlepšení strojů, procesů a pracovišť. Proces stanovení vizí, obrazu toho, čeho chce vedení podniku v budoucnu dosáhnout, je velmi důležitým bodem v rámci přípravy, zavádění i řízení programu TPM. [8]

2.6 Stanovení OEE

Český ekvivalent pro termín Overall Equipment Effectiveness (OEE) je celková efektivnost zařízení označována také jako CEZ. Ukazatelem odvozeným od celkové efektivnosti zařízení je totální efektivnost zařízení označována jako TEZ. Ta vztahuje efektivnost zařízení ke kalendářnímu času. Na rozdíl od OEE zohledňuje plánované prostoje. OEE je funkcí ztrát, které jsou způsobeny poruchami, ztrátami výkonu vlivem redukované rychlosti a seřizovacími časy a také nízkou kvalitou vyráběných výrobků. Parametr OEE je často používán pro potřeby týmů zabývajících se TPM. Maximalizovat efektivnost zařízení je možné v rámci programu TPM zajištěním eliminací šesti hlavních ztrát v provozu. [4, 8]

Celková efektivita zařízení (OEE), se běžně používá jako ukazatel výkonnosti využití zařízení. OEE může být použit v několika různých úrovních ve výrobním prostředí. OEE může být použit jako měřítko pro měření počáteční výkonnosti výrobního podniku v celém jeho rozsahu. Tímto způsobem může být počáteční OEE porovnáváno s budoucími hodnotami OEE, tímto srovnáním může vedení podniku kvantifikovat úroveň zlepšení. Hodnoty OEE, vypočtené pro jednu výrobní linku, mohou být použity pro porovnání výkonnosti napříč podnikem. Výsledek z měření hodnot OEE může určit, který stroj je výkonově nejhorší a pomůže tak indikovat, kde hledat zdroj problému. [11, 23]

Při vyjadřování hodnoty OEE je v praxi v některých firmách tendence vykazovat tuto hodnotu co nejvyšší. Management či vedoucí pracovníci jsou spokojeni nad využitím svých prostředků, ale ve skutečnosti si takto znemožňují redukovat časové ztráty. Zároveň může vznikat iluze přetížení a nedostatku výrobních kapacit. [3]

Při snaze zvyšovat produktivitu se nelze omezovat jen na poruchy. Je nutné se zabývat všemi faktory, které ovlivňují efektivní využívání strojů a zařízení. Těmito faktory jsou:

- míra využití (A),
- míra výkonu (E),
- míra kvality (Q). [4, 8]

Parametr využití stroje říká, kolik procent doby stroj skutečně běží, když je potřebný pro plánovanou výrobu. Tento parametr, který se také nazývá jako dostupnost, se vypočte podle vztahu 2.

$$A = \frac{\textit{plánovaný čas provozu} - \textit{prстоje}}{\textit{plánovaný čas provozu}} \quad (2)$$

V čitateli jsou od celkového času, který je stroj k dispozici, odečteny prстоje kdy stroj neprodukoval výrobky, nebo z nějakého důvod stál. Mezi tyto prстоje patří plánované i neplánované odstávky, opravy, přestávky. Dále také čas potřebný pro seřizování, čas pro nedostatek materiálu, nedostatek pracovníků a další neplánované prстоje. Ve jmenovateli zlomku je čas, pro který je stroj k dispozici a je pro něj naplánovaná výroba. [4, 8]

Parametr výkon stroje je ovlivněn ztrátami rychlosti. Jedná se o rozdíl mezi skutečnou rychlostí stroje, při které jsou produkovány výrobky, a rychlostí plánovanou nebo projektovanou. Další ztrátou jsou odchylky, díky nimž stroj neběží po celou dobu konstantní rychlostí, jak je požadováno. Parametr E – výkon stroje se vypočítá podle vztahu 3.

$$E = \frac{\textit{normovaný čas na kus} \times \textit{počet vyrobených kusů}}{\textit{plánovaný čas provozu} - \textit{prстоje}} \quad (3)$$

V tomto případě jde o poměr mezi časem plánovaným k produkci skutečně vyrobeného počtu kusů a časem, kdy stroj skutečně běžel. V čitateli zlomku je počet vyrobených kusů násobený normovaným časem pro výrobu jednoho kusu. Normovaný čas na výrobu jednoho kusu může být určen například výrobcem stroje, protokolem o převzetí stroje, nebo oddělením průmyslového inženýrství. Jmenovatel zlomku je stejný jako čítel při výpočtu míry využití. [4, 8]

Poslední parametr potřebný pro výpočet hodnoty OEE je parametr, který zachytí stupeň kvality vyprodukovaných výrobků. Z hlediska využití stroje je nutné si uvědomit, že je důležité vyrobit jakostní výrobek napoprvé. Čas, který je vyhrazen na výrobu nejakostního výrobku, je vždy nenávratně ztracen. [8]

Míra kvality se vypočítá jako poměr mezi jakostními výrobky a celkovým počtem vyrobených kusů, podle vztahu 4.

$$Q = \frac{\text{počet vyrobených kusů} - \text{počet vadných kusů}}{\text{počet vyrobených kusů}} \quad (4)$$

V čitateli zlomku jsou od celkového počtu vyrobených kusů odečteny nestandardní a vadné výrobky. Ve jmenovateli je uveden celkový počet vyrobených kusů daného druhu. Při znalosti všech tří parametrů lze podle vztahu 5 vypočítat hodnotu OEE.

$$OEE = A \times E \times Q \quad (5)$$

Tímto způsobem výpočtu je možné naznačit, kde by se dalo hledat cesty pro zvýšení efektivnosti využití strojů a zařízení. V rámci programu TPM je potřeba metodiku výpočtu detailně popsat a standardizovat. Proces zvyšování OEE by se měl zaměřit pouze na úzká místa, případně zařízení, která jsou nestabilní a mají vysokou poruchovost či nekvalitu procesu. Ze sledování OEE je možné odhalit rezervy parametrů a následně lze tyto rezervy systematicky odstranit. [3, 8]

Sběr a vyhodnocení dat

Při sběru a vyhodnocování OEE se používají následující postupy:

- ruční shromažďování dat (formuláře, dotazníky) a jejich zpracování (tabulkové procesory),
- poloautomatický sběr dat (terminály, kódy prostojů, logické kontroly, off-line automatické vyhodnocení v informačním systému),

- automatický sběr dat v reálném čase s využitím systémů MES (Manufacturing Executive System) a následné vyhodnocení on-line s možností optimalizace procesu. [3]

2.7 MTBF, MTTR

Mean Time Between Failures (MTBF) je anglický název pro český ekvivalent střední doba provozu mezi poruchami, udávaná v hodinách. Jedná se o průměrnou dobu, která uplyne mezi jednotlivými odstávkami stroje vlivem jeho poruchy. Cílem je dosahování co největšího ukazatele MTBF. Odhad hodnoty MTBF je podle vztahu 6, kde m je počet poruch opravovaného objektu, t_j je j -tá doba provozu mezi dvěma po sobě následujícími poruchami ($j - 1; j$). [14]

$$MTBF = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m t_j \quad (6)$$

V každém zápisu údržby je evidován druh údržby a doba používání stroje. Ze zapsaných dat lze stanovit střední dobu mezi poruchami všech strojů, nebo vybraných skupin strojů. S rostoucí dobou mezi poruchami se snižují prostoje v důsledku poruch. [2]

Další možností je výpočet hodnoty MTBF na základě parametrů spolehlivosti dílčích komponent. Tato metoda je časově a datově velmi náročná. V praxi se nejčastěji využívá přímých zkušeností s daným, nebo jemu konstrukčně a funkčně podobným zařízením. Hodnota MTBF se stanovuje v týmu nejčastěji různých profesí a to z důvodů zajištění vyšší objektivit expertních odhadů (např. operátor, technolog, technik, údržbář). Po diskuzi v týmu bývá tendence stanovit hodnotu MTBF nižší, než je skutečná z následujících důvodů:

- jsou opomenuty stejné typy zařízení, které dosud nevykázaly poruchu,
- je špatně zdůvodnitelné MTBF s vyšší hodnotou, než je doba užitečného života zařízení,
- započítává se porucha očekávaná v blízké době. [18]

Z dat o údržbářských zásazích je třeba odfiltrovat záznamy o generálních a běžných opravách tak, aby zbyla pouze data o poruchách. Tato data je třeba nejprve seřadit chronologicky a vytvořit histogram četnosti poruch podle jednotlivých let provozu. Počet poruch v jednom roce tedy udává počet poruch na všech provozovaných strojích. Zařízení bývají nejčastěji provozována v ustálených provozních podmínkách po dlouhou dobu, proto by jejich intenzita poruch měla být konstantní. [13]

Pro termín MTTR, Mean Time to Repair se používá český název střední doba do obnovy funkce zařízení. Střední doba obnovy obsahuje střední dobu údržby po poruše spolu s dobou nezjištěného poruchového stavu a administrativní zpoždění. Je možné ji spočítat jako podíl součtu všech časů do obnovy ku počtu poruch (viz. vztah 7), pokud jsou tato data dostupná. Ve vztahu 7 m představuje počet poruch (oprav) opravovaného objektu, t_i je doba opravy i -té poruchy. [14, 16]

$$MTTR = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^k t_i \quad (7)$$

Střední doba do obnovy zařízení MTTR patří mezi nejčastější kvantitativní požadavek na udržovatelnost. Udržovatelnost je přitom chápána jako schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo být vrácen do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy a zdroje. [5, 6]

Splnění požadavku na MTTR lze do jisté míry ovlivňovat. Jednou z možností je volba počtu osob, které provádějí údržbu. Velmi časté jsou požadavky ekonomického charakteru. Požadavky na maximální přípustné náklady na nápravnou nebo preventivní údržbu. Jejich splnění lze také do jisté míry ovlivňovat změnami v údržbě a změnami cen. [17]

Na základě znalosti těchto spolehlivostních parametrů je možné vypočítat ustálenou pohotovost (Z) technologického zařízení podle vztahu 8:

$$Z = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (8)$$

Jedná se o nejobecnější ukazatel spolehlivosti opravovaných objektů. Při analýze požadavku na pohotovost je, mimo jiné, důležité věnovat pozornost tomu, zda se má uvažovat i vliv preventivní údržby a zpoždění. Splnění kvantitativních požadavků na pohotovost lze do jisté míry ovlivňovat, a to zejména změnami v údržbě (udržovatelnosti) produktu. [13, 15]

Pohotovost je přitom chápána jako schopnost objektu být ve stavu schopném vykonávat požadovanou funkci v daných podmínkách, v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu za předpokladu, že jsou zajištěny požadované vnější zdroje. [6]

3 Cíl práce a metodika

Cílem diplomové práce je popsat a prakticky ověřit měření výkonnostních parametrů pro hodnocení efektivity strojů ve zvoleném podniku. Měření a sběr dat proběhlo pomocí monitorovacího systému MCS (Maintenance Calling System) v podniku Johnson Controls Roudnice nad Labem.

V první části diplomové práce je shrnuta současná situace ve zvoleném podniku a popsáno strojní vybavení, na které se tato diplomová práce zaměřuje. V návrhu měření a v praktické části práce jsou spočítány ukazatele efektivity údržby, tak aby se co nejvíce maximalizovala získaná data. Získaná data jsou použita pro výpočet dostupnosti, MTBF, MTTR. Dále jsou tato data využita pro další dílčí ukazatele efektivity zařízení.

V technicko-ekonomickém zhodnocení jsou uvedeny a vyčísleny předpoklady pro zlepšení stavu nejen údržby v podniku, ale i celkového výrobního procesu. V části technicko-ekonomické zhodnocení je porovnání vlivu směn na celkovou údržbu strojů a také srovnání směn mezi sebou. Cílem tohoto zhodnocení je co nejvíce času z údržby proměnit na čas výrobní.

4 Návrh systému měření

V návrhu systému měření využitelnosti strojů je upravena metodika výpočtů ukazatelů efektivnosti pro konkrétní podnik. Vzhledem k velkému rozsahu vstupních dat, jsou v příloze uvedeny vstupní data za měsíc leden. Měření využitelnosti strojů probíhalo v závodu Johnson Controls Roudnice nad Labem, který se zabývá výrobou. Jedná se o nepřetržitý provoz, kdy výroba je přerušena každý týden od soboty 14:00 do neděle 22:00, kdy je opět spuštěna. Pracovníci údržby jsou rozděleny na 3 směny. Ze získaných údajů z údržbářských zásahů lze stanovit ukazatele:

- OEE,
- MTBF, MTTR,
- Paretův diagram,
- vliv směny na údržbě.

4.1 Představení podniku

Závod Johnson Controls Roudnice nad Labem byl založen v roce 1995. Hlavními zákazníky jsou automobilky Mercedes, Ford, BMW a Land Rover. Vedení společnosti klade mimořádný důraz na kvalitu ve všech oblastech svého působení. Soustředí se na zajištění kvalitního pracovního prostředí pro své zaměstnance, kvalitu svých výrobků, které odpovídají nejvyšším světovým standardům v automobilovém průmyslu. Vedení společnosti podporuje projekty technologického rozvoje a podpory vzdělání, dále také projekty v oblasti životního prostředí a i účasti na charitativních projektech. Společnost je certifikována podle norem ISO 9001, QS 9000, ISO/TS16949 a ISO 14001. Závod Johnson Controls Roudnice nad Labem využívá 5 kusů CNC strojů Lectra Vector MX9 na řezání látkových dílů, které jsou dále používány k dalšímu ručnímu zpracování.

4.2 Lectra Vector MX9

Francouzská společnost Lectra patří mezi světové lídry v oblasti technologických řešení. Společnost byla založena v roce 1973 a sídlí v Paříži. Její působení zahrnuje módní a oděvní průmysl, automobilový průmysl, nábytek a další odvětví jako je námořní

a letecký průmysl. V automobilovém průmyslu je společnost Lectra lídrem v řešení CNC strojů pro výrobu dílů pro autopotahy.

Vector MX9 zahrnuje přibližně 120 vestavěných senzorů a rozhraní v reálném čase k optimalizaci výroby. Software Lectry Vector MX9 monitoruje chování stroje a zaznamenává veškeré údaje. Konfiguraci systému je samozřejmě možné přizpůsobit na řezací kritéria uživatele. Monitorovací systém MCS (Maintenance Calling System) zaznamenává údaje o provozu stroje. Z údržbářského záznamu lze vyčíst údaje o všech zásazích, které bylo nutné provést pro okamžitou obnovu výroby.

Na obrázku číslo 6 je CNC stroj Lectra MX9-4 při výrobě. Na monitoru, který je umístěn nad strojem, vidí obsluha stroje i pracovník údržby plán stříhu. Vystřižené části jsou ručně vytříděny podle druhu a přepraveny k dalšímu zpracování, kde probíhá ruční šití těchto dílů.

Obr. 6 – Lectra MX9-4



Zdroj: (vlastní)

4.3 Celková efektivnost zařízení

Jak je uvedeno v literární rešerši, pro stanovení hodnoty OEE jsou zapotřebí tři parametry (míra využití, míra výkonu, míra kvality). Pro míru výkonu je zapotřebí znát normovaný čas na výrobu jednoho kusu výrobku a počet vyrobených kusů. Jak je patrné z obrázku 7, je vzhledem k veliké rozmanitosti programu výrobní linky velmi obtížné stanovit normu pro výrobu jednoho kusu. Dalším faktorem, který znesnadňuje stanovení tohoto parametru je vysoký stupeň automatizace stroje. Obdobně problematické je i stanovení míry kvality.

Obr. 7 – Schéma probíhající výroby



Zdroj: (vlastní)

Stanovení míry využití, dále také označované jako dostupnost, bylo stanoveno na základě údajů údržbářského monitorovacího systému a z plánovaného času výroby. Všechny pět strojů bylo sledováno po celý rok 2014.

4.4 MTBF, MTTR

Podle vztahu 6 a 7 byl proveden výpočet hodnot MTBF a MTTR. Z dat údržbářských záznamů byly odfiltrovány záznamy o preventivních údržbách. Jestliže se údržba věnuje všem strojům stejně intenzivně, měly by být i hodnoty těchto ukazatelů konstantní. Z hodnot parametrů MTBF a MTTR lze pak snadno stanovit parametr ustálenou pohotovost (A) podle vztahu 8.

4.5 Paretův diagram

Paretův diagram se používá k znázornění důležitosti jednotlivých kategorií, které jsou společně posuzovány. Paretovo pravidlo může být jedním z rozhodujících nástrojů manažera údržby. S využitím znalosti dat (kódy poruch, suma časů oprav, atd.), lze sestavit Paretův diagram a z něho poté vyčíst nejslabší místa. Tyto slabá místa představují poruchy s největší dobou opravy. Pro konstrukci Paretova diagramu je nutné dopočítat kumulativní četnost poruch a vyjádřit jí v procentech. Paretův diagram je použitelný jak pro každý stroj zvlášť, tak i jako souhrn pro všech pět strojů, tedy pro celou stříhárnu.

Četnost údržeb po poruše je dílčím ukazatelem efektivnosti údržby. Lze konstatovat, že efektivita řízení údržeb roste se snižující se četností údržeb po poruše. Pro hodnocení efektivit jednotlivých strojů jsou v práci stroje porovnávány mezi sebou. Vhodné je volit vyjádření počtu údržeb po poruše za určité období, např. za rok či čtvrtletí.

5 Ověření návrhu v praxi

Pomocí dat ze zapsaných údržeb lze importovat získaná data do tabulkového procesoru. Pomocí základních funkcí, jako je kontingenční tabulka, sumarizace a filtrace dat, lze zjistit dílčí ukazatele efektivnosti údržby.

5.1 Dostupnost

Pomocí tabulkového procesoru Excel byly stanoveny hodnoty dostupnosti pro jednotlivé stroje MX9-1 až MX9-5. V tabulce 3 jsou uvedeny hodnoty za rok 2014 po jednotlivých měsících. V posledním sloupci je průměr pro všech pět strojů dohromady. Na posledním řádku tabulky je uvedena souhrnná hodnota dostupnosti za celý rok 2014 pro každý stroj. Jak je patrné z tabulky 3, hodnoty dostupnosti jsou na ustálené úrovni na hodnotách, které se pohybují mezi 0,97 až 0,985.

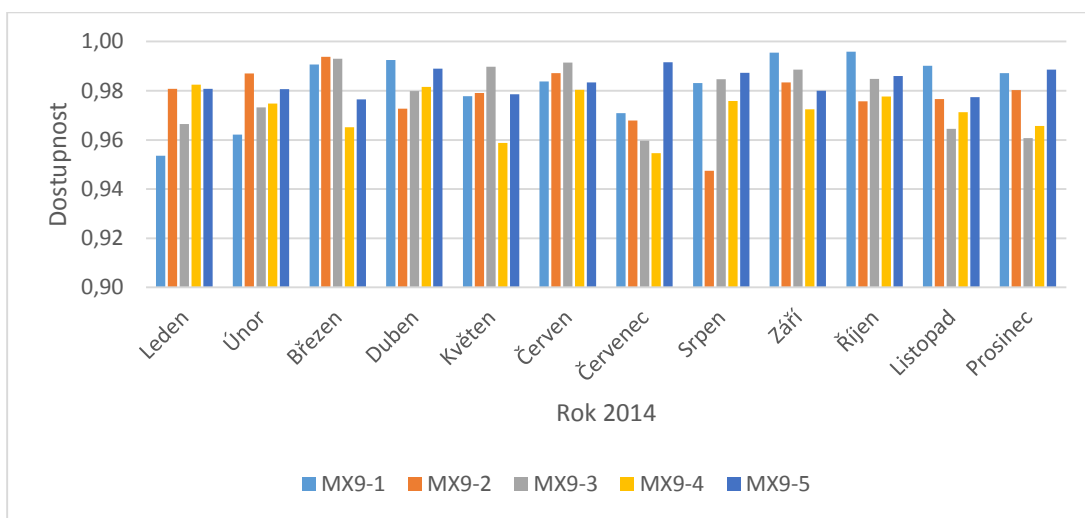
Tab. 3 – Dostupnost pro jednotlivé stroje a pro celou stříhárnu.

Měsíc	MX9-1	MX9-2	MX9-3	MX9-4	MX9-5	Stříhárna celkem
Leden	0,9536	0,9808	0,9665	0,9825	0,9808	0,9728
Únor	0,9622	0,9870	0,9732	0,9748	0,9807	0,9756
Březen	0,9907	0,9938	0,9930	0,9652	0,9765	0,9838
Duben	0,9925	0,9727	0,9799	0,9816	0,9890	0,9831
Květen	0,9777	0,9790	0,9898	0,9588	0,9786	0,9768
Červen	0,9838	0,9872	0,9914	0,9804	0,9834	0,9852
Červenec	0,9709	0,9679	0,9597	0,9546	0,9916	0,9689
Srpen	0,9831	0,9474	0,9847	0,9759	0,9872	0,9757
Září	0,9955	0,9834	0,9886	0,9724	0,9800	0,9840
Říjen	0,9959	0,9757	0,9848	0,9777	0,9860	0,9840
Listopad	0,9902	0,9766	0,9645	0,9713	0,9774	0,9760
Prosinec	0,9871	0,9803	0,9607	0,9656	0,9886	0,9765
Rok 2014	0,9822	0,9775	0,9785	0,9716	0,9833	0,9786

Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Jak je patrné z obrázku 8, výrazné výkyvy v dostupnosti ve sledovaném období byly sledovány v období letních dovolených a v období přelomu roku a to jen u některých strojů. Tyto výkyvy udržují hladinu dostupnosti na již zmiňované míře 0,97 až 0,985. Míra dostupnosti je závislá také na výrobním plánu pro jednotlivé stroje. Od toho se odvíjí využití strojů a potřeba údržbářských zásahů.

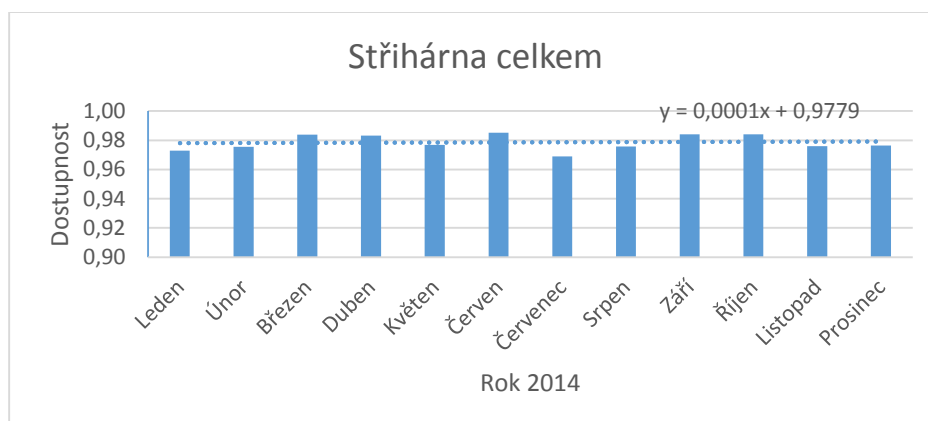
Obr. 8 – Graf dostupnosti pro jednotlivé stroje za rok 2014.



Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Jako výsledná hodnota z ukazatele dostupnosti může sloužit obrázek 9. Z rovnice spojnice trendu lze odečíst počáteční hodnotu dostupnosti 0,9779. Dostupnost pro celý rok za všech pět strojů je 0,9786, jak je patrné také z tabulky 3. Z rovnice spojnice trendu lze také vyčíst, že dostupnost pro rok 2014 byla stabilní s minimální odchylkou kladné hodnoty.

Obr. 9 – Graf míry využití pro stříhárnu za rok 2014.



Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

5.2 MTBF, MTTR

V tabulce 4 jsou uvedeny výsledné hodnoty za rok 2014 pro každý stroj. Při výpočtu byly použity časové údaje údržbářských zásahů. Výpočet parametru MTBF byl proveden na základě rozdílu časů dvou po sobě následujících poruch. Tímto způsobem byla získána doba provozu mezi dvěma poruchami. Dalším potřebným údajem byl počet poruch daného stroje za sledované období. Hodnoty MTBF jsou v tabulce 4 uvedeny v hodinách.

Parametr MTTR byl počítán z celkového času opravy, který zahrnuje samotnou opravu a zpoždění způsobené rozdílem času příchodu pracovníka údržby od doby nahlášení poruchy. Dalším potřebným údajem byl počet poruch daného stroje za sledované období. Hodnoty MTTR v tabulce 4 jsou uvedeny v minutách. Parametr ustálené pohotovosti je dopočítán pro každý stroj podle vztahu 8.

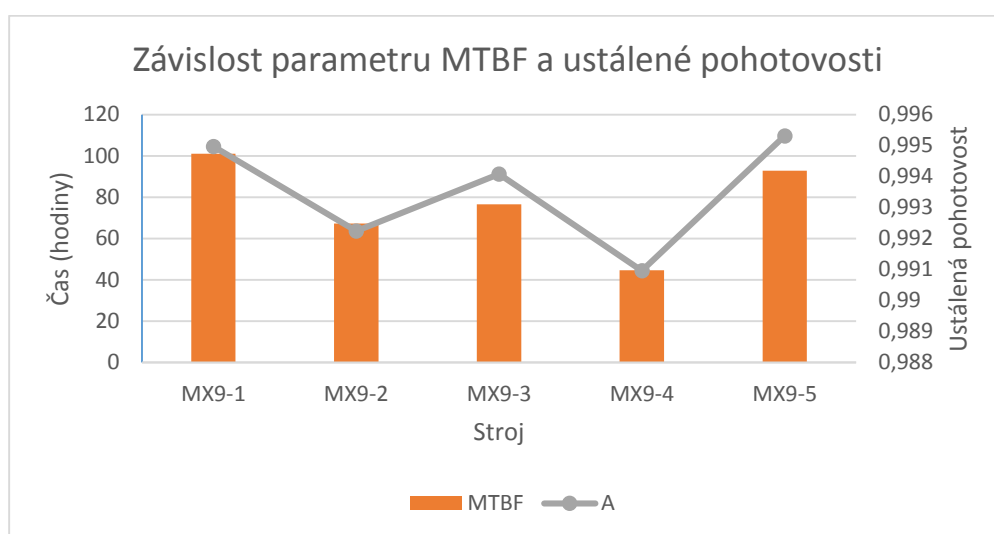
Tab. 4 – Roční souhrn MTBF, MTTR, ustálené pohotovosti (A) za rok 2014

	MX9-1	MX9-2	MX9-3	MX9-4	MX9-5
Počet poruch	80	119	107	185	89
MTBF (hodiny)	101,0229	67,2993	76,62009	44,64937	92,88446
MTTR (minuty)	30,675	31,57983	27,38318	24,45405	26,26966
A	0,994965	0,99224	0,994079	0,990954	0,995308

Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Na obrázku 10 je znázorněna závislost MTBF a ustálené pohotovosti. Pro údržbu je cílem dosahovat co největšího parametru MTBF a prodlužovat tak dobu mezi poruchami. Průměrná hodnota ustálené pohotovosti se pohybuje na dobré úrovni 0,9935. Pracovníci údržby by se z tohoto pohledu měli zaměřit na stroj MX9-4, který vykazuje nejnižší MTBF, kdy čas mezi poruchami je 44,6 hodin. Stroj MX9-4 také vykazuje nejnižší hodnotu pohotovosti. Nejlepší hodnoty času mezi poruchami v roce 2014 dosáhli stroje MX9-1 a MX9-5. Oproti stroji MX9-4 je jejich čas mezi poruchami více než dvojnásobný.

Obr. 10 – Závislost parametru MTBF a ustálené pohotovosti za rok 2014



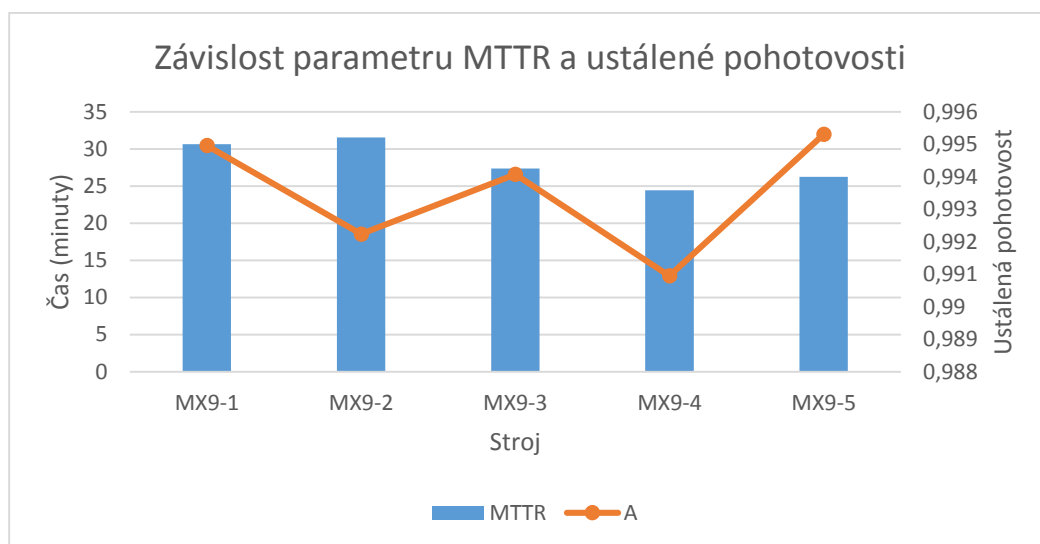
Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Obrázek 11 zobrazuje závislost MTTR a ustálené pohotovosti. Pro pracovníky údržby je snahou dosahovat co nejmenších hodnot tohoto parametru a zkracovat tak čas do obnovy funkce. Při porovnání hodnoty ustálené pohotovosti a MTTR je na tom nejlépe stroj MX9-4. při průměrném čase do obnovy 24,5 minut. Tato informace může být zavádějící z důvodu malé hodnoty MTBF a velkému počtu poruch, které zkracují čas do obnovy. Rozdíly mezi jednotlivými stroji nejsou tolik význačné jako u parametru MTBF. Jedná se o minutové rozdíly.

U stroje MX9-4 je počet poruch téměř dvojnásobný než u ostatních, ale díky nejnižší době do obnovy si zachovává solidní pohotovost 0,99. Pozornost si zaslouží také stroj MX9-2 díky značné diferenci mezi hodnotou MTTR a ustálené pohotovosti. Stroj MX9-2 má nejvyšší hodnotu MTTR a to 31,6 minut.

Pro hledání příčin tohoto stavu lze využít opět získaná data, která obsahují konkrétní kódy poruch, dobu jejich oprav a četnost poruch. Tyto faktory jsou zohledněny v další části této práce. Vliv na parametry MTBF a MTTR může mít i směna, která se podílela nejvíce na údržbářské činnosti pro stroj MX9-2.

Obr. 11 – Závislost parametru MTTR a ustálené pohotovosti za rok 2014



Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

5.3 Paretův diagram

Paretův diagram byl sestaven pro každý stroj zvlášť, jelikož se jedná o samostatné stroje s vlastním výrobním plánem. Pro každý stroj může slabé místo představovat jiná porucha. Pomocí tohoto diagramu se pracovníci údržby mohou soustředit na nejvíce problematická místa. Pro údržbu je důležité zaměřit se na opravy, které nejvíce ubírají z času plánované výroby, což je nežádoucí jev pro manažera údržby.

V tabulce 5 je vysvětlení jednotlivých kódů práce mechanika. Kód práce mechanika se skládá ze čtyř číslic, kdy první číslice značí, že se jedná o opravu. Obecný vzor kódu je označení *WXYZ*. Pozice písmene *X* vyjadřuje druh provedené práce a označení pozice *YZ* vyjadřuje prováděnou činnost.

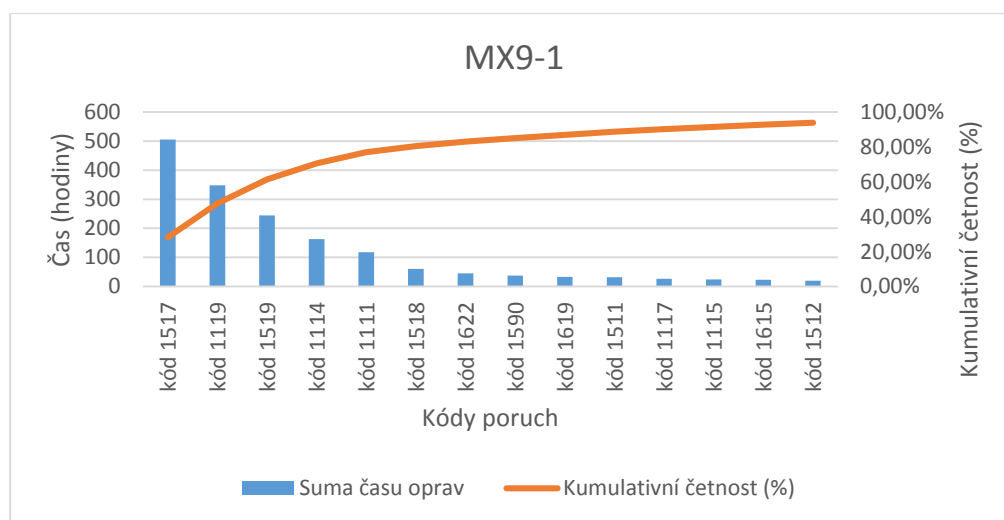
Tab. 5 – Kódové označení poruch

Kódy pro stříhárnu - oprava 1XYZ											
X - práce	kód	YZ - činnost	kód	YZ - činnost	kód	YZ - činnost	kód	YZ - činnost	kód	YZ - činnost	kód
výměna	1	nůž	10	hydraulická	20	repas perforace	30	KIT 125	60	jiná činnost	90
montáž, výroba	2	broušení	11	vývěva	21	sklad ND	31	KIT 250	61		91
demontáž	3	hlava	12	program	22	úklid ND	32	KIT 500	62	sanitární havárie	92
úprava	4	ložisko	13	PC	23	repas díly Hum.	33	KIT 1000	63	šicí sada, vodič	93
oprava	5	motor	14	klobouk	24	repas broušení	34	KIT 2000	64	stěhování	94
seřizení	6	čidlo	15	řezací strojek	25	repas hlava	35	KIT 4000	65	lampička, osvětlení	95
	7	perforace	16		26	ostatní	36	mazání vývěvy	66	el. stroj. zásuvky	96
	8	elektro	17		27		37	destičky, jehličky	67	úklid dílny	97
	9	pneumatika	18		28		38	čištění broušení	68	administr. Cesta	98
		mechanická	19		29		39	čárkové kódy	69	nůžky, inbusy	99

Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Pro stroj MX9-1 bylo za rok 2014 zaznamenáno 23 různých typů poruch s různými časy oprav. Pro vypovídací schopnost obrázku 12 jsou opomenuty kódy oprav s četností menší než jedno procento. Největší procento z celkového času oprav má oprava s kódem 1517. Při celkovém počtu 23 poruch, zaujímají první čtyři poruchy 70,5 % z celkového času oprav. Podle Paretova pravidla platí, že 70,5 % celkového času oprav je zapříčiněno pouze 17,4 % poruch. Z celkového počtu 23 typů poruch je možné 9 typů poruch s nejnižší četností úplně zanedbat pro jejich nízký vliv na celkový čas oprav.

Obr. 12 – Paretoův diagram pro MX9-1

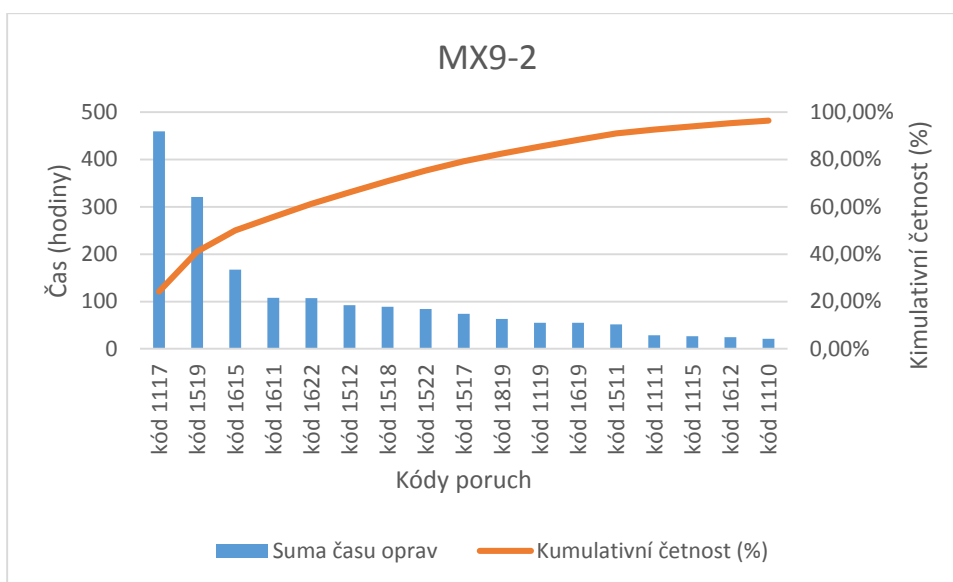


Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Pro stroj MX9-2 bylo za rok 2014 zaznamenáno 24 různých typů poruch s různými časy oprav. Pro vypovídací schopnost obrázku 13 jsou opomenuty kódy oprav s četností menší než jedno procento. Největší procento z celkového času oprav má oprava s kódem 1117. Při celkovém počtu 24 poruch, zaujímají první čtyři poruchy 55,64 % z celkového času oprav. Podle Paretova pravidla platí, že 55,64 % celkového času oprav je zapříčiněno pouze 16,6 % poruch.

Z celkového počtu 24 typů poruch je možné 7 typů poruch s nejnižší četností úplně zanedbat pro jejich nízký vliv na celkový čas oprav. Tato hranice vyřazení byla stanovena na jedno procento.

Obr. 13 – Paretoův diagram pro MX9-2

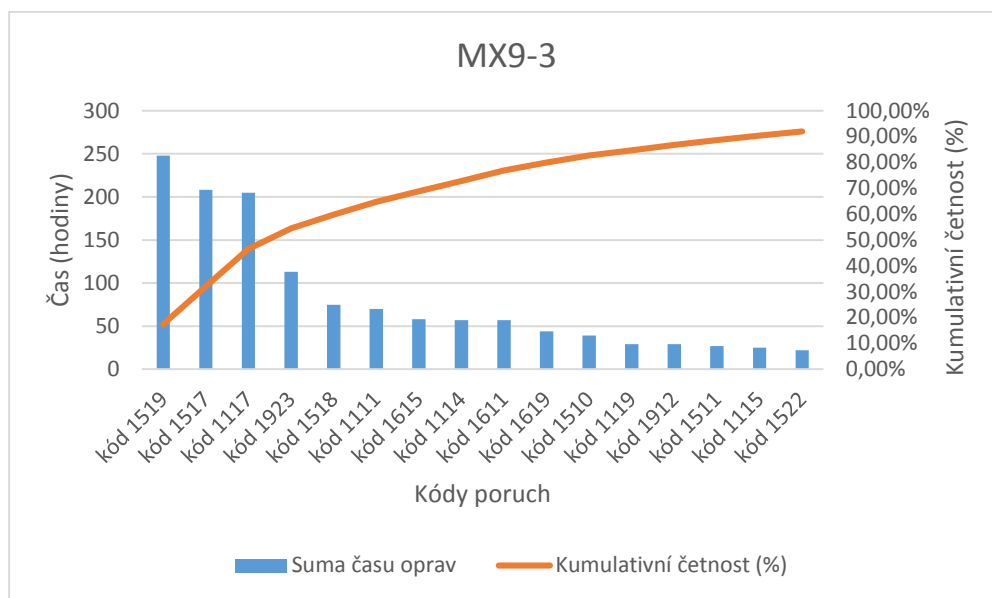


Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Pro stroj MX9-3 bylo za rok 2014 zaznamenáno 29 různých typů poruch s různými časy oprav. Pro vypovídací schopnost obrázku 14 jsou opomenuty kódy oprav s četností menší než jedno procento. Největší procento z celkového času oprav má oprava s kódem 1519. Při celkovém počtu 29 poruch, zaujímají první čtyři poruchy 54,5 % z celkového času oprav. Podle Paretova pravidla platí, že 54,5 % celkového času oprav je zapříčiněno pouze 13,8 % poruch.

Z celkového počtu 29 typů poruch je možné 13 typů poruch s nejnižší četností úplně zanedbat pro jejich nízký vliv na celkový čas oprav. Tato hranice vyřazení byla stanovena na jedno procento.

Obr. 14 – Paretův diagram pro MX9-3

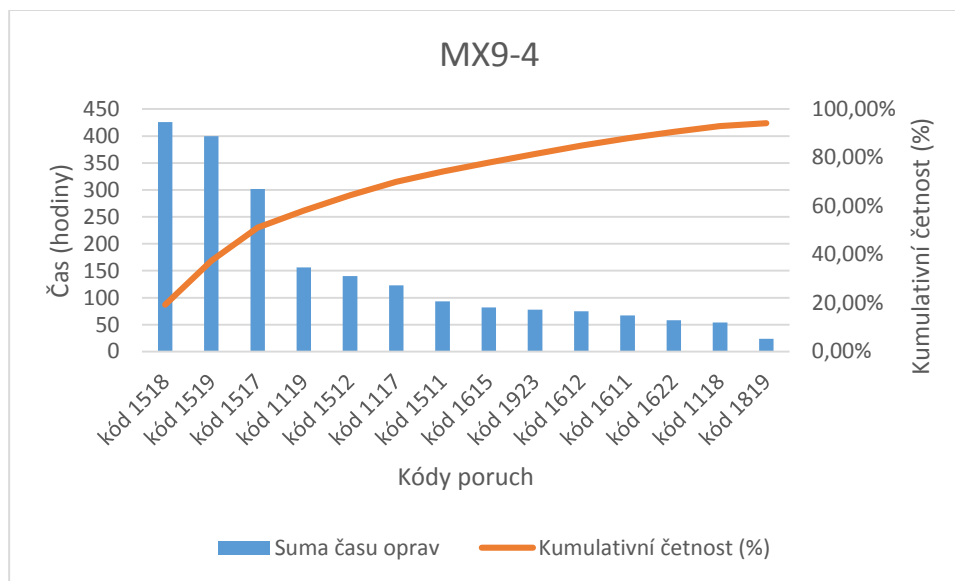


Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společností)

Pro stroj MX9-4 bylo za rok 2014 zaznamenáno 27 různých typů poruch s různými časy oprav. Pro vypovídací schopnost obrázku 15 jsou opomenuty kódy oprav s četností menší než jedno procento. Největší procento z celkového času oprav má oprava s kódem 1518. Při celkovém počtu 27 poruch, zaujímají první čtyři poruchy 58,15 % z celkového času oprav. Podle Paretova pravidla platí, že 58,15 % celkového času oprav je zapříčiněno pouze 14,8 % poruch.

Z celkového počtu 27 typů poruch je možné 13 typů poruch s nejnižší četností úplně zanedbat pro jejich nízký vliv na celkový čas oprav. Tato hranice vyřazení byla stanovena na jedno procento.

Obr. 15 – Paretův diagram pro MX9-4

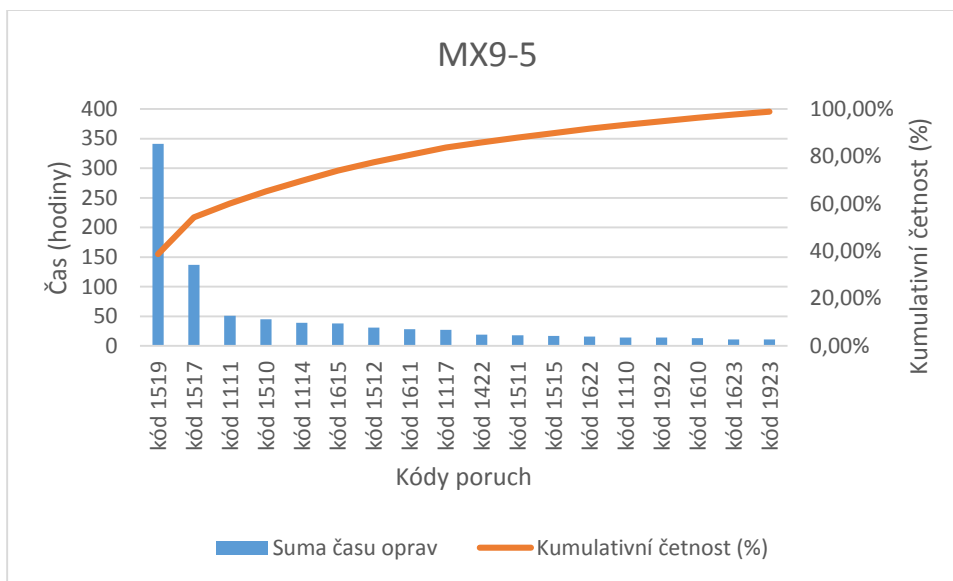


Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Pro stroj MX9-5 bylo za rok 2014 zaznamenáno 21 různých typů poruch s různými časy oprav. Pro vypovídací schopnost obrázku 16 jsou opomenuty kódy oprav s četností menší než jedno procento. Největší procento z celkového času oprav má oprava s kódem 1519. Při celkovém počtu 21 poruch, zaujímají první čtyři poruchy 65,23 % z celkového času oprav. Podle Paretova pravidla platí, že 65,23 % z celkového času oprav je zapříčiněno pouze 19 % poruch.

Z celkového počtu 21 typů poruch je možné 3 typů poruch s nejnižší četností úplně zanedbat pro jejich nízký vliv na celkový čas oprav. Tato hranice vyřazení byla stanovena na jedno procento.

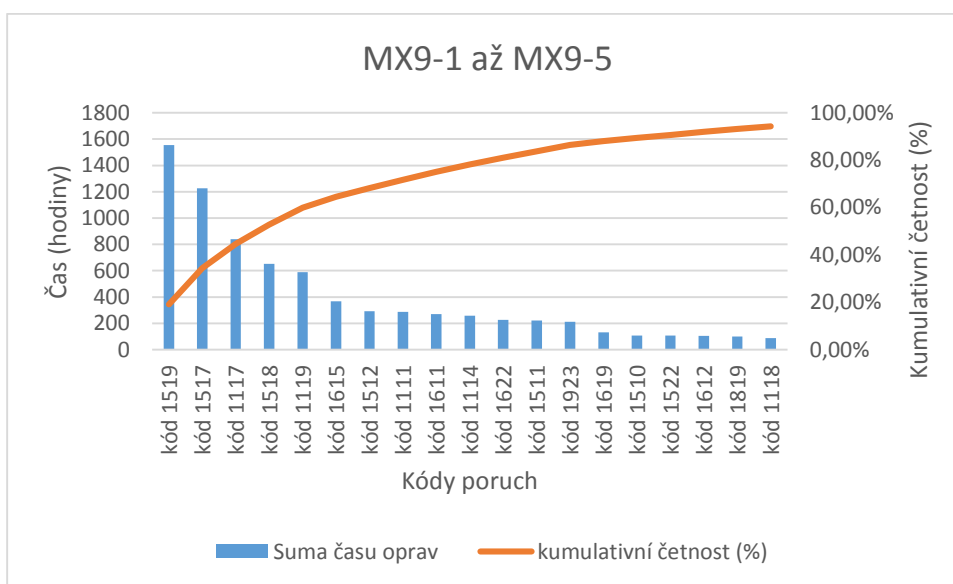
Obr. 16 – Paretův diagram pro MX9-5



Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Pro všech pět strojů bylo za rok 2014 zaznamenáno 33 různých typů poruch s různými časy oprav. Pro vypovídací schopnost obrázku 17 jsou opomenuty kódy poruch s četností menší než jedno procento.

Obr. 17 – Paretův diagram pro MX9-1 až MX9-5



Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Největší procento z celkového času oprav má oprava s kódem 1519, která pracovníkům údržby zabrala celkem 1555 hodin. V tabulce 6 jsou uvedeny nejčastější poruchy, seřazené podle procentuálního zastoupení. U stanovení Paretova diagramu pro celou stříhárnu je patrná důležitost prvních tří poruch, které zabírají nad deset procent času oprav pro všech pět strojů. Pro útvar údržby by bylo vhodné rozdělit typy poruch na tři skupiny, jak už samotná tabulka napovídá. První skupina, kterou by se měli pracovníci údržby zabývat, obsahuje poruchy s četností nad 10%. Až po zlepšení stavu u těchto poruch lze pozornost zaměřit na druhou skupinu poruch, které představují poruchy nad čtyři procenta sumy času oprav.

Tab. 6 – Roční souhrnná tabulka poruch pro celou stříhárnu

Poruchy	Suma času oprav (hod.)	Suma času oprav (%)	kumulativní četnost (%)
kód 1519	1555	19,20%	19,20%
kód 1517	1227	15,15%	34,34%
kód 1117	840	10,37%	44,71%
kód 1518	651	8,04%	52,75%
kód 1119	588	7,26%	60,00%
kód 1615	368	4,54%	64,55%
kód 1512	292	3,60%	68,15%
kód 1111	287	3,54%	71,69%
kód	271	3,20%	75,04%

Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společností)

Při celkovém počtu 33 poruch, tedy zaujímají první tři poruchy 44,71 % z celkového času oprav. Podle Paretova pravidla, 44,71 % celkového času oprav je zapříčiněno pouze 9,09 % poruch. Při vyjádření Paretova pravidla v širším pojetí lze také konstatovat, že prvních šest poruch zaujímá 64,55 % z celkového času oprav. Poté tedy platí, že 64,55 % z celkového času oprav je zapříčiněno pouze 18,2 % poruch. Z celkového počtu 33 typů poruch je možné 14 typů poruch s nejnižší četností úplně zanedbat pro jejich nízký vliv na celkový čas oprav. Tato hranice vyřazení byla stanovena na jedno procento.

Tabulka 7 představuje přehled nejčastějších oprav pro každý stroj. V prvním sloupci tabulky jsou uvedeny nejčastější kódy oprav pro celou stříhárnu, tedy pro všech pět strojů. Kódy oprav jsou seřazené podle času oprav. Jak je graficky vyjádřeno, pouze první

porucha pro celou stříhárnu s kódem 1519, se vyskytuje mezi prvními třemi poruchami u každého stroje. Oprava s kódovým označením 1517 u stroje MX9-2 zabírá 3,9 % a není pro tento stroj takovou zátěží jako poruchy na prvních čtyřech místech. Pro ostatní stroje ale představuje závažnější problém, proto je potřeba se jí zabývat v rámci celé stříhárny. Další porucha v pořadí představuje závažnější problém shodně jen u dvou strojů. Další poruchou objevující se více než jednou v tabulce 7 je oprava s kódovým označením 1119. Tato porucha nepředstavuje pro celou stříhárnu tak závažný problém jako poruchy předchozí.

Tab. 7 – Přehled časově nejnáročnějších poruch

Střížna celkem	MX9-1	MX9-2	MX9-3	MX9-4	MX9-5
kód 1519	kód 1517	kód 1117	kód 1519	kód 1518	kód 1519
kód 1517	kód 1119	kód 1519	kód 1517	kód 1519	kód 1517
kód 1117	kód 1519	kód 1615	kód 1117	kód 1517	kód 1111
kód 1518	kód 1114	kód 1611	kód 1923	kód 1119	kód 1510

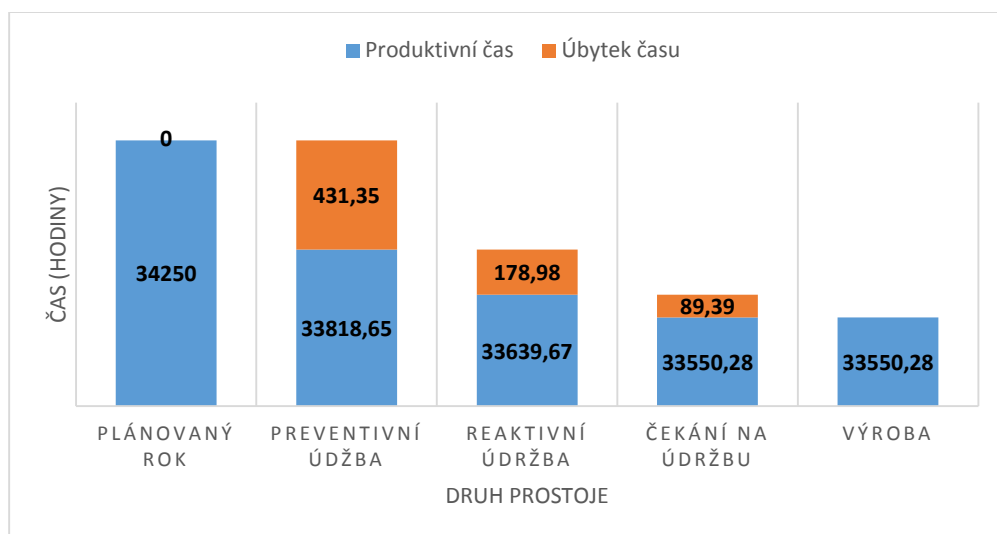
Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

5.4 Dílčí ukazatele efektivity údržby

Časový úbytek ztrát provozu

Pro potřeby vedení údržby byl z dostupných dat vytvořen graf úbytku ztrát v provozu v časovém horizontu, jak zobrazuje obrázek 18. Doba ročního plánu jednoho stroje byla vynásobena pěti pro získání hodinové doby pro všech pět strojů za rok 2014. Z dat o záznamech údržby byly filtrací a sumarizací vypočteny časy pro preventivní údržbu, reaktivní údržbu a čas reakce údržbáře. Poslední sloupec představuje čistý čas pro výrobu, který činil pro všech pět strojů 33550 hodin.

Obr. 18 – Graf úbytku časových ztrát v provozu

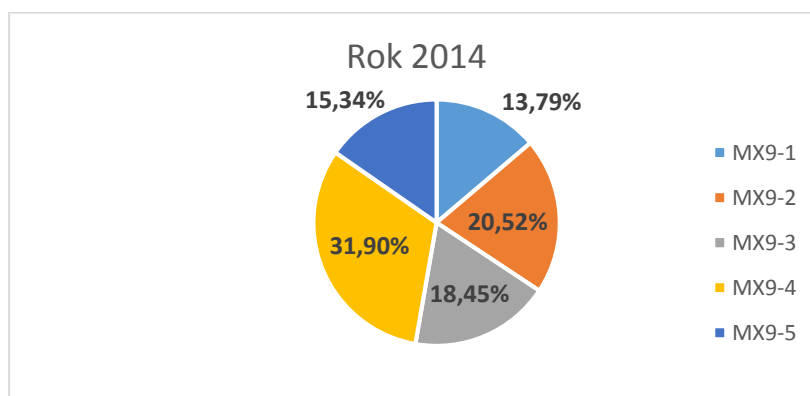


Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Četnost údržeb po poruše

Četnost údržeb po poruše byla získána sumarizací počtu poruch pro jednotlivé stroje a následně přepočítána na procentuální podíl z celkového počtu poruch. Procentuální vyjádření četnosti údržeb po poruše je patrné z obrázku 19. Nejvíce poruch bylo na stroji MX9-4 a to 31,9 %. Tento výsledek koresponduje s výstupem MTBF, kde stroj MX9-4 měl nejmenší střední dobu mezi poruchami. Pro vedení údržby je tento výstup dalším vodítkem, aby se zaměřilo na hledání příčin zhoršeného stavu u tohoto stroje.

Obr. 19 – Četnost údržeb po poruše

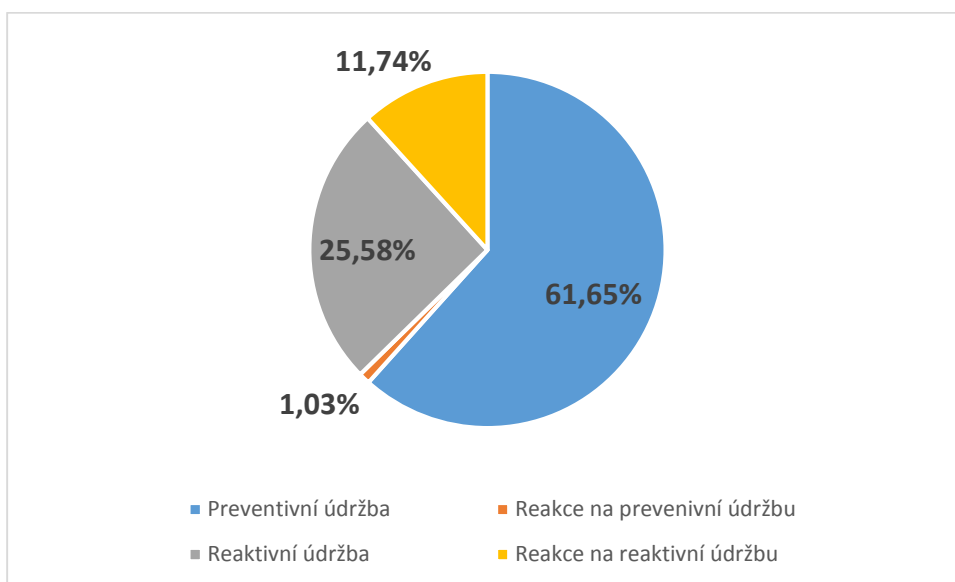


Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

6 Technicko-ekonomické zhodnocení

Ze získaných dat lze sestavit poměr mezi preventivní údržbou, reaktivní údržbou v závislosti na čase. V grafu na obrázku 20 jsou zahrnuty časy čekání na reakci údržbáře. Doba čekání na preventivní údržbu je z celkového plánovaného času provozu zanedbatelná. Tuto hodnotu tvoří především minutové prostoje příchodu obsluhy apod. Doba reakce obsluhy u reaktivní údržby je dána charakterem údržby po poruše a dosahuje 11,74%. Je nutné počítat s touto prodlevou také z důvodu počtu údržbářů na směnu.

Obr. 20 – Poměr preventivní údržby, reaktivní údržby a časů reakce



Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Na jednu směnu připadají dva pracovníci údržby. Poměr mezi preventivní údržbou a reaktivní údržbou, kdy preventivní údržba přesahuje údržbu reaktivní, je v tomto případě pro údržbu přínosem. Tento poměr zajišťuje stabilní chod stříhárny, který je velmi důležitý pro chod celé výrobní linky. Při firemní politice stavu zásob Just in Time, se udržuje stav zásob na minimální hladině, proto je žádoucí udržovat stabilní chod strojů.

Příliš velká hladina reaktivní údržby má zásadní vliv na vytvoření prostožů v následném pracovním procesu. Vytvoření prostožů na pracovištích s ručním zpracováním vystřižených dílů by znamenalo vytvoření daleko větších ztrát, než jsou náklady na udržování chodu strojů.

Tabulka 8 znázorňuje průměrný čas příchodu údržbáře ke stroji po ohlášení poruchy. Pracovníci údržby jsou rozděleni na tři skupiny pro třisměnný nepřetržitý provoz. Jak je patrné z tabulky, směna B má průměrnou dobu reakce na jednu opravu přibližně šest minut. Ostatní dvě směny mají průměrnou dobu reakce směřující k deseti minutám.

Tab. 8 – Přehled časů pro jednotlivé směny

Směna	Součet z Reaction Time (minuty)	Počet oprav	Průměr z Reaction Time (minuty)
směna A	1887	192	9,83
směna B	1048	173	6,06
směna C	1882	194	9,70

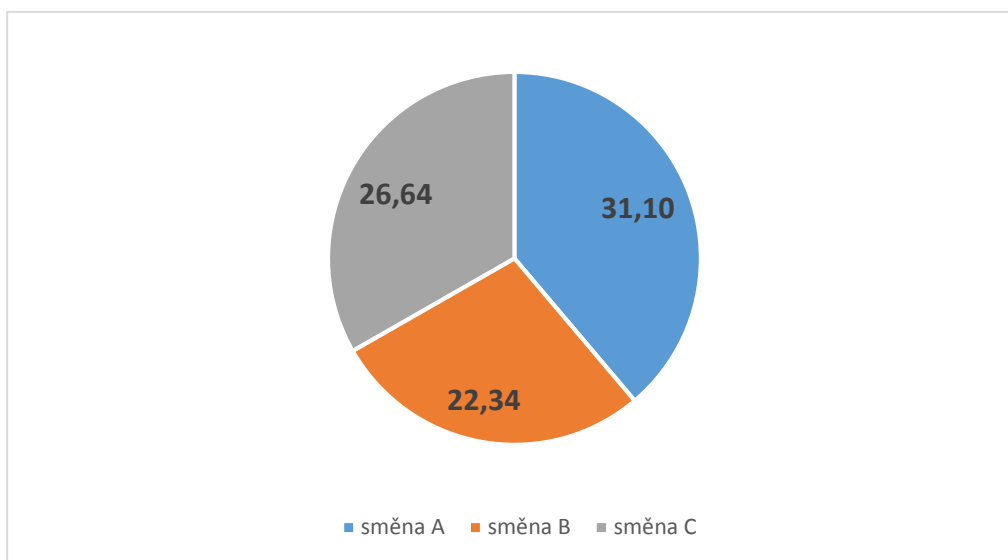
Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Při úvaze, kdy by se směna A a směna C srovnala na úroveň směny B, alespoň o tři minuty, mohly by se ušetřit ztráty ze zastavené výroby ve výši 20 380 Kč za rok. Vstupními údaji pro tuto částku jsou minutové náklady na provoz stroje a počet poruch na danou směnu. Minutové náklady na provoz jednoho stroje jsou 14,25 Kč. Tato suma ovšem nezohledňuje přidanou hodnotu z výroby, výsledná hodnota by byla vyšší o zisk z výroby tohoto uspořenému času.

Tak jako lze pro jednotlivé stroje spočítat hodnotu střední dobu do obnovy funkce (MTTR), lze tento výpočet aplikovat na jednotlivé směny. Tento propoččet byl proveden pro celý rok 2014 a zahrnuje všech pět strojů. Údaje tedy vypovídají o tom, jaký je průměrný čas do obnovy funkce stroje pro jednotlivé směny.

Z obrázku 21 vyplývá, že nejkratšího času dosahuje směna B. Nejdelší čas do obnovy je zaznamenán u směny A. Tyto hodnoty nezohledňují rozložení a náročnost oprav po poruše, které rozhodně nemusí vycházet mezi tři směny rovnoměrně.

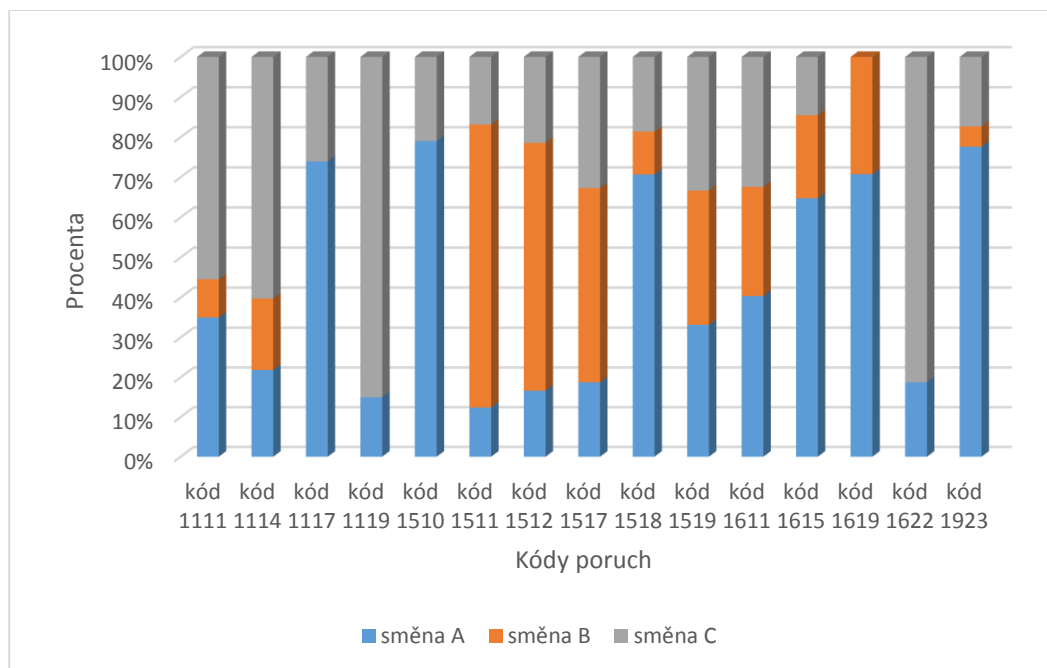
Obr. 21 – Graf času MTTR pro jednotlivé směny (minuty)



Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Pro zjištění závislosti rozložení poruch mezi jednotlivé směny byl sestaven graf, který je na obrázku 22. Obrázek vyjadřuje procentuální podíl celkového stráveného času na daných opravách za rok 2014, mezi jednotlivé směny. Toto rozložení je provedeno bez ohledu na počet poruch dané opravy. Na tomto obrázku nejsou zohledněny poruchy, které zabírají méně jak jedno procento z celkového času údržby po poruše. Tyto poruchy s nejnižší četností bylo možné zanedbat pro jejich nízký vliv.

Obr. 22 – Rozložení poruch mezi jednotlivé směny

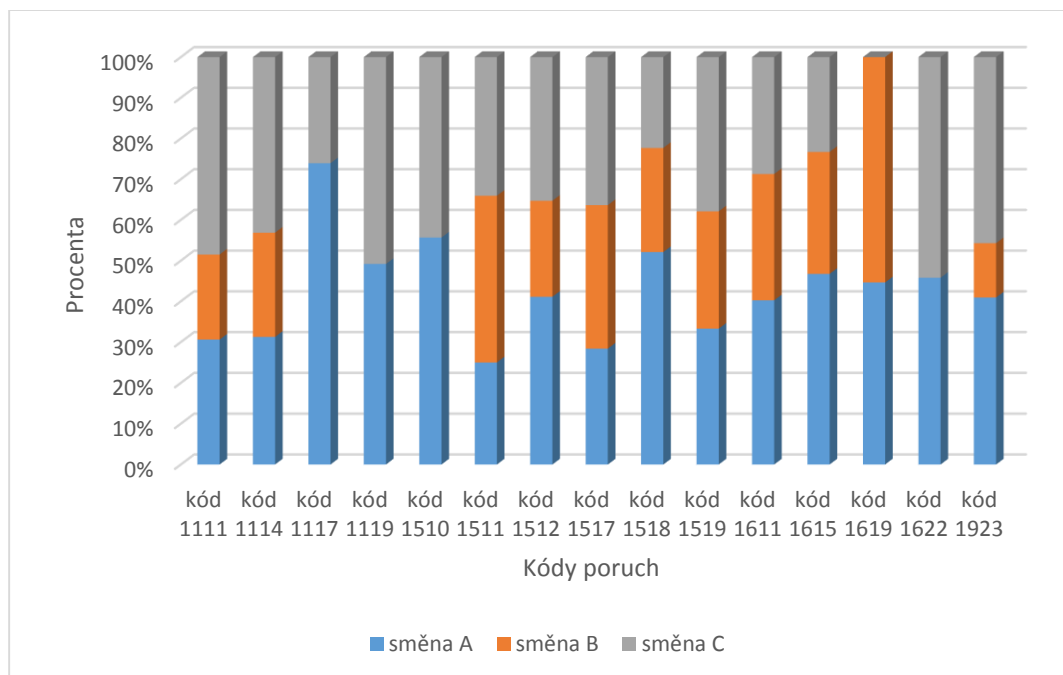


Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Z obrázku je patrné, že rozložení poruch mezi jednotlivé směny není během roku pravidelné. Pouze nejčastější oprava s kódovým označením 1519 a oprava s označením 1611 je rozložena pravidelně mezi tyto tři směny. Vzhledem k veliké rozmanitosti programu výrobní linky každého stroje je rozložení poruch mezi směny nepravidelné.

Pro tyto poruchy bylo provedeno porovnání, kde byla posouzena průměrná doba jedné opravy napříč směnami. Obrázek 23 vyjadřuje procentuální vyjádření doby jedné opravy, kdy ideální stav představuje vyvážené zastoupení všech tří směn. Na obrázku 23 je znázorněna průměrná doba jedné opravy pro každou poruchu. Z obrázku lze usoudit, že ne všechny poruchy byly řešeny všemi směnami. Směna B z tohoto porovnání vychází jako méně vytížená, jelikož některé typy poruch nemusela za svou pracovní dobu řešit.

Obr. 23 – Porovnání průměrné doby opravy



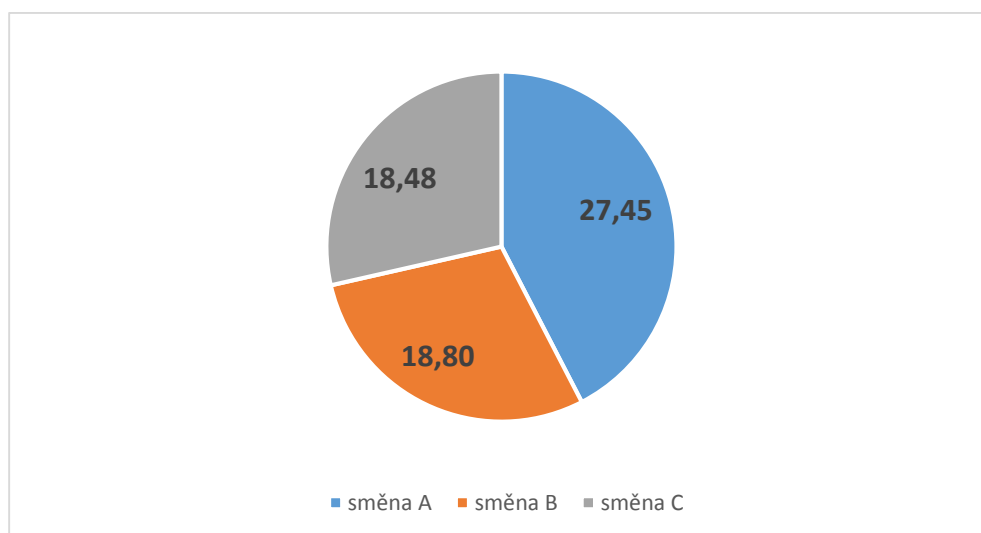
Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Z obrázku 23 je také patrný výrazný rozdíl průměrné doby jedné opravy mezi směnou A a směnou B. Významný rozdíl mezi těmito dvěma směnami lze pozorovat například u oprav s kódovým označením 1923 a 1518. Vedení údržby by se mělo zaměřit na příčiny tohoto stavu a udělat kroky ke zlepšení směny A.

Pro bližší zjištění výkonnosti směn, bylo provedeno porovnání mezi směnami pro sedm poruch, které jsou z časového hlediska oprav nejnáročnější. Tyto poruchy vycházejí z tabulky 6 a představují 68,15 % z celkového času věnovanému opravám po poruše. Omezení výpočtu jen na těchto sedm poruch poskytuje přesnější náhled na využití směn pro tyto nejkritičtější poruchy.

Obrázek 24 zobrazuje střední dobu do obnovy funkce zařízení pro sedm nejčastějších poruch, pro jednotlivé směny. V nejhorší pozici se nachází směna A, při průměrném času 27,5 minut do obnovy funkce zařízení po poruše. Směna B a C dosahuje téměř stejného průměrného času pro tyto poruchy a to přibližně 19 minut.

Obr. 24 – Graf MTTR pro jednotlivé směny pro sedm poruch (minuty)



Zdroj: (zpracováno autorem na základě poskytnutých dat společnosti)

Při úvaze, kdy by směna A zlepšila svůj průměrný čas na hodnoty dosahované směny B a C, bylo by možné ušetřit ztráty ze zastavené výroby ve výši 12 440 Kč za rok. Vstupními údaji pro tuto částku jsou minutové náklady na provoz stroje a počet sedmi nejčastějších poruch na danou směnu. Pro směnu A bylo za celý rok zaznamenáno 97 poruch. Minutové náklady na provoz jednoho stroje jsou 14,25 Kč. Ušetřená suma ovšem nezohledňuje přidanou hodnotu z výroby, výsledná hodnota by byla vyšší o zisk z výroby uspořenému času.

7 Závěr

Tato diplomová práce se věnuje problematice měření technické využitelnosti CNC strojů v nepřetržitém provozu. Práce byla prováděna v podniku Johnson Controls Roudnice nad Labem a zabývá se využitím získaných dat z provozu údržeb CNC strojů, které slouží pro střihání dílů autopotahů. Tyto díly jsou následně ručně zpracovávány.

V první části práce je v literární rešerši nastíněna problematika postavení údržby v podniku. Dále jsou vymezeny koncepce managementu jakosti a podrobněji je popsána koncepce systému TPM. Zásadami této koncepce se podnik Johnson Controls pečlivě řídí. V rámci koncepce TPM je v této části práce přiblížena metodika výpočtu celkové efektivity zařízení (OEE) a způsob sběru dat pro tento výpočet. V poslední části literární rešerše je popsáno stanovení parametrů MTBF a MTTR.

V návrhu systému měření je krátké představení podniku a stroje, na který je tato práce zaměřena. Dále jsou uvedeny předpoklady a výchozí údaje pro stanovení hodnot dostupnosti zařízení, hodnot MTBF a MTTR. Pro znázornění důležitosti jednotlivých kategorií poruch je využito Paretova diagramu s kumulativním vyjádřením četnosti poruch. V následující části práce jsou uvedeny dílčí ukazatele efektivity jako je časový úbytek ztrát v provozu a četnost údržeb po poruše pro jednotlivé stroje. Data pro vyhodnocení těchto ukazatelů byla získána pomocí systému MCS, který zaznamenává veškeré údaje o provedených údržbách. Data ze zápisu údržeb je možné importovat tabulkového procesoru Excel. Pomocí základních funkcí, jako je kontingenční tabulka, sumarizace a filtrace dat, lze zjistit dílčí ukazatele efektivity údržby.

Do budoucna je doporučeno zaměřit pozornost na zjištěné nejčastější poruchy se snahou zajistit jejich příčiny a následně je eliminovat na minimum. Během roku 2014 se v provozu vyskytlo celkem 559 poruch, které byly rozděleny do 33 skupin, podle kódování práce mechanika. Při celkovém počtu 33 typů poruch, tedy zaujmají první tři poruchy 44,71 % z celkového času oprav. Podle Paretova pravidla platí, že 44,71 % celkového času oprav je zapříčiněno pouze 9,09 % poruch.

V technicko – ekonomickém zhodnocení jsou porovnávány směny údržbářů mezi sebou. Dále je posuzován vliv jednotlivých směn na chod strojů a na celkové prostoje. Součástí technicko – ekonomického zhodnocení jsou předpoklady pro zlepšení efektivnosti jednotlivých směn.

Jako další doporučení pro vedení údržby je zlepšení časů příchodu k poruchám, kde směna A a C vykazuje podstatně delší časový úsek příchodu k poruše, než dosahuje směna B. Směna B má průměrnou dobu reakce na jednu opravu přibližně šest minut. Ostatní dvě směny mají průměrnou dobu reakce směřující k deseti minutám. Při vyrovnání času příchodu na úroveň směny B, by bylo možné ušetřit 20 380 Kč ročně. Tato suma nezohledňuje přidanou hodnotu z výroby. Výsledná suma by byla vyšší o zisk z výroby tohoto uspořenému času.

Dalším doporučením je důslednější trénink v údržbě pro směnu A. Nejčastějších sedm poruch na pracovišti vykazují pro směnu A podstatně větší časovou zátěž, než je tomu tak u směny B a u směny C. Směna A má průměrný čas do obnovy funkce zařízení po poruše 27,5 minut. Směna B a C dosahuje téměř stejného průměrného času pro tyto poruchy a to přibližně 19 minut. Při vyrovnání času do obnovy funkce zařízení na úroveň směn B a C, by bylo možné ušetřit 12 440 Kč. Tato částka by byla vyšší o zisk z výroby uspořenému času.

V práci bylo počítáno především s časovými údaji o provedených údržbářských zásazích. Jedná se o zobrazení a pochopení souvislostí mezi ukazateli efektivnosti údržby. Velmi přínosná je také možnost hodnocení výkonnosti práce jednotlivých směn. Význam pro vedení oddělení údržby má také sledování vazeb mezi četnostmi poruch a jejich rozložení mezi směny v časovém horizontu. Výhodou evidence údržeb a oprav je možnost zpětně vyhledat důvody různých anomálií, které mohou být patrné v průbězích graficky zpracovaných dat.

8 Seznam literatury

- [1] ČSN EN ISO 9000:2005. *Systémy managementu kvality - Základní principy a slovník*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 57. s.
- [2] Jurča, Vladimír, et al. *Možnosti zpracování a využití dat z řízení údržby*. 1. vydání. Praha: Česká společnost pro jakost, 2004. 74 s. ISBN 80-02-01595-9.
- [3] Košturiak, Ján, et al. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vydání. Praha: Alfa Publishing, s.r.o., 2006. 240 s. ISBN 80-86851-38-9.
- [4] Legát, Václav. *Management a inženýrství údržby*. 1. vydání. Praha: Professional Publishing, 2013. 570 s. ISBN 978-80-7431-119-2.
- [5] Legát, Václav, et. al. *Systémy managementu jakosti a spolehlivosti v údržbě*. 1. vydání. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007. 192 s. ISBN 978-80-02-01949-7.
- [6] Legát, Václav, Jurča, Vladimír, et al. *Jakost, spolehlivost a obnova strojů*. 1. vydání. Praha: ČZU v Praze, Technická fakulta, 2006. 222 s. ISBN 80-213-1514-8.
- [7] Mašín, Ivan, Vytlačil, Milan. *Nové cesty k vyšší produktivitě*. 1. vydání. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. 313 s. ISBN 80-902235-6-7.
- [8] Mašín, Ivan, Vytlačil, Milan. *TPM – Management a praktické zavádění*. 1. vydání. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. 251 s. ISBN 80-902235-5-9.
- [9] Mašín, Ivan, Vytlačil, Milan. *Týmová společnost – Podnik v globálním prostředí*. 1. vydání. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1998. 413 s. ISBN 80-902235-2-4.
- [10] Nenadál, Jaroslav. *Moderní management jakosti*. 1. vydání. Praha: Management press, 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [11] Productivity Development Team. *OEE for operators: Overall Equipment Effectiveness*. 1. vydání. New York: Productivity press, 2004. 96 s. ISBN 1-56327-221-0.
- [12] Štůsek, Jaromír, et al. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. 1. vydání. Praha: Beck, 2007. 227 s. ISBN 978-80-7179-534-6.

Sborníky:

[13] Kamenický, Jan. Stanovení spolehlivosti zařízení z provozních dat. In *Spolehlivost tradiční i netradiční*. Materiály z 28. setkání odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007. s 3-7.

[14] Legát, Václav. Vztah mezi kvalitou a spolehlivostí. In *Úvod do spolehlivosti*. Materiály z 54. setkání odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2014. s 4-12.

[15] Legát, Václav. Diagnostika systémů zvyšuje jejich provozní spolehlivost. In *Diagnostika mechanických systémů zvyšuje jejich provozní spolehlivost*. Materiály ze 40. setkání odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2010. s 1-12.

[16] Legát, Václav. Zajištěnost údržby zvyšuje provozní spolehlivost výrobního zařízení. In *Zajištěnost údržby systému management spolehlivost*. Materiály z 36. setkání odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2009. s 1-17.

[17] VINTR, Michal. Analýza požadavků na spolehlivost. In *Specifikace, alokace a optimalizace požadavků na spolehlivost*. Materiály ze 47. semináře odborné skupiny pro spolehlivost. Brno: Česká společnost pro jakost, 2012. s 18-26.

[18] Zajíček, J. - Kamenický, J. Údržba zaměřená na bezporuchovost a její uplatňování v praxi. In *Preventivní údržba zvyšuje bezporuchovost a snižuje riziko*. Materiály z 52. setkání odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2013. s 11-21.

Internetové zdroje:

[19] Ahmad, M. F. *Relationship of TQM and Business Performance with Mediators of SPC, Lean Production and TPM* [online]. Publikováno 2012 [cit. 2015-11-14]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281205094X>.

[20] Bakri, Adnan. *Boosting Lean Production via TPM* [online]. Publikováno 3. 12. 2012 [cit. 2015-2-4]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812051385>.

[21] Kelly, Anthony. *Total productive maintenance: its uses and limitations* [online]. Publikováno 2006 [cit. 2015-3-30]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750669955500308>.

[22] Rodrigues, Marcelo. *Analysis of the fall of TPM in companies* [online]. Publikováno 2006 [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092401360600224X>.

[23] Singh, Ranteshwar. *Overall Equipment Effectiveness (OEE) Calculation – Automation through Hardware & Software Development* [online]. Publikováno 2013 [cit. 2015-2-4]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813000830>.

[24] Singh, Ranteshwar. *Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study* [online]. Publikováno 2013 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813000854>.

Seznam zkratk:

ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci International
OEE	Celková efektivnost zařízení (Overall Equipment Effectiveness)
MCS	Systém volání údržby (Maintenance Calling System)
MTBF	Střední doba provozu mezi poruchami (Mean Time between Failures)
MTTR	Střední doba do obnovy funkce zařízení (Mean Time to Repair)
TPM	Totální produktivní údržba (Total Productive Maintenance)
TQM	Komplexní management jakosti (Total Quality Management)

Seznam tabulek:

<i>Tab. 1 – Faktory ovlivňující prostoje</i>	13
<i>Tab. 2 – Deset kroků k zahájení TPM</i>	23
<i>Tab. 3 – Dostupnost pro jednotlivé stroje a pro celou stříhárnu</i>	35
<i>Tab. 4 – Roční souhrn MTBF, MTTR, ustálené pohotovosti (A) za rok 2014</i>	37
<i>Tab. 5 – Kódové označení poruch</i>	40
<i>Tab. 6 – Roční souhrnná tabulka poruch pro celou stříhárnu</i>	45
<i>Tab. 7 – Přehled časově nejnáročnějších poruch</i>	46
<i>Tab. 8 – Přehled časů pro jednotlivé směny</i>	49

Seznam obrázků:

<i>Obr. 1 – Koncepte managementu jakosti</i>	7
<i>Obr. 2 – Osm pilířů TPM</i>	15
<i>Obr. 3 – Sedm kroků autonomní údržby</i>	18

<i>Obr. 4 – Příklad vizuálního managementu</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 5 – Šest bloků TPM.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 6 – Lectra MX9-4.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 7 – Schéma probíhající výroby</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 8 – Graf dostupnosti pro jednotlivé stroje za rok 2014.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 9 – Graf míry využití pro stříhárnu za rok 2014.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 10 – Závislost parametru MTBF a ustálené pohotovosti za rok 2014.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 11 – Závislost parametru MTTR a ustálené pohotovosti za rok 2014.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 12 – Paretův diagram pro MX9-1</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 13 – Paretův diagram pro MX9-2</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 14 – Paretův diagram pro MX9-3</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 15 – Paretův diagram pro MX9-4</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 16 – Paretův diagram pro MX9-5</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 17 – Paretův diagram pro MX9-1 až MX9-5.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 18 – Graf úbytku časových ztrát v provozu</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 19 – Četnost údržeb po poruše</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 20 – Poměr preventivní údržby, reaktivní údržby a časů reakce.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 21 – Graf času MTTR pro jednotlivé směny (minuty)</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 22 – Rozložení poruch mezi jednotlivé směny</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 23 – Porovnání průměrné doby opravy</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 24 – Graf MTTR pro jednotlivé směny pro sedm poruch (minuty)</i>	<i>53</i>

Přílohy:

Příloha 1 – Vstupní data za měsíc leden

Month	Week	Date	Machine Type	Report Time	Start Time	Finish Time	Mechanic Name	Repair Code
1	2	5.1.2014	MX9-5	5.1.2014 22:49:00	5.1.2014 23:07:00	5.1.2014 23:12:00	Miroslav Hofman	1615
1	2	6.1.2014	MX9-6	6.1.2014 6:28:00	6.1.2014 6:31:00	6.1.2014 6:35:00	Jan Vanek	1519
1	2	6.1.2014	MX9-6	6.1.2014 7:46:00	6.1.2014 7:46:00	6.1.2014 7:52:00	Jan Vanek	1511
1	2	6.1.2014	MX9-2	6.1.2014 15:59:00	6.1.2014 16:00:00	6.1.2014 21:36:00	Tomáš Tuzar	1119
1	2	7.1.2014	MX9-6	7.1.2014 3:12:00	7.1.2014 3:15:00	7.1.2014 3:26:00	Jan Vanek	1519
1	2	7.1.2014	MX9-5	7.1.2014 8:30:00	7.1.2014 8:36:00	7.1.2014 8:38:00	Tomáš Kejval	1519
1	2	7.1.2014	MX9-5	7.1.2014 9:20:00	7.1.2014 9:23:00	7.1.2014 9:52:00	Tomáš Kejval	1512
1	2	7.1.2014	MX9-2	7.1.2014 14:16:00	7.1.2014 14:24:00	7.1.2014 14:32:00	Tomáš Tuzar	1119
1	2	7.1.2014	MX9-5	7.1.2014 17:47:00	7.1.2014 17:52:00	7.1.2014 18:04:00	Tomáš Tuzar	1119
1	2	7.1.2014	MX9-6	7.1.2014 23:21:00	7.1.2014 23:23:00	8.1.2014 1:12:00	Miroslav Hofman	170
1	2	8.1.2014	MX9-5	8.1.2014 3:24:00	8.1.2014 3:38:00	8.1.2014 3:43:00	Bohumír Ritter	1512
1	2	8.1.2014	MX9-6	8.1.2014 17:33:00	8.1.2014 17:36:00	8.1.2014 17:43:00	Tomáš Tuzar	1519
1	2	8.1.2014	MX9-3	8.1.2014 22:17:00	8.1.2014 22:17:00	9.1.2014 0:09:00	Miroslav Hofman	170
1	2	9.1.2014	MX9-4	9.1.2014 19:20:00	9.1.2014 19:21:00	9.1.2014 19:25:00	Tomáš Tuzar	1611
1	2	10.1.2014	MX9-5	10.1.2014 2:23:00	10.1.2014 2:23:00	10.1.2014 4:19:00	Jan Vanek	1860
1	2	10.1.2014	MX9-6	10.1.2014 10:17:00	10.1.2014 10:19:00	10.1.2014 10:57:00	Tomáš Kejval	1517
1	2	11.1.2014	MX9-4	11.1.2014 6:08:00	11.1.2014 6:08:00	11.1.2014 13:40:00	Tomáš Kejval	5565
1	3	12.1.2014	MX9-5	12.1.2014 22:12:00	12.1.2014 22:25:00	12.1.2014 22:32:00	Jirí Kaplan	1917
1	3	12.1.2014	MX9-4	12.1.2014 23:10:00	12.1.2014 23:13:00	12.1.2014 23:24:00	Tomáš Kejval	1519

1	3	13.1.2014	MX9-5	13.1.2014 10:52:00	13.1.2014 10:53:00	13.1.2014 10:55:00	Tomáš Tuzar	1119
1	3	13.1.2014	MX9-2	13.1.2014 22:37:00	13.1.2014 22:37:00	14.1.2014 0:28:00	Tomáš Kejval	170
1	3	14.1.2014	MX9-4	14.1.2014 10:12:00	14.1.2014 10:13:00	14.1.2014 10:38:00	Tomáš Tuzar	1619
1	3	14.1.2014	MX9-6	14.1.2014 13:52:00	14.1.2014 14:04:00	14.1.2014 14:28:00	Miroslav Hofman	1519
1	3	14.1.2014	MX9-6	14.1.2014 14:52:00	14.1.2014 14:56:00	14.1.2014 14:57:00	Miroslav Hofman	1519
1	3	14.1.2014	MX9-2	14.1.2014 16:13:00	14.1.2014 16:45:00	14.1.2014 16:50:00	Miroslav Hofman	1519
1	3	14.1.2014	MX9-4	14.1.2014 17:35:00	14.1.2014 17:37:00	14.1.2014 17:38:00	Miroslav Hofman	1615
1	3	14.1.2014	MX9-4	14.1.2014 23:01:00	14.1.2014 23:05:00	15.1.2014 1:13:00	Tomáš Kejval	1517
1	3	15.1.2014	MX9-5	15.1.2014 7:19:00	15.1.2014 7:42:00	15.1.2014 7:44:00	Tomáš Tuzar	1517
1	3	15.1.2014	MX9-3	15.1.2014 7:37:00	15.1.2014 7:39:00	15.1.2014 7:42:00	Tomáš Tuzar	1619
1	3	15.1.2014	MX9-3	15.1.2014 8:09:00	15.1.2014 8:19:00	15.1.2014 9:11:00	Tomáš Tuzar	1619
1	3	15.1.2014	MX9-4	15.1.2014 14:13:00	15.1.2014 14:13:00	15.1.2014 15:52:00	Miroslav Hofman	1117
1	3	15.1.2014	MX9-3	15.1.2014 16:15:00	15.1.2014 16:32:00	15.1.2014 16:47:00	Miroslav Hofman	1519
1	3	15.1.2014	MX9-6	15.1.2014 22:18:00	15.1.2014 22:20:00	15.1.2014 22:27:00	Tomáš Kejval	1517
1	3	15.1.2014	MX9-5	15.1.2014 22:49:00	15.1.2014 23:01:00	15.1.2014 23:14:00	Tomáš Kejval	1519
1	3	16.1.2014	MX9-3	16.1.2014 10:46:00	16.1.2014 10:48:00	16.1.2014 11:02:00	Tomáš Tuzar	1615
1	3	16.1.2014	MX9-4	16.1.2014 15:06:00	16.1.2014 15:22:00	16.1.2014 15:41:00	Miroslav Hofman	1117
1	3	17.1.2014	MX9-6	17.1.2014 4:21:00	17.1.2014 4:22:00	17.1.2014 4:27:00	Tomáš Kejval	1519
1	3	17.1.2014	MX9-3	17.1.2014 15:51:00	17.1.2014 15:59:00	17.1.2014 16:28:00	Miroslav Hofman	1622
1	3	18.1.2014	MX9-6	18.1.2014 5:58:00	18.1.2014 5:58:00	18.1.2014 7:58:00	Tomáš Kejval	5261
1	3	18.1.2014	MX9-3	18.1.2014 7:58:00	18.1.2014 7:58:00	18.1.2014 13:41:00	Tomáš Kejval	5163
1	3	18.1.2014	MX9-6	18.1.2014 13:40:00	18.1.2014 13:43:00	18.1.2014 13:44:00	Tomáš Kejval	1922
1	4	19.1.2014	MX9-6	19.1.2014 22:26:00	19.1.2014 22:29:00	19.1.2014 22:30:00	Ladislav Reháč	1519
1	4	20.1.2014	MX9-5	20.1.2014 3:00:00	20.1.2014 3:03:00	20.1.2014 3:14:00	Ladislav Reháč	1923
1	4	20.1.2014	MX9-4	20.1.2014 6:01:00	20.1.2014 6:07:00	20.1.2014 6:41:00	Miroslav Hofman	1117

1	4	20.1.2014	MX9-5	20.1.2014 22:07:00	20.1.2014 22:07:00	21.1.2014 0:04:00	Ladislav Reháček	5861
1	4	21.1.2014	MX9-4	21.1.2014 0:15:00	21.1.2014 0:19:00	21.1.2014 0:45:00	Ladislav Reháček	1923
1	4	21.1.2014	MX9-4	21.1.2014 5:14:00	21.1.2014 5:16:00	21.1.2014 5:26:00	Ladislav Reháček	1923
1	4	21.1.2014	MX9-3	21.1.2014 16:20:00	21.1.2014 16:21:00	21.1.2014 16:24:00	Tomáš Kejval	1519
1	4	21.1.2014	MX9-5	21.1.2014 19:03:00	21.1.2014 19:05:00	21.1.2014 19:15:00	Tomáš Kejval	1517
1	4	22.1.2014	MX9-2	22.1.2014 22:13:00	22.1.2014 22:15:00	23.1.2014 0:15:00	Ladislav Reháček	5861
1	4	23.1.2014	MX9-4	23.1.2014 0:36:00	23.1.2014 0:38:00	23.1.2014 2:43:00	Ladislav Reháček	5860
1	4	23.1.2014	MX9-2	23.1.2014 15:56:00	23.1.2014 15:58:00	23.1.2014 16:02:00	Tomáš Kejval	1519
1	4	23.1.2014	MX9-6	23.1.2014 16:02:00	23.1.2014 16:02:00	23.1.2014 16:07:00	Tomáš Kejval	1517
1	4	23.1.2014	MX9-5	23.1.2014 16:51:00	23.1.2014 16:52:00	23.1.2014 17:06:00	Tomáš Kejval	1517
1	4	23.1.2014	MX9-4	23.1.2014 23:38:00	23.1.2014 23:39:00	23.1.2014 23:42:00	Ladislav Reháček	1615
1	4	24.1.2014	MX9-6	24.1.2014 1:37:00	24.1.2014 1:40:00	24.1.2014 3:42:00	Ladislav Reháček	5861
1	4	24.1.2014	MX9-2	24.1.2014 6:27:00	24.1.2014 6:40:00	24.1.2014 6:50:00	Jaroslav Hocek	1610
1	4	24.1.2014	MX9-2	24.1.2014 7:43:00	24.1.2014 8:03:00	24.1.2014 8:07:00	Jaroslav Hocek	1610
1	4	24.1.2014	MX9-4	24.1.2014 9:50:00	24.1.2014 9:50:00	24.1.2014 9:56:00	Miroslav Hofman	170
1	4	24.1.2014	MX9-2	24.1.2014 9:53:00	24.1.2014 9:59:00	24.1.2014 10:40:00	Miroslav Hofman	1622
1	4	24.1.2014	MX9-5	24.1.2014 10:40:00	24.1.2014 10:41:00	24.1.2014 11:13:00	Miroslav Hofman	170
1	4	24.1.2014	MX9-5	24.1.2014 18:06:00	24.1.2014 18:16:00	24.1.2014 18:22:00	Tomáš Kejval	1922
1	5	27.1.2014	MX9-4	27.1.2014 2:45:00	27.1.2014 2:47:00	27.1.2014 2:55:00	Miroslav Hofman	1119
1	5	27.1.2014	MX9-2	27.1.2014 6:02:00	27.1.2014 6:03:00	27.1.2014 9:45:00	Tomáš Kejval	1517
1	5	27.1.2014	MX9-5	27.1.2014 22:28:00	27.1.2014 22:52:00	27.1.2014 23:21:00	Miroslav Hofman	5561
1	5	27.1.2014	MX9-2	27.1.2014 23:01:00	27.1.2014 23:21:00	28.1.2014 3:08:00	Miroslav Hofman	1517
1	5	29.1.2014	MX9-4	29.1.2014 1:12:00	29.1.2014 1:15:00	29.1.2014 1:27:00	Miroslav Hofman	1110
1	5	29.1.2014	MX9-5	29.1.2014 2:33:00	29.1.2014 2:34:00	29.1.2014 2:39:00	Miroslav Hofman	1519
1	5	29.1.2014	MX9-2	29.1.2014 3:26:00	29.1.2014 3:39:00	29.1.2014 5:36:00	Miroslav Hofman	1114

1	5	29.1.2014	MX9-2	29.1.2014 6:03:00	29.1.2014 6:05:00	29.1.2014 6:10:00	Tomáš Kejval	1922
1	5	29.1.2014	MX9-6	29.1.2014 17:26:00	29.1.2014 17:30:00	29.1.2014 17:44:00	Ladislav Reháček	1110
1	5	30.1.2014	MX9-6	30.1.2014 3:53:00	30.1.2014 4:06:00	30.1.2014 4:11:00	Miroslav Hofman	1511
1	5	30.1.2014	MX9-5	30.1.2014 14:07:00	30.1.2014 14:08:00	30.1.2014 14:10:00	Ladislav Reháček	1922
1	5	30.1.2014	MX9-6	30.1.2014 20:05:00	30.1.2014 20:15:00	30.1.2014 20:31:00	Ladislav Reháček	1519
1	5	30.1.2014	MX9-6	30.1.2014 20:36:00	30.1.2014 20:51:00	30.1.2014 21:22:00	Ladislav Reháček	1519
1	5	30.1.2014	MX9-2	30.1.2014 23:31:00	30.1.2014 23:33:00	31.1.2014 1:37:00	Miroslav Hofman	5560
1	5	31.1.2014	MX9-2	31.1.2014 16:44:00	31.1.2014 17:00:00	31.1.2014 17:04:00	Tomáš Tuzar	1119