



Technická fakulta

**Měření celkové efektivity zařízení CEZ
ve vybrané organizaci**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Zdeněk Aleš, Ph.D.

Vypracoval: Bc. Adam Pecha

PRAHA 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Adam Pecha

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Měření celkové efektivity zařízení CEZ ve vybrané organizaci

Název anglicky

Measurement of overall equipment effectiveness OEE in a chosen organization

Cíle práce

Cílem práce bude ve vybrané společnosti implementovat měření celkové efektivity zařízení CEZ na konkrétní výrobní zařízení.

Metodika

- 1)Úvod
- 2)Rozbor současného stavu
- 3)Cíl práce a metodika
- 4)Vlastní práce
- 5)Zhodnocení výsledků a doporučení
- 6)Závěr

Doporučený rozsah práce

50 – 60

Klíčová slova

celková efektivita zařízení, údržba po poruše, šest velkých ztrát

Doporučené zdroje informací

- JURAN, J a Joseph A DE FEO. Juran's quality handbook: the complete guide to performance excellence. 6th ed. New York: McGraw Hill, 2010, xxi, 1113 p. ISBN 007162934.
- LEGÁT, Václav a kol. Systémy managementu jakosti a spolehlivosti v údržbě. 1. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007. ISBN 978-800-2019-497.
- LEGÁT, Václav. Management a inženýrství údržby. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2013, 570 s. ISBN 978-80-7431-119-2.
- MYKISKA, Antonín. Bezpečnost a spolehlivost technických systémů. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-010-2868-2.
- NENADÁL, Jaroslav. Moderní management jakosti: principy, postupy, metody. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008, 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- SMITH, Anthony M a Glenn R HINCHCLIFFE. RCM: gateway to world class maintenance. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, c2004, xxiii, 337 p. ISBN 07-506-7461-X.
- STAMATIS, D. The OEE primer: understanding overall equipment effectiveness, reliability, and maintainability. Boca Raton, [FL]: CRC Press, c2010, xxxv, 466 p. ISBN 14-398-1406-6.
- YANG, Guangbin. Life cycle reliability engineering. Hoboken, N.J.: John Wiley, c2007, xiii, 517 p. ISBN 04-717-1529-8.
- ZAAL, Tim. Profit-driven maintenance for physical assets. Second edition. S.l.: Maj Engineering Publishin, 2011. ISBN 978-907-9182-107.
-

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Aleš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 8. 2. 2016

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 25. 06. 2016

Prohlášení:

„Prohlašuji, že jsem diplomovou/bakalářskou práci na téma: Měření celkové efektivity zařízení CEZ ve vybrané organizaci vypracoval/a samostatně a použil/a jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom/a, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom/a, že moje bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom/a že, na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze

Podpis

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Zdeňkovi Alešovi, Ph.D. za odborné rady, konzultace a komentáře důležité pro úspěšné dokončení této práce. Také bych chtěl poděkovat své rodině za podporu a toleranci při studiu na vysoké škole a za poskytnuté informace a doporučení děkuji výrobnímu managerovi v TRW Carr, s.r.o. Stará Boleslav panu Kamilovi Bořeckému.

Měření celkové efektivity zařízení CEZ ve vybrané organizaci

Abstrakt: Hlavním cílem této diplomové práce byla optimalizace efektivity výrobní linky ve zvolené organizaci pomocí implementace měření celkové efektivity zařízení (CEZ). V první polovině diplomové práce je uvedena teoretická část, která popisuje metodiku zavedení, výpočtu a využití nástroje pro celkovou efektivitu zařízení. K teoretické části jsou připojeny často používané kvalitativní metody a nástroje. V druhé, praktické části, autor seznamuje čtenáře s vybranou organizací, produktem a měřenou výrobní linkou a postupně přechází k výpočtu ukazatele efektivity zařízení. Podle výsledků dále podrobně analyzuje negativní vlivy nejvíce ovlivňující efektivitu a navrhuje jejich řešení. Dílčím výsledkem práce je také návrh kontinuálního měření a automatického vyhodnocování ukazatele efektivnosti CEZ.

Klíčová slova: celková efektivita zařízení, údržba po poruše, šest velkých ztrát.

Measurement of overall equipment effectiveness OEE in a chosen organization

Abstract: The aim of the diploma thesis was optimization of efficiency production line in chosen organization by implementation of OEE method. The first part of thesis is defined by theoretical introduction including ways of implementation, calculation and utilization of Overall Equipment Effectiveness tool. To theoretical part are added often used quality methods and tools. In second part of diploma thesis author is acquainting with chosen company, product and measured production line. After that, author is showing the results of OEE calculation during measured period. According to results, author deeply analyzing the causes which are influencing the efficiency of line and suggesting the solutions. Next part-result of thesis is suggestion of continually measuring and evaluation system of OEE indicators.

Keywords: overall equipment effectiveness, maintenance after defect, six big losses.

OBSAH

OBSAH	
SEZNAM OBRÁZKŮ	
SEZNAM TABULEK	
SEZNAM GRAFŮ	
SEZNAM ZKRATEK	
1 ÚVOD	1
2 ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU	2
2.1 DEFINICE, CHARAKTER A VYUŽITÍ UKAZATELE CELKOVÉ EFEKTIVITY ZAŘÍZENÍ	2
2.2 KONSTRUKCE VÝPOČTU UKAZATELE CELKOVÉ EFEKTIVITY ZAŘÍZENÍ	10
2.3 VÝPOČET UKAZATELE CELKOVÉ EFEKTIVITY ZAŘÍZENÍ	14
2.4 KROKY V ZAVEDENÍ KONCEPTU CELKOVÉ EFEKTIVITY ZAŘÍZENÍ A JEJÍ ZVYŠOVÁNÍ	16
2.5 NÁSTROJE CELKOVÉ EFEKTIVITY ZAŘÍZENÍ	17
2.6 UKAZATELE ODVOZENÉ OD CELKOVÉ EFEKTIVITY ZAŘÍZENÍ	19
2.7 UPLATŇOVÁNÍ CEZ V PŘÍSTUPECH ŘÍZENÍ KVALITY	23
2.7.1 Štíhlá výroba „Lean“	23
2.7.2 Six Sigma	23
2.7.3 Kaizen	24
2.7.4 Reengineering	24
2.7.5 Paretova analýza	25
2.7.6 Vývojový diagram	26
2.7.7 Ishikawův diagram	26
3 METODIKA A CÍLE	28
4 VLASTNÍ PRÁCE	29
4.1 TRW CARR S.R.O. STARÁ BOLESLAV	29
4.2 NAVIJÁK S AKTIVNÍ KONTROLOU ACR2 (ACTIVE CONTROL RETRACTOR)	30
4.3 VÝROBNÍ LINKA NAVIJÁKŮ N31	31
4.3.1 Šroubování motoru (N31-01)	33
4.3.2 Montáž pohonné jednotky (N31-02)	34
4.3.3 Montáž fixační příčky (N31-03)	34
4.3.4 Montáž rohatky a kolíčku (N31-04)	34
4.3.5 Montáž držáku navijáku (N31-05a, b)	35
4.3.6 Navíjení pružinové kazety (N31-06)	36
4.3.7 Montáž spojky (N31-07)	37
4.3.8 Lisování přidržovače („Downholder“, N31-08)	37
4.3.9 Montáž roznětky SLL2.1 (N31-09)	38
4.3.10 Montáž sestavy senzoru (N31-10)	38
4.3.11 Montáž sensorové krytky (N31-11)	39
4.3.12 Nýtování konzole („Bracketu“, N31-12)	39
4.4 VÝCHOZÍ STAV VÝROBNÍ LINKY	40
4.5 MĚŘENÍ A SBĚR DAT	41

4.6	VYHODNOCENÍ EFEKTIVITY ZAŘÍZENÍ BĚHEM MĚŘENÉHO OBDOBÍ	42
4.6.1	<i>Výpočet CEZ výrobní linky</i>	42
4.6.2	<i>Diagram příčin a následků analyzované výrobní linky</i>	44
4.6.3	<i>Analýza hlavních příčin prostojů</i>	45
4.7	VÝKONNOST A KVALITA VÝROBNÍ LINKY	46
5	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A DOPORUČENÍ	49
5.1	ZVÝŠENÍ CELKOVÉ EFEKTIVNOSTI ZAŘÍZENÍ	49
5.2	NÁVRH ZAVEDENÍ POSTUPU NEUSTÁLÉHO MĚŘENÍ CEZ	49
6	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	
	PŘÍLOHA	

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1 - ZTRÁTY PŘI VÝROBĚ	3
OBRÁZEK 2 - DRUHY ZTRÁT.....	4
OBRÁZEK 3 - VZTAH MEZI OEE, JEHO DÍLČÍMI UKAZATELI A ZTRÁTAMI (PLÝTVÁNÍM).....	5
OBRÁZEK 4 - PILÍŘE OEE	7
OBRÁZEK 5 - ROZKLAD CELKOVÉ DISPONIBILNÍ DOBY	11
OBRÁZEK 6 - PŘÍKLAD VIZUALIZACE POMOCÍ NÁSTROJE	18
OBRÁZEK 7 - POKRYTÍ ZTRÁT VE VÝROBĚ UKAZATELI EFEKTIVNOSTI	19
OBRÁZEK 8 - OSM FÁZÍ PŘI ZAVÁDĚNÍ SIX SIGMA	24
OBRÁZEK 9 – GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ ROZDÍLŮ 2 METOD ZLEPŠOVÁNÍ	25
OBRÁZEK 10 - PARETOVA ANALÝZA A LORENZOVA KŘIVKA	26
OBRÁZEK 11 - RYBÍ KOST - ISHIKAWŮV DIAGRAM	27
OBRÁZEK 12 - ORGANIZAČNÍ STRUKTURA TRW CARR S.R.O. STARÁ BOLESLAV	30
OBRÁZEK 13 - PÁSOVÝ NAVIJÁK ACR2.....	31
OBRÁZEK 14 - LAYOUT NAVIJÁKOVÉ VÝROBNÍ LINKY N31.....	32
OBRÁZEK 15 - MONTÁŽ A ŠROUBOVÁNÍ MOTORU DO POHONNÉ JEDNOTKY + SKLÁDÁNÍ SPOJKY S OZUBENÝMI KOLY A KRYTKOVÁNÍ	33
OBRÁZEK 16 - MONTÁŽ FIXAČNÍ PŘÍČKY, KROUŽKU, ROHATKY, PINU A PRUŽINOVÉHO STŘEDU	35
OBRÁZEK 17 - MONTÁŽ DRŽÁKU NAVIJÁKU K POHONNÉ JEDNOTCE A NAVÍJENÍ PRUŽINOVÉ KAZETY.....	36
OBRÁZEK 18 - MONTÁŽ SESTAVY SPOJKY, LISOVÁNÍ PŘIDRŽOVAČE A INSTALACE ROZNĚTKY SLL2.1.....	37
OBRÁZEK 19 - MONTÁŽ SESTAVY SENZORU VČETNĚ MONTÁŽE KRYTKY SE SENZOREM NA NAVIJÁK	38
OBRÁZEK 20 - NÝTOVÁNÍ KONZOLE NAVIJÁKU	39
OBRÁZEK 21 - ISHIKAWŮV DIAGRAM SOUČINITELE POKRYTOSTI LINKY N31.....	44

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1 - VÝROBNÍ ČASY SMĚN LINKY N31	40
TABULKA 2- ROZDĚLENÍ SLOUPCŮ ŠABLONY PRO SBĚR DAT Z VÝROBNÍ LINKY	42
TABULKA 3 – PROMĚNNÉ DÍLČÍ DOBY ZA OBDOBÍ SBĚRU DAT PRO VÝPOČET CEZ	43
TABULKA 4 - VÝSLEDKY VÝPOČTU UKAZATELŮ A CELKOVÉ EFEKTIVITY LINKY	44

SEZNAM GRAFŮ

GRAF 1 – VLIV JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ LINEK NA CELKOVOU MÍRU PROSTOJŮ LINKY N31	45
GRAF 2 – ANALÝZA VLIVU JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍ PŘÍČIN NA PROSTOJE LINKY	46
GRAF 3 - PRODUKTIVITA SMĚN BĚHEM MĚŘENÉHO OBDOBÍ.....	47
GRAF 4 – PODÍL VYRÁBĚNÝCH PLATFORM BĚHEM MĚŘENÉHO OBDOBÍ	47
GRAF 5 - PRODUKTIVITA DLE PLATFORM	48
GRAF 6 - PODÍL SMĚN NA NESHODNÝCH VÝROBCÍCH BĚHEM MĚŘENÉHO OBDOBÍ	48
GRAF 7 - VÝVOJOVÝ DIAGRAM NAČTENÍ A UKONČENÍ ODPOČTU PROSTOJE POMOCÍ DOCHÁZKOVÉHO TERMINÁLU	51

SEZNAM ZKRATEK

A pohotovost

F poruchovost

Q kvalita

M preventivní údržby, přestavování a seřizování

OAE celková aktiva efektivity (Overall Asset Effectiveness)

OPE celková účinnost produkce (Overall Production Effectiveness)

OEE Celková efektivita zařízení (Overall Equipment Effectiveness)

OEE-DTM systém (Overall Equipment Efficiency – Downtime Management).

P výkonnost

PEE účinnost výrobního zařízení (Production Equipment Efficiency)

PSE je podpora účinnosti produkce (Product Support Efficiency),

OU je provozní užitečnost (Operating Utility),

t_{cdv} Čistá doba výroby

t_{hrv} Hrubá doba výroby

t_{dis} Disponibilní doba

t_{nep} Nepožadovaná doba

t_{nv} Doba výroby neshodných výrobků

t_{lp} Doba logistických prostožů

t_{op} Doba organizačních prostožů

t_{pol} Provozní doba bez organizačních a logistických prostožů

t_{pro} Provozní doba

t_{ps} Doba přestavování a seřizování

t_{pu} Doba preventivní údržby

t_{vyr} Doba výroby

t_{vyv} Využitelná doba výroby

1 ÚVOD

V současnosti je nejen v automobilovém průmyslu kladen vysoký důraz na zamezení zbytečného plýtvání materiálem i časem, zvyšování výkonnosti při maximální spolehlivosti a minimalizaci počtu neshodných výrobků. Předmětem předkládané diplomové práce je tedy seznámení čtenáře s nástroji a metodikami pro zlepšení a maximální využití všech okolností k co nejdokonalejšímu sledování a analyzování činnosti jednotlivých zařízení a celků.

V souladu se zadáním této práce je využit pro sledování a posuzování efektivity nástroj známý jako CEZ, tedy celková efektivita zařízení. K praktické aplikaci zmínovaného nástroje byla zvolena organizace TRW Carr, s.r.o. ve Staré Boleslavi, která se zabývá výrobou sestav pásových navijáků a zámků s kotevními držáky pro většinu automobilových značek. Ke sledování a optimalizaci původního stavu byla zvolena nejvytíženější moderní výrobní linka sestav navijáků.

V teoretické části práce je představena definice, charakter a využití celkové efektivity zařízení, na to navazuje konstrukce výpočtu ukazatele CEZ. Dále následují obecné kroky směřující k zavedení konceptu měření ukazatele a činnosti nezbytné pro jeho zavedení včetně různých přidružených a odvozených nástrojů a ukazatelů, které obecnou podstatu principu metody celkové efektivity zařízení rozšiřují, nebo naopak zjednodušují. K metodice CEZ se často využívají známé kvalitativní posuzovací nástroje a metodiky jakosti, které jsou převzaté z předešlé bakalářské práce autora ohledně používaných metod jakosti v automobilovém průmyslu.

Vlastní práce začíná úvodním seznámením čtenáře s organizací TRW Carr, s.r.o., a její historií, produktem a předmětem měřené výrobní linky, nejs sofistikovnějšího pásového navijáku s aktivní kontrolou a předepínačem. Rovněž je představena měřená linka jako celek, včetně rozboru postupu práce jednotlivých stanovišť. V dalších kapitolách je popsán předmět práce a odpovědností jednotlivých pracovníků výroby, kteří se přímo podílejí na její efektivitě. Následně je popsán sběr dat v měřeném období a jejich vyhodnocení pomocí výpočtu CEZ dle teoretické části a analýz nejužších míst. Na základě výsledků měření je v posledních kapitolách poukázáno na podněty ke zlepšení efektivity linky, a to prostřednictvím návrhu způsobu kontinuálního sběru dat, rychlého výpočtu a vyhodnocení celkové efektivity zařízení nejenom měřené linky.

2 ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU

2.1 Definice, charakter a využití ukazatele celkové efektivity zařízení

Celková efektivita zařízení, ve zkratce CEZ (anglicky *Overall Equipment Effectiveness*, zkratka OEE), představuje kvantitativní index měřící výkon výrobních zařízení [1].

Ve své podstatě se jedná o koeficient, který danou výkonost hodnotí s přihlédnutím k jakosti a dostupnosti. Celková efektivita (dále již jen OEE) zařízení by měla zcela a efektivně využít ve výrobním procesu čas, materiál a zařízení [2].

OEE lze považovat za ukazatele, který je mezinárodně uznáván k hodnocení výroby. Má proměnnou hodnotu. Optimálně má hodnota OEE charakter nárůstu. Ke stanovení dané hodnoty OEE se využívají u výrobního zařízení tři faktory, jedná se o dostupnost, kvalitu a rychlost. Hodnota ukazatele vyjadřuje, za jakou dobu je dané výrobní zařízení schopno produkce maximálního počtu jakostních výrobků bez ztráty výkonu. [3]

Reálný přínos, který přináší OEE představuje příležitosti podniku k vytvoření jeho budoucího perspektivního růstu, bez toho, aby podnik musel vydat velké kapitálové investice. Neboť OEE měří technickou úroveň a kapacitu využití výrobního zařízení, na základě kterého lze posoudit účinnost využití daných aktiv jako přidané hodnoty pro podnik a provést analýzu všech zdrojů přinášejících ztrátu kapacity, bez ohledu na jejich původ. [4]

OEE se využívá pro daný výrobní proces s cílem jeho optimalizace, resp. nalezení potenciálu pro zlepšení. Avšak je třeba mít na paměti, že univerzální postup pro OEE neexistuje, neboť se od sebe jednotlivé výrobní procesy i výrobní zařízení odlišují. Měření pomocí OEE lze použít na různých úrovních v rámci výrobního prostředí, neboť se měří počáteční výkon celého výrobního závodu, který vytváří měřítko pro řízení rozhodování či lze hodnoty OEE počítat pro jednu výrobní linku a následně jsou použity k porovnání výkonnosti, čímž se zdůrazňuje žádný špatný výkon linky. V této souvislosti je OEE čím

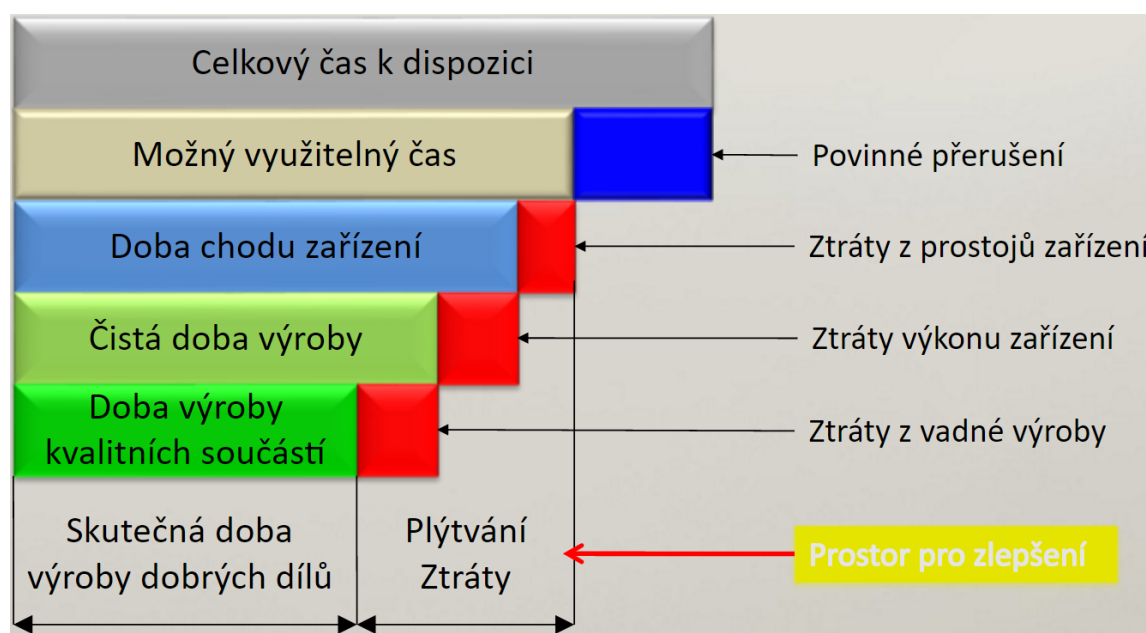
dál více používán v průmyslu, a to především jako eliminace, resp. forma efektivního řešení tzv. velkých ztrát. [5]

V souvislosti s OEE lze velké ztráty rozdělit do tří následujících kategorií [6] [7]:

- ❖ prostoje – ztráty charakteru poruch vyplývající z chyb na zařízení, ztráty v rámci nastavení výrobního zařízení či čekání na prvky výroby;
- ❖ ztráty rychlosti (výkonu) – nesoulad naplánované a skutečné rychlosti výrobního zařízení, nečinnost a přestávky;
- ❖ chyby – ztráty v důsledku oprav při nekvalitní produkci (neshodné výrobky a nedostatky v kvalitě produkce), ztráty způsobené rozběhem produkce.

Obrázek 1 ilustruje ztráty při výrobě a potenciál pro zlepšení. Jak je z daného obrázku patrné, celkový čas je tvořen možným využitelným časem a povinnými přerušeními výroby, které tvoří plánové odstávky, jako je např. ekonomická závěrka, plánované údržby a servisní práce. Někdy se pro možný využitelný čas používá i termín plánovaná doba provozu, kterou lze definovat právě jako dobu provozu výrobního zařízení sníženou o celkovou možnou dobu provozuschopnosti s plánovanými odstávkami. Skutečná doba kvalitní výroby a doba, při níž se řeší ztráty a plýtvá se časem, tvoří fond možného využitelného času pro výrobu. Řešení možných ztrát, pak přináší prostor pro zlepšení výroby. [8]

Obrázek 1 - Ztráty při výrobě



Zdroj: [8]

Jak je z daného jistě zjevné, dané ztráty je potřeba řešit. Daná problematika je většinou řešena systematicky, postupuje se od řešení hlavních ztrát na výrobních zařízeních. Tyto ztráty se zjišťují v podniku především formou sledování. Pečlivě se zaznamenávají veškeré prostoje a vyhodnocují se v rámci časových intervalů. Z daných výsledků se pak vypočítává OEE. Obrázek 2 nabízí přehled možných druhů ztrát při výrobě na zařízeních. Jak je z daného patrné, kromě hlavních ztrát, lze identifikovat i ztráty vedlejší. [9]

Ztráty představují obecně činnosti, které nevytvářejí podniku hodnoty. Ztráty lze rozdělit podle jejich četnosti výskytu, jejich příčiny a různé typy. Stejně tak v souvislosti s OEE se v literatuře lze setkat s dělením na tzv. šest velkých ztrát, které představují: poruchy a výpadky zařízení, nastavování a seřizování, nečinnost zařízení a krátké přestávky; neshody a opravy, ztráty rychlosti, ztráty při spouštění. [4] [10]

Obrázek 2 - Druhy ztrát



Zdroj: [9]

Vztah mezi OEE a ztrátami (plýtváním) ilustruje obrázek 3. Jak tento obrázek dokládá, existuje určitá souvislost mezi ztrátami a jednotlivými druhy ztrát a prostojů, které jsou z hlediska podniku plýtváním, neboť tyto činnosti v čase nepřinášejí žádnou hodnotu pro podnik. U dostupnosti se jedná zejména o prostoje v případě nedostupnosti či nepřipravenosti výrobního zařízení v důsledku možných neplánovaných oprav a údržby, nepřipravenosti vstupů, které nejsou na své místě či obdobných čekání, jako je čekání při poškození výrobního nástroje, Z hlediska výkonnosti lze identifikovat zejména ztráty rychlosti (výkonu) při zbytečných činnostech či nesprávně nastavených procesech, stejně

jako při čekání, ve kterých je např. přerušena plynulá výroba z důvodu zaseklých vstupů ve výrobním zařízení. Z hlediska kvality lze identifikovat plýtvání zejména ve výrobě nekvalitního produktu, tedy toho co neodpovídá stanovenému standardu výroby. Tyto výrobky vyžadují zejména opravu, případně přepracování. Stejně tak se na prostojích z hlediska kvality podílejí opravy při chybném nastavení či montáži výrobního zařízení. Zároveň při náběhu výrobního zařízení do provozu se stává, že u některých výrobních zařízení dochází k výrobě nekvalitní produkce. [8] [10]

Obrázek 3 - Vztah mezi OEE, jeho dílčími ukazateli a ztrátami (plýtváním)

		OEE		
		Dostupnost	Výkonnost	Kvalita
7 druhů plýtvání	Nadvýroba			
	Zásoby			X
	Transport	X		X
	Čekání	X	X	
	Opravy	X		X
	Zbytečné procesy		X	
	Zbytečné pohyby		X	

Zdroj: [8]

V této souvislosti je dobré zmínit, že v některých odborných publikacích lze nalézt základní rozdělení druhů ztrát v podniku v následujícím členění [10]:

- ❖ ztráty plánované – preventivní údržba, testy, zákonné přestávky apod.;
- ❖ výkonové ztráty – nesprávné nastavení výrobních zařízení, selhání apod.;
- ❖ ztráty z důvodu nekvality výroby – nepřesnost výroby, nekvalitní vstupy, opakované zařazení do výroby apod.;
- ❖ operační ztráty – změna produkce, nastavování a přenastavování výrobních zařízení, úzká místa, výpadky apod.

Jak je patrné, rozdělení ztrát v tomto případě je přímo úměrné činností souvisejícím s dílčími ukazateli a s povinnými prostoji. Všechny tyto prostoje představují pro podnik zbytečné ztráty, které je potřeba identifikovat a eliminovat. Snížení těchto prostojů vede ke zvýšení výrobních kapacit v podniku.

V této souvislosti lze OEE lze považovat za jeden z nejdůležitějších a nejúčinnějších klíčových výkon ukazatele (KPI) pro měření výkonnosti. Jako nástroj se využívá v rámci koncepce, která se nazývá TPM. Zkratka TPM vznikla z anglického výrazu *Total Productive Maintenance*, který se v češtině objevuje pod názvem celková produktivní údržby či totálně produktivní údržba (dále jen TPM). Dále se OEE uplatňuje v přístupech řízení kvality, jako je tzv. Štíhlá výroba, Six Sigma nebo Kaizen, a to i přesto, že původně byla využita jen pro koncepci TPM. TPM lze chápat jako kultura, která má za cíle zlepšit výrobní systém a lidské zdroje. [11]

U koncepce TPM je důraz kladen především na celkové využití výrobního zařízení. Lidské zdroje by měly být schopny evidence abnormalit a jejich nápravy, případně zamezit další opakování daných abnormalit a zajistit podmínky pro efektivní činnost výrobních zařízení, dodržovat výrobní dostupy a případnou nekvalitní produkci rychle odstranit. [12]

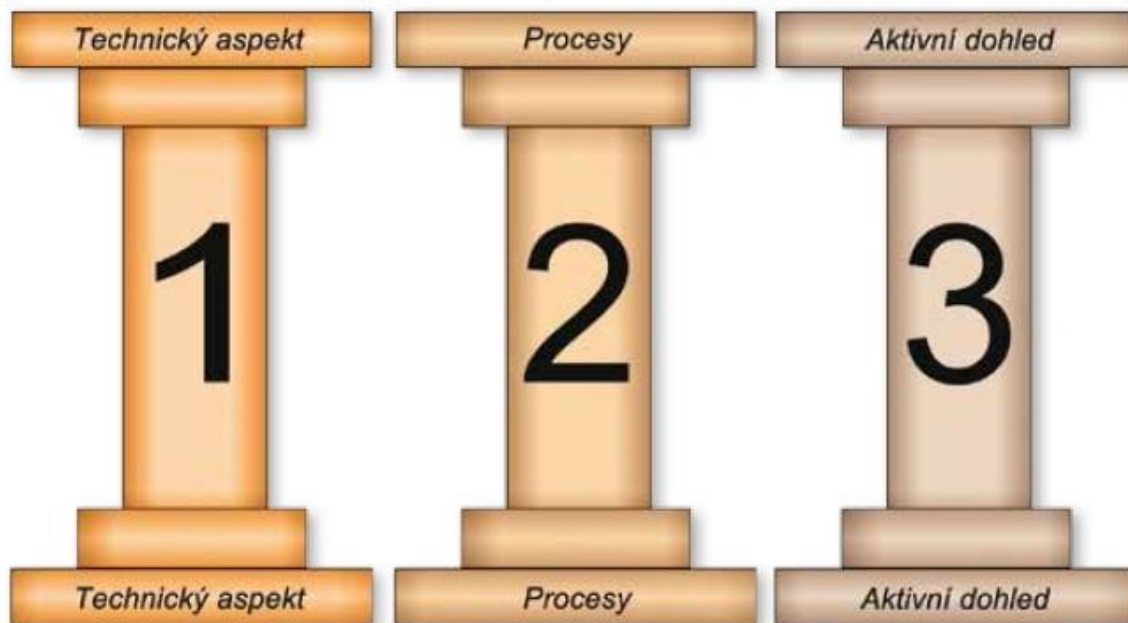
Mezi základní pilíře metody TPM patří právě efektivnost zařízení, autonomní údržba a její plánování vč. preventivní údržby a trénink lidských zdrojů. Autorem koncepce TPM, stejně jako autorem OEE je Seiichi Nakajima, který tyto pojmy a logiku zavedl v roce 1971 do podniků v Japonsku. [13]

Koncepce TPM se stala do konce roku 1980 široce známým pojmem i v západním světě, stejně jako OEE. [14]

OEE je postavena na pilířích (viz obrázek 4). Tyto pilíře představují [4]:

- ❖ technický aspekt;
- ❖ procesy;
- ❖ aktivní dohled (kontrola).

Obrázek 4 - Pilíře OEE



Zdroj: [4]

Z hlediska prvního, technického, pilíře je zásadním určit stimulatory a páky přispívající k zlepšení procesního toku, jedná se zejména o identifikace problémových míst, která brání zvýšení objemu výroby. Ke zvýšení objemu může přispět tak např. lepší konfigurace výrobního zařízení, stanovení správné velikosti šarže apod. V zásadě se pak tyto zjištěné aspekty objevují v podrobném celkovém strukturovaném plánu činností (anglicky *Overall Structured Activity Plan*, dále jen zkratka OSAP). OSAP musí obsahovat strukturovaný přehled pracovních aktivit a úkolů, tak aby bylo možné provádět sledování, kontrolu a neustále zlepšovat proces. Stejně tak je nutné zabezpečit a rozvrhnout v rámci jednotlivých aktivit odpovědnost. Nové zlepšení, které je potvrzené měření by se mělo v OSAP odrazit, neboť OSAP má být považován za živý dokument. Druhý pilíř představují procesy. Za předpokladu, že se po konceptu měření a nastavení OEE požaduje maximum, je nezbytné analyzovat veškeré procesy s cílem určit oblasti pro zlepšení. Z hlediska třetího pilíře, který představuje aktivní dohled, je nezbytné zapojit veškeré lidské zdroje v daném podniku do dané problematiky OEE. [4]

OEE má zásadní vliv nejen na produkci podniku, ale i na náklady podniku, a celou ekonomickou stránku, která souvisí s provozním ziskem. Představuje důležitý ukazatel zejména pro management podniku, který skrze něj při jeho průběžném vyhodnocování je schopen výsledky produkce podniku, které jsou navázány na ekonomické výsledky, pozitivně ovlivnit, často jen s nízkým úsilím a minimálními dalšími náklady. [15]

Z hlediska vnitřních přínosů měření lze říci, že měření OEE [16]:

- ❖ srovnává stávající stav s ideálním;
- ❖ identifikuje výrobní problémy v podniku;
- ❖ dává motiv k pozitivní změně;
- ❖ přispívá k zlepšení procesů a vztahů;
- ❖ usnadňuje delegaci;
- ❖ usnadňuje definování cílů a jejich kontrolu;
- ❖ objasní vztah mezi úsilím a výsledky.

OEE lze využít v řadě průmyslových podniků, avšak pro je potřebné, aby tyto podniky splňovali minimální vlastnosti. Zejména se jedná o to, aby podniky měly [10]:

- ❖ nejméně minimální úroveň automatizace;
- ❖ zavedenou kontrolu řízení;
- ❖ zavedenou alespoň minimální funkční spolupráci mezi jednotlivými odděleními;
- ❖ časový prostor pro řešení problémů ve výrobě vedoucí ke zlepšení;
- ❖ zavedení souměrný systém benefitů a pobídek pro zaměstnance.

OEE je navržen tak aby poskytoval číselné údaje. Jeho hodnota je obvykle udává v procentech. Existuje stále mnoho podniků na světě, které nevyužívají OEE a jeho hodnotu nevypočítávají. OEE je produktem dostupnosti, rychlosti šíření času a kvality. [17]

Podniky by si měly v souvislosti s OEE položit zásadní otázky, jako tyto [17]:

- ❖ Kolik jednotek kusů splňujících specifikaci bylo zpracováno a převedeno do dalšího kroku?
- ❖ Kolik času bylo naplánováno na výrobu tohoto výrobku?
- ❖ Jaká je ideální nebo nejlepší teoretické doba cyklu u jednotek tohoto výrobku?

Hodnota OEE představuje tedy reálné procentuální vyjádření času efektivního využití výrobního zařízení vzhledem k poměru, kdy je toto zařízení možno pro výrobu využít či jeho reálným schopnostem. [9]

Na toto procentuální vyjádření se lze dívat ze dvou úhlů, které ovlivňují interní prostředí podniku. Jedná se o [9]:

- ❖ zaměstnanecký úhel pohledu – parametr OEE se sleduje se ve vztahu k času určeného stanovenou pracovní dobou (např. 5 pracovních dní v týdnu, dvousměnní provoz). Toto sledování se realizuje přímo ve výrobě, vzhledem k tomu lze vysledovat nejen hodnotu OEE, ale i příčiny a důvody této hodnoty, které se prezentují nejčastěji pomocí Paretova diagramu.
- ❖ manažerský úhel pohledu – parametr OEE se sleduje se ve vztahu k času, po který je výrobní zařízení v podniku k dispozici. Tato hodnota se obvykle srovnává s výsledky v jiných výrobních závodech. Ideálně by se měla přiblížit 85%.

V praxi lze koncepci OEE jednoduše využít pro monitorování a zlepšení účinnosti výrobních procesů, např. strojů či montážních linek, neboť koncepce OEE představuje jednoduchý, praktický, ale zároveň výkonný nástroj pro výpočet celkové efektivity zařízení. Koncepce využití OEE je vhodná zejména pro automatizované a kontinuální výroby. Pro dosažení účelu OEE je nejprve v řadě podniků provedeno měření a následně analýza. Ztráty se projeví v Paretově grafu. Pak je možné, aby byly popsány pro optimalizaci stávajícího stavu, ze kterého vzejde rozhodnutí o jeho změně. Výsledkem spočívá v posouzení rizik a naplánování optimalizačních opatření. V souladu s rozhodnutím pak podniky pracují na snížení ztrát z výkonu. [10]

Využití Paretova diagramu v rámci snah zaměřených na řešení problémů může být rozsáhlé. Paretoův diagram lze využít k identifikaci vážnějších problémů, prezentace pro management podniku, srovnání stav před a po, vyobrazení progresu apod. [14]

Za předpokladu, že některé výrobní zařízení zužuje průřez výkonnosti pak lze předpokládat, že se jedná o jednu z následujících situací:

- ❖ kapacita výrobního zařízení je nedostatečná;
- ❖ míra kvality je nízká;
- ❖ existují časté nebo dlouhé odstávky;
- ❖ výkon motoru (nebo efektivita zařízení) je špatná.

Na základě těchto předpokladů lze identifikovat důvody pro vznik problémového místa pomocí Ishikawa Diagramu. [14]

Ishikawův diagram se obvykle označuje i jako Diagram příčin a následků, či tzv. Rybí kost. Jde o digram tvaru stroměčku, který se primárně používá k popisu příčin a důsledků spojených procesy. Hlavní osa představuje problém, úsečky připomínající větve stromů či kosti ryby pak reprezentují vlivy, které mají s problémem souvislost. [18]

V našich podmínkách se hodnota OEE v podnicích pohybují na průměrné úrovni 30 až 60%. Podle pravidla 80: lze pomocí cíleného snížení 20% ztrát, docílit odstranění až 80% všech prostojů, které podnik má. [19]

Obecně velká část výrobních závodů dosahuje hodnoty OEE okolo 60%. Literatura uvádí, že optimální je úroveň tohoto parametru na 85%. V této souvislosti je nutné podotknout, že se nesmí zapomínat na to, jakým způsobem je zabezpečena kvalita a zpracování informací a dat, které souvisí se sběrem, ze kterého se konečná hodnota OEE vypočítává. [20]

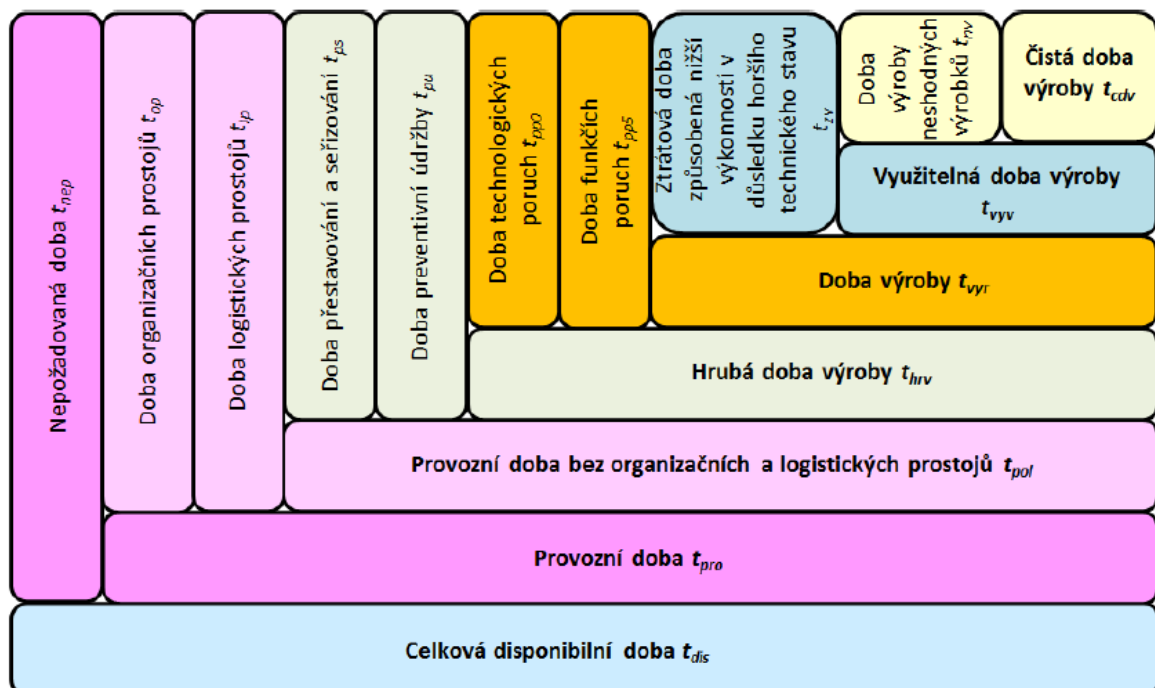
2.2 Konstrukce výpočtu ukazatele celkové efektivity zařízení

Na výpočtu se podílejí tři základní ukazatele. Pro pochopení celkové konstrukce výpočtu ukazatele efektivity, je nezbytné nejprve představit a pochopit jednotlivé aspekty daných výpočtů, a to zejména v podobě časových intervalů. V rámci koncepce výpočtu OEE se lze setkat s následující charakteristikou jednotlivých proměnných (viz Obrázek 5) [20]:

- ❖ Provozní doba (t_{pro}) – časový interval, ve kterém výrobní zařízení má vyrábět podle výrobního plánu;
- ❖ Disponibilní doba (t_{dis}) - časový interval mezi pořízením výrobního zařízení a jeho vyřazením z provozu;
- ❖ Provozní doba bez prostojů (t_{pol}) – časový interval provozní doby po odečtení organizační ztrát v čase nezbytných tj. povinných prostojů např. vyplývajících ze zákona;

- ❖ Hrubá doba výroby (t_{hrv}) – výrobní doba, která nezahrnuje doby organizační, logistické a servisních prostojů a ztráty vzniklé z důvodu přestavování či seřizování výrobního zařízení;
- ❖ Doba výroby (t_{vyr}) – časový interval, který se stanoví jako hrubá doba výroby bez prostojů z důvodu technických poruch či poruch funkčnosti zařízení;
- ❖ Čistá doba výroby (t_{cdv}) – představuje časový interval, ve kterém jsou produkovány pouze shodné výrobky bez ztrátových časů;
- ❖ Využitelná doba výroby (t_{vyv}) – je časový interval (teoretický), ve kterém jsou produkovány stejné výrobky se ztrátovou dobou výroby neshodné produkce;
- ❖ Logistické prostoje (t_{lp}) – ztráty související s logistikou;
- ❖ Organizační prostoje (t_{op}) – ztráty související s logistikou;
- ❖ Nepožadovaná doba (t_{nep});
- ❖ Doba preventivní údržby (t_{pu});
- ❖ Doba přestavování a seřizování (t_{ps});
- ❖ Doba technologických (t_{pp0}) a funkčních poruch (t_{pp5});
- ❖ Ztrátová doba způsobená nižší výkonností v důsledku horšího technického stavu (t_{zv});
- ❖ Doba výroby neshodných výrobků (t_{nv}).

Obrázek 5 - Rozklad celkové disponibilní doby



Zdroj: [20]

První ukazatelem, který se podílí na konstrukci OEE je pohotovost (*availability*). Tento dílčí ukazatel se skládá z dvou součinitelů, které představují preventivní údržba, přestavování a seřizování M a poruchovost F.

Součinitel M lze vypočítat podle vzorce [20]:

$$M = \frac{t_{hrv}}{t_{pol}} = \frac{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps}}{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp}}$$

kde

t_{hrv} je hrubá výrobní doba;

t_{pol} je provozní doba bez prostojů.

Výpočet M je tedy podílem hrubé výrobní doby a provozní doby bez logistických a organizačních prostojů. [20]

Následně výpočet F je přestaven následujícím vzorcem [20]:

$$F = \frac{t_{vyr}}{t_{hrv}} = \frac{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pps} - t_{ppo}}{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps}}$$

kde

t_{vyr} je doba výroby;

t_{hrv} je hrubá výrobní doba.

Součinitel poruchovosti F představuje tedy podíl doby výroby k hrubé době výroby. [20]

Na základě daného lze pak pohotovost vypočítat jako součin dvou výše uvedených činitelů. Tedy [20]:

$$A = M * F = \frac{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps}}{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp}} * \frac{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pps} - t_{ppo}}{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps}} = \frac{t_{hrv}}{t_{pol}} * t$$

kde

M je preventivní údržby, přestavování a seřizování výrobního zařízení;

F je poruchovost;

t_{vyr} je doba výroby;

t pol je provozní doba bez prostojů.

Další ukazatel, který se podílí na OEE je výkonnost, která představuje podíl mezi využitelnou dobou výroby a dobou výroby na základě vzorce [20]:

$$P = \frac{t_{vyv}}{t_{vyr}} = \frac{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pps} - t_{ppo} - t_{zv}}{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pps} - t_{ppo}}$$

kde

t_{vyv} je využitelná doba výroby;

t_{vyr} je doba výroby.

Posledním ukazatelem podílejícím se na výpočtu OEE je kvalita, kterou lze vypočítat jako podíl čisté doby výroby k využitelné době výroby na základě vzorce [20]:

$$Q = \frac{t_{cdv}}{t_{vyv}} = \frac{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pps} - t_{ppo} - t_{zv} - t_{nv}}{t_{dis} - t_{nsp} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pps} - t_{ppo} - t_{zv}}$$

kde

t_{cdv} je čistá doba výroby;

t_{vyv} je využitelná doba výroby.

2.3 Výpočet ukazatele celkové efektivity zařízení

Jak již bylo řečeno dříve, při výpočtu OEE se uplatňují tři následující dílčí ukazatele [21]:

- ❖ pohotovost (dostupnost, možnost využití);
- ❖ výkonnost;
- ❖ kvalita (jakost).

Výpočet je v tomto případě zcela triviální. Je nebytné si uvědomit je hodnota, kterou může OEE maximálně nabývat je 1, neboli 100 %, představujících absolutně nejlepší zatížení výrobního zařízení. OEE se pak počítá jako součin těchto aspektů následovně [10] [21]:

$$OEE = A \times P \times Q$$

kde OEE je celková efektivita zařízení (*Overall Equipment Effectiveness*);

A je pohotovost (*availability*);

P je výkonnost (*performance*);

Q je kvalita (*quality*).

Výpočet OEE, která je součtem všech tří zmíněných proměnných, je také velmi užitečné pro sledování trendů. [10]

Pohotovost lze stejně tak chápat jako podíl mezi skutečným výrobním časem (t_{vyr}) a časem plánovaným na výrobu (t_{pol}). Skutečným výrobním časem je myšlena doba, kdy je výrobní zařízení v chodu. Časem plánovaným na výrobu je myšlena očekávaná doba, po kterou by mělo být výrobní zařízení chodu. Pohotovost bude ovlivněna zejména ztrátami v rámci možného nastavení a údržby, které odstraňují neplánovanou závadu. Pro výpočet lze využít vzorec v tomto tvaru [22]:

$$A = (R/T),$$

kde

A je pohotovost (*availability*);

R je skutečná doba běhu výrobního zařízení (*real time*);

T je celková dostupná doba běhu výrobního zařízení (*total available time*).

Výkonost bude ovlivněna zejména volnoběhem a nižším než možným nastavením výrobního zařízení, tedy stavem, kdy výrobní zařízení neběží maximální možností rychlostí. Jako takový představuje výkon poměr mezi skutečným počtem kusů, které se za daný čas podaří vyrobit, tedy skutečným výstupem a výstupem, který byl naplánován, tedy počtem kusů, které měly být podle plánu vyrobeny za určitý časový úsek. Případně jej lze chápat jako poměr mezi ideálním časem cyklu výrobního zařízení a celkovým počtem vyrobených kusů, které se vyprodukovaly za provozního času výroby. Pro výpočet lze použít i vzorec ve tvaru [21] [22]:

$$P = I / S = (T \times I) / O,$$

kde

P je výkon (*performance*);

I je ideální cyklus (*ideal cycle time*);

S je skutečný cyklus (*real cycle time*);

T je celkový počet vyrobených kusů (*total output*);

O je skutečná doba běhu zařízení (*operation time*).

Kvalita představuje poměr produkce kvalitních výrobků v rámci veškeré produkce. Ukazatel kvality bude ovlivňován poměrem neshodných výrobků a to především při počátcích výroby, ale i během ní. Pro výpočet lze použít stejně tak vzorec v tomto tvaru [22]:

$$Q = G / T = (T - D) / T$$

kde

Q je kvalita (*quality*);

G jsou kvalitní výrobky v kusech (*good output*);

T je celková produkce v kusech (*total output*);

D jsou neshodné výrobky, nekvalitní kusy (*defects*).

2.4 Kroky v zavedení konceptu celkové efektivity zařízení a její zvyšování

Zavedení konceptu OEE do podniku lze provést v osmi jednoduchých krocích, které představují [20]:

- ❖ volbu (pilotního) výrobního zařízení;
- ❖ vydefinování detailů OEE;
- ❖ návrh formy a způsobu měření;
- ❖ trénink týmu lidí;
- ❖ detekce OEE dat;
- ❖ zpracování OEE dat;
- ❖ zpětná vazba týmu;
- ❖ informování managementu.

Koncepce zavedení OEE má charakter projektu. V počátcích se nutně se naučit jak koncepce OEE funguje, proto je nutné vybrat pilotní výrobní zařízení či proces, který není příliš komplikovaný. Před zahájením měření OEE je nutné vydefinovat detaily, jako např. jaký je standardní čas, co je považováno za nekvalitní výrobek. Následně je nutné vydefinovat, jakým způsobem bude probíhat měření a jeho záznam. Nezbytné je též zvolit tým lidí, kteří se příslušným projektem budou zabývat. Tito lidé musejí znát zejména cíl daného projektu, jeho účel a své místo v něm. Bezprostředně po kick-off meeting členů týmu by měly být nabyté vědomosti uvedeny do praxe, mělo by dojít k nasbírání prvních údajů a jejich zpracování. OEE slouží především jako nástroj pro výrobní zařízení s cílem zvýšit povědomí a vytvořit odpovědnost, proto je nezbytná i zpětná vazba členům týmu. Závěrem je nutné informovat management podniku, kterému jsou dány výstupy ve formě

dat a komentáře, na základě nichž se lze rozhodnout o tom, zda a jakým způsobem bude přistoupeno ke zvýšení celkové efektivity zařízení a eliminaci ztrát. [23]

Za předpokladu, že je koncepce OEE zavedena, lze ji rozšířit na celý podnik. Při tomto kroku je nezbytné učinit následující [19]:

- ❖ identifikovat úzká místa a ztrát ve výrobě (minimálně šest klíčových);
- ❖ plošné zavedení, resp. stanovení metody měření OEE;
- ❖ zlepšení hodnot OEE formou implementace nápravných opatření a jejich následné vyhodnocení.

2.5 Nástroje celkové efektivity zařízení

Zásadní aspekt pro výpočet ukazatele OEE představují zejména vstupní data. Vstupní data lze sbírat různou formou. V zásadě lze ovšem rozlišit dvě základní techniky, které představují manuální sběr dat a automatický sběr dat. [24]

Manuální sběr dat probíhá zejména papírovou formou, kde se zapisují do formulářů požadované hodnoty a události ovlivňující výrobní proces. Lidé zaznamenávají do formulářů např. informace o době prostojů či důvody ztráty výkonu. Příslušné formuláře jsou pak následně zpracovány, většinou s pomocí nástrojů jako je MS Excel. Výsledky se opětovně podávají v papírové podobě, případně elektronicky. Tento způsob může z hlediska lidského faktory produkovat řadu nepřesností. Kvalita vstupních dat sbíraných manuálně se pravděpodobně zvýší se zvýšením kompetencí pracovníků či jejich motivace formou odměn, které by mohlo vést k získávání detailních informací o výrobních ztrátách či přesnějšimu popisu hodnot. [24]

Druhou možnost představují sběry dat, které jsou automatické, tyto sběry jsou již navázány na automatické systémy, které mývají v sobě zabudované také nástroje analýzy dat, jejich vizualizaci a reportování výsledných hodnot OEE. Výhodou automatického sběru dat je eliminace chybovosti a poskytování data v reálném čase, to znamená, že vyhodnocení OEE lze praktikovat v rámci celodenní ukončenou výroby, stejně jako během i provozu. Logickou metoda představuje zejména měření OEE na konci linky nebo procesu. Automatizace OEE dává podniku možnost sběru a třídění dat z výrobní haly do rychlé a smysluplné informace, které může adekvátně a zcela rychle pomoci manažerům pochopit základní příčiny neefektivnosti výroby. Možnosti vizualizace výsledků dokládá obrázek 6. Jak je z obrázku patrné, hodnoty OEE i dalších ukazatelů jsou

vyjádřeny v %. Kromě OEE se dané automatické nástroje soustředí i na stanovení dalších ukazatelů, které souvisejí s hodnocení efektivnosti. [24]

Obrázek 6 - Příklad vizualizace pomocí nástroje



Zdroj: [24]

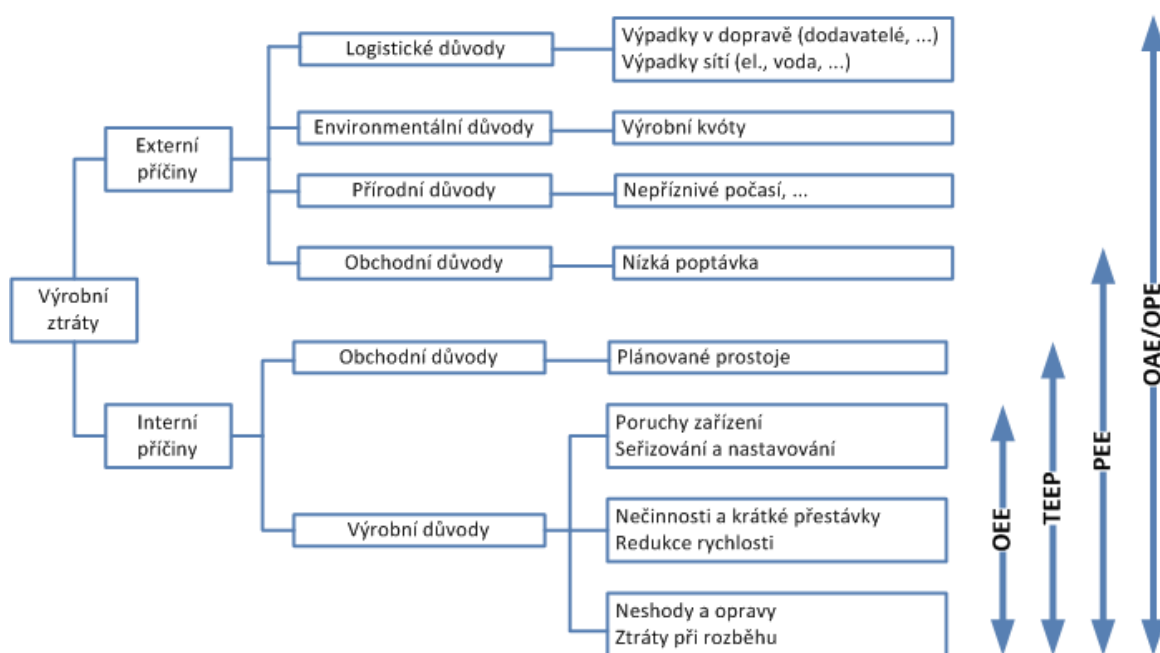
Obecně se dá říct, že obě formy mají své pro a proti. Zcela určitě existuje mnoho podniků, pro které je manuální sběr dat výhodným v porovnání s náklady, které by vydaly na automatický sběr. Jedná se zejména především o menší podniky. Naopak ve velkých firmách, kde existuje celá řada výrobních zařízení, by byl manuální sběr velmi náročný a vzhledem k možnému množství chyb by nemusel odrážet reality. Zde je automatizace sběru dat žádoucí. V tomto případě pak automatizace sběru dat a výpočtu OEE znamená menší pracnost pro zaměstnance, lepší přesnost, integrovaný reporting a analýzy; přehlednější možnost sledování, lepší sledování historie vývoje parametru, zavedení a téměř okamžitých nápravných opatření. [14]

Relevantní a hodnotná produkční data pomáhají správnému ohodnocení OEE a následně i správným rozhodnutím v oblasti jeho zvyšování. Jednoduché metriky z OEE přinášejí na světlo všechny požadované informace, které mohou přispět k snížení množství nekvalitní produkce a zvýšení výtěžnosti produkce. Na základě kvalitních dat, která jsou i správně zpracována, lze docílit zlepšení a udržení efektivnějších výrobních linek. [20]

2.6 Ukazatele odvozené od celkové efektivity zařízení

V průběhu posledního desetiletí byla vyvolána v mnoha ohledech diskuse o OEE. Řada z těchto diskusí vedla k modifikaci a rozšíření původního nástroje OEE, aby odrážela širší perspektivu, která by lépe korespondovala se společenskými potřebami. Proto byly, kromě OEE, v reakci na další požadavky hodnocení efektivity vytvořeny další odvozené ukazatele. Pokrytí těchto ukazatelů viz obrázek 7. [24]

Obrázek 7 - Pokrytí ztrát ve výrobě ukazateli efektivity



Zdroj: [24]

Jak je z daného obrázku patrné, zatímco ukazatel OEE se soustředí na interní výrobní ztráty, které souvisejí s komplikacemi ve výrobě, další ukazatele představují rozšíření hodnocení efektivity produkce i interní obchodní důvody a na externí důvody, které zahrnují důvody jako je logistika či přírodní podmínky.

Obvykle se tyto klíčové ukazatele výkonosti charakterizují následujícími vlastnostmi [20]:

- ❖ nefinančním charakterem ukazatele – ukazatel se nevyjadřuje v peněžních jednotkách, ale většinou jako poměr či procentuální charakteristikou;
- ❖ měření ukazatele probíhá opakovaně, ideálně v jasně stanovených intervalech (např. týdně, čtvrtletně apod.),
- ❖ hodnota daného ukazatele představuje podklad k rozhodování vrcholového managementu,

- ❖ pochopení ukazatele a případná opatření se vyžadují dodržovat u všech zaměstnanců podniku a zároveň ukazatel je navázán na odpovědnost jednotlivce nebo týmu pracovníků;
- ❖ ukazatel má značný dopad na podnik - ovlivňuje ostatní měřítka výkonnosti a velkou část kritických faktorů úspěchu;
- ❖ stanovení vhodného ukazatele pro efektivní zjišťování údržby je relativně nesnadné.

Pro vyjádření efektivnosti, kterou lze vztáhnout na celý výrobní závod lze využít ukazatele celkové účinnosti továrny, anglicky *Overall Factory Effectiveness*, zkráceně OFE. Za předpokladu, že výroba disponuje více výrobními kroky na více zařízeních, pak na celopodnikové úrovni není možné použít ukazatel OEE, který se soustředí na efektivnost jednotlivých výrobních zařízení. Pak přichází na řadu ukazatel OFE, který vyhodnocuje všechna výrobní zařízení najednou, a to vzhledem k tomu, že do jeho výpočtu jsou zahrnuty veškeré vztahy a interakce různých zařízení i procesů. [24]

Avšak nejznámějším odvozeným ukazatelem je pravděpodobně celková efektivní produktivita zařízení, v angličtině *Total Equipment Effectiveness Performance*, zkráceně TEEP. TEEP představuje výkonnostní parametr, který ukazuje celkový výkon výrobního zařízení na základě množství času, které má výrobní zařízení k dispozici. Na rozdíl od OEE zahrnuje prostoje, které jsou plánované. TEEP měří účinnost proti kalendáři, tzn. 24 hodin denně, 365 dní v roce, případně 366 dní v roce. To je rozdíl od OEE, které kvantifikuje, jak efektivně výrobní zařízení pracuje vzhledem k jeho plánované kapacitě, tedy v rámci jeho spuštění. Z toho vyplývá, že pokud je výrobní proces plánován non stop, pak se hodnoty OEE a TEEP nebudou odlišovat. Ukazatel TEEP tedy ve svém výpočtu zahrnuje veškeré ztráty. [24]

Pro výpočet TEEP lze použít vzorec v tomto tvaru [24]:

$$\text{TEEP} = V/C = L \times \text{OEE},$$

kde

V je užitečný čas zařízení (valuabilite operating time);

C je kalendářní čas (calendar time);

L je dostupnost (loading), představující poměr mezi disponibilním a kalendářním časem.

Následný ukazatel, který je odvozený od OEE je pojmenován jako účinnost výrobního zařízení, anglicky *Production Equipment Efficiency*, zkráceně PEE. Na rozdíl od OEE lze byly zavedeny váhy pro jednotlivé dílčí ukazatele, tedy pro dostupnost, výkonnost a kvalitu. Tato koncepce tedy počítá s tím, že každý dílčí ukazatel má pro celkové hodnocení efektivity jinou významnost. To je zásadní posun od konceptu OEE, kde významnost jednotlivých ukazatelů je shodná. U ukazatele PEE jsou jednotlivým ukazatelům přiřazeny váhy, podle jejich významnosti u diskrétní výroby. U výroby kontinuální jsou kormě přiřazení vah jednotlivým dílčím ukazatelům, přidány proměnné, které zohledňují transakční ztráty a ztráty poptávky. Jak z tohoto vyplývá, zde jsou již zohledněny externím příčiny. [24]

Způsob výpočtu PEE je tedy odlišný na základě typu výroby. Zároveň se u kontinuální výroby ve výpočtu PEE nezohledňují ztráty, neboť jsou zanedbatelné, tj. počítá se s tím, že ztráty ze seřizování neexistují. U diskrétní výroby lze pro výpočet TEEP použít vzorec v tomto tvaru [24]:

$$PEE = (A)^{k_1} \times (P)^{k_2} \times (Q)^{k_3},$$

kde

A je pohotovost (availability);

P je výkonnost (performance);

Q je kvalita (quality).

k_i je váha ukazatele i , $0 < k_i \leq 1$, $\sum k_i = 1$

U kontinuální výroby lze vztah pro výpočet PEE využít vzorec v tomto tvaru [24]:

$$PEE = (A)^{k1} \times (B)^{k2} \times (P)^{k3} \times (\text{Quality})^{k4} \times (\text{PSE})^{k5} \times (\text{OU})^{k6},$$

kde

A je pohotovost (availability), která zohledňuje prostoje, které jsou plánované;

B je dosažení (attainment), které zohledňuje neplánované prostoje

P je výkonnost (performance);

Q je kvalita (quality),

PSE je podpora účinnosti produkce (*Product Support Efficiency*), která zohledňuje transakční ztráty;

OU je provozní užitečnost (*Operating Utility*), která zohledňuje ztráty z oblasti poptávky

Následně se od OEE odvodily další dva ukazatele, které představují celková aktiva efektivity, anglicky *Overall Asset Effectiveness*, zkráceně OAE a celková účinnost produkce, anglicky *Overall Production Effectiveness*, zkráceně OPE. [24]

Mezi hlavní problémy praktického využití všech výše uvedených ukazatelů efektivity lze považovat především schopnost zjišťování daných informací a dat. V řadě podniků nejsou daná data evidována či je jejich evidence z důvodu důvěryhodnosti nevyužitelné, případně jsou manažerům podniku pro tyto účely nedostupná, případně se daná data kdysi sesbírala a nyní se již neudržují v potřebném aktuálním stavu. Za další klíčové problémy v souvislosti se stanovením ukazatelů efektivity zařízení a jejich údržby lze považovat především [20]:

- ❖ ukazatele nezohledňují náklady na údržbu a soustředí se na technický rozměr;
- ❖ pracnost stanovení ukazatelů – většina manažerů údržby potřebných dat bohužel nedisponuje softwarem, jenž by ukazatele efektivity stanovil automatizovaným algoritmem a výpočty jsou prováděny často pouze v tabulce MS Excel
- ❖ lze se setkat i problematikou postojem vrcholového vedení v době stagnace ukazatele efektivity.

V nedávné době se ukazatele efektivnosti začaly implementovat do tzv. OEE-DTM systémů (Overall Equipment Efficiency – Downtime Management). Tyto systémy umožňují sesbírat informace a data z výrobního procesu v reálném čase a poté je automaticky vyhodnocovat z hlediska jejich efektivity. Takto lze velmi efektivně přijít na slabá místa výrobního procesu a ty pak pomocí vhodných nápravných opatření eliminovat. [20]

2.7 Uplatňování CEZ v přístupech řízení kvality

2.7.1 Štíhlá výroba „Lean“

Metoda (filozofie) Lean je zaměřená na efektivnost, rychlost (dobu) a odstranění ztrát. Účelem tohoto nástroje je zrychlovat proces pomocí eliminace ztrát ve všech podobách. Zavedením nástrojů a plánů štíhlých procesů Lean pomáhá managementu najít nepotřebné kroky v procesech. Redukuje mylné názory vedení o potřebnosti různých zbytečných úkonů v procesu, které jej dělají nákladnějším a pomalejším. [25] [26]

Ukazuje rozdíly mezi standardizovanými modely a praktickými postupy, které jsou opodstatněné, a také mezi těmi, jež zvyšují náklady bez zvýšení profitu pro zákazníka. [25] [26]

Lean nezvyšuje kvalitu nebo nesnižuje variabilitu zbylých činností, které jsou v procesu potřebné. Snížení kvality negativně působí na čas potřebný pro daný proces. [25] [26]

2.7.2 Six Sigma

Podobně jako metoda Lean je i Six Sigma filozofií zlepšování jakosti. Je to podnikatelská taktika, která firmám pomáhá znatelně zvýšit jejich úroveň. Podmínkou je plánování a monitoring každodenních podnikatelských činností v takové podobě, která umožňuje minimalizaci výskytu chyb, načež zvyšuje spokojenost zákazníka. [25] [27]

Slouží zejména k předcházení neshodám, zkracování doby procesů a úsporám na nákladech. Pro používání je nutné striktně, soustavně aplikovat prověřené metody a nástroje managementu kvality. [25] [27]

Rozhodující znaky této filozofie jsou závislost schopností procesů a náklady na nejakost. Zavedení taktiky Six Sigma obsahuje 8 základních fází (viz Obrázek 8). Nejsložitější fáze při jejich realizaci jsou především Definování, Měření, Analýza, Zlepšení a Kontrola. [25] [27]

Obrázek 8 - Osm fází při zavádění Six Sigma



Zdroj: Autor

2.7.3 Kaizen

Metoda postupného zlepšování (zlepšování po malých krůčcích) vycházející z japonských kulturních zvyků. Slovo kaizen ve volném překladu z japonštiny znamená zlepšení. Tedy proto metoda zlepšování zaměřující se na pozvolné ladění procesů a pracovních způsobů, zvyšování jakosti a snižování počtu neshodných výrobků. Dále se specializuje na úsporu materiálu (hospodárnost), času vedoucího a snižování nákladů. Zaměření metody směřuje i k zvyšování bezpečnosti práce, tím pádem k redukci úrazů na území organizace. [25] [28]

Zapojením mnoha zaměstnanců z určených útvarů a všech pozic (od manažerů po dělníky) v organizaci. Na výsledcích zlepšení se může podílet kdokoli. Pracovníci přichází s nápady, které se následně organizovaně a společně prodiskutují v určeném týmu. [25] [28]

Metoda působí motivačně, zlepšuje atmosféru a kulturu podniku tím, že nabádá ke komunikaci. [25] [28]

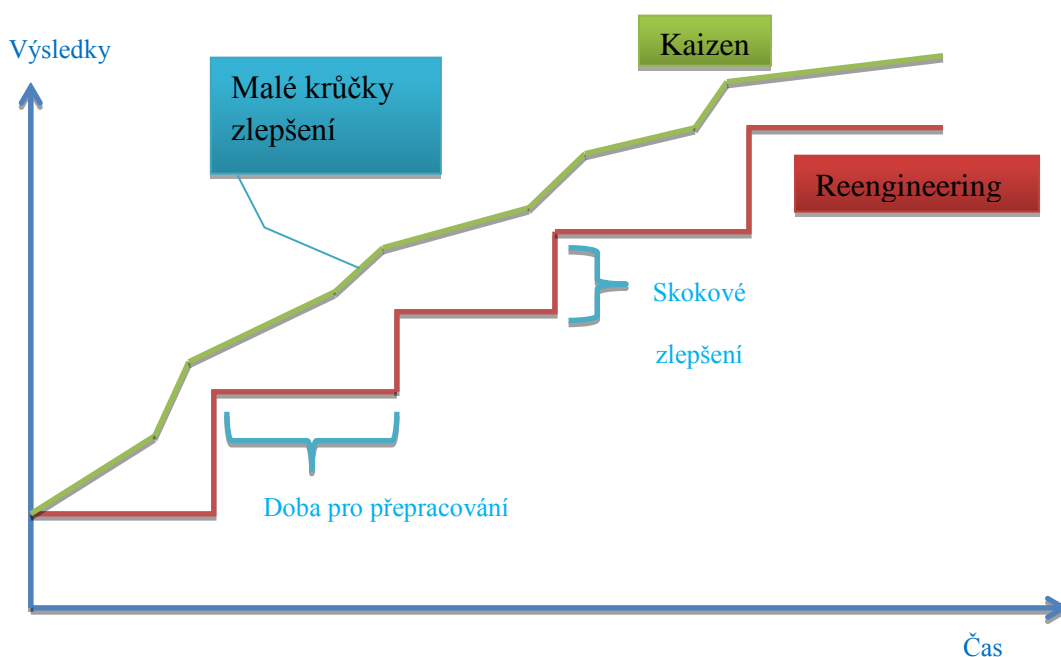
2.7.4 Reengineering

Tato metoda je opakem předešlé (Kaizen). Má stejný cíl, zlepšování kvality. Reengineering byl oproti Kaizenu (Japonsko) nejčastěji uplatňován v západním světě. Podstatou přístupu Reengineeringu je skokové zlepšování jakosti buď revidováním existujících procesů, nebo vytvářením nových procesů od základů. Nejvhodnější doba pro aplikování této metody je při modernizaci zařízení, kdy nová zařízení potřebují jiné postupy procesů. [25] [29]

Skoková metoda zlepšování spočívá v komplexním přepracování projektů průběhu či řízení procesů. Obvykle se aplikují metody řízení pro návrh a provádí je tým složený z mnoha pracovníků z různých odvětví organizace. [25] [29]

Nejefektivnějších výsledků růstu kvality se dosahuje spojením skokové (Reengineering) a postupné (Kaizen) metody zlepšování jakosti (viz Obrázek 9). [25] [29]

Obrázek 9 – Grafické znázornění rozdílů 2 metod zlepšování



Zdroj: Autor

2.7.5 Paretova analýza

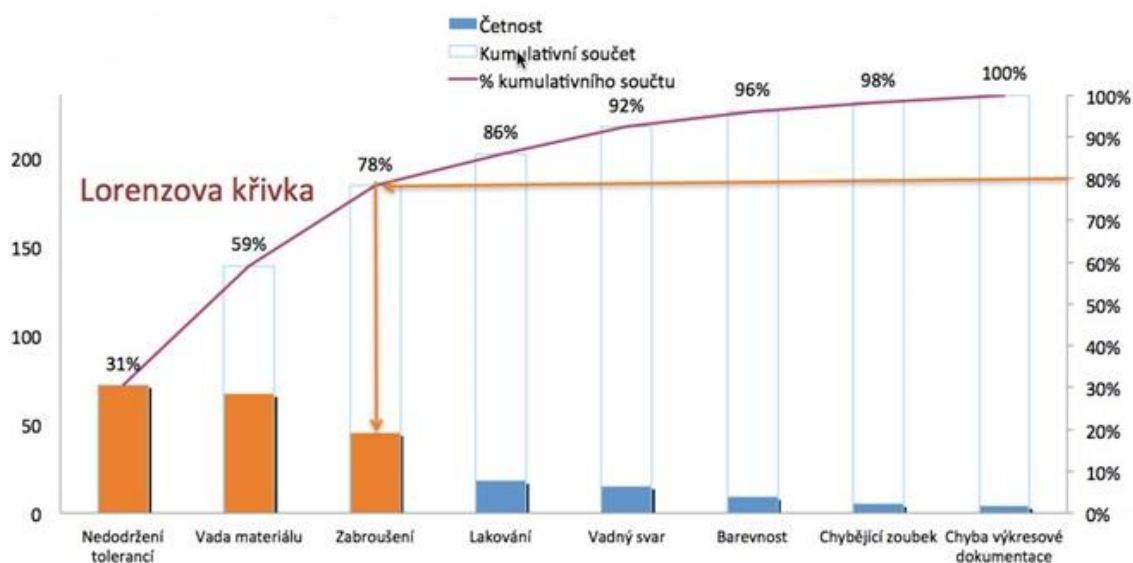
Tento diagram je hodnotným nástrojem při rozhodování řízení organizace, jelikož z něj vyplývají priority směřující k řešení chyb s nejvyšší efektivitou. Známa formulace J. M. Jurana zní: „Většina problémů s jakostí je způsobena pouze malým podílem činitelů, jež se na nich podílejí“, [27] nebo také pravidlo 80/20. [25] [27]

Při použití Paretovy analýzy se snadněji nachází menší skupiny aktivních složek, které ve větší míře ovlivňují nebo i přímo zapříčiňují výsledný problém. Nalezení viníků je však podmíněné pravostí a způsobem hodnocení jednotlivých složek. Ty by měly být roztrženy a zkoumány nejvhodněji delší období. Nejlepší vyjádření složek je v nákladových položkách (finance), které nejlépe slouží k rozhodování. [25] [27]

Založením tabulek s výslednými náklady, které jsou seřazeny sestupně, se vypočítá podílová (procentuální) část z celkových nákladů. Poté lze výdaje na ztráty vyjádřit v grafu

tzv. Lorenzova křivka (viz Obrázek 10). Pro efektivnější výsledky je dobré sloučení Paretova diagram s Ishikawovým diagramem. [25] [27]

Obrázek 10 - Paretova analýza a Lorenzova křivka



Zdroj: [30]

2.7.6 Vývojový diagram

Metoda, která zjednodušuje a popisuje pomocí schémat (vývojových diagramů) interní vztahy procesů. Tyto diagramy mají pro lepší pochopení stanovenou strukturu danou symboly. [25]

Rozdělení 3 primárních diagramů:

- ❖ „Lineární vývojový diagram (viz Graf 7);
- ❖ Vývojový diagram vstup/výstup;
- ❖ Integrovaný vývojový diagram.“ [31]

2.7.7 Ishikawův diagram

Diagram příčin a následků je efektivní nástroj pro vyšetření všech pravděpodobných příčin negativních důsledků (špatné kvality) u služby či produktu. Tato metoda spočívá v přístupu, jež zapisuje jakékoliv možné příčiny, a tím vede k řešení. Občas pomocí této metody vznikají i nové a neotřelé nápady řešení. [32] [25]

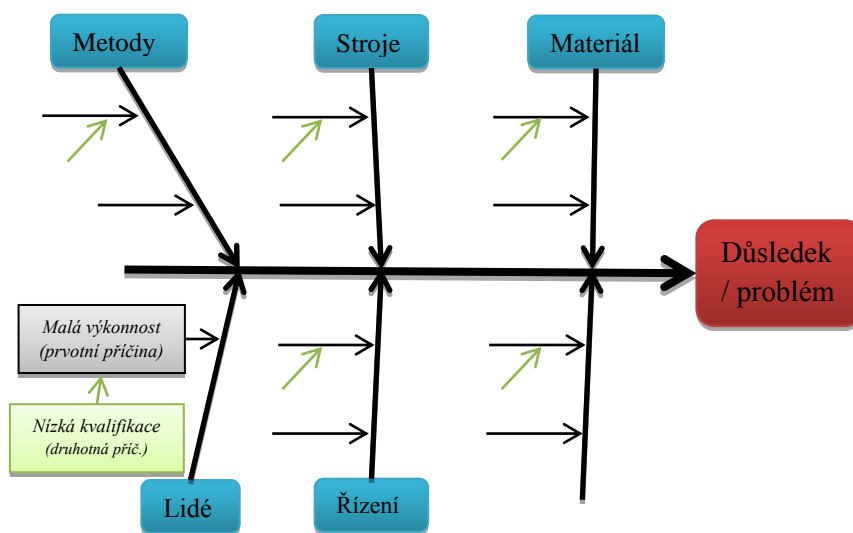
Pro sestavení Ishikawova diagramu (často se používá také název rybí kost) se využívá týmového brainstormingu, který dodržuje předem daná pravidla [32] [25]:

- ❖ Moderátor řídí diskusi týmu;
- ❖ mluví jen jeden člověk;
- ❖ řeší se jen zvolené východisko;
- ❖ předměty návrhu nemusí dávat ostatním logickou vazbu;
- ❖ vyřknuté východiska se nesmí hodnotit či odsuzovat;
- ❖ vše je pečlivě zapisováno.

Sestavený tým by měl obsahovat odborníky ze všech odvětví, která mají určitou souvislost s řešeným problémem. Vhodný je i určitý podíl neodborných pracovníků, kteří mohou mít inovativní („nezaběhlé“) myšlení. [32] [25]

Řešený problém se uvádí uprostřed na pravé straně při okraji. K němu vede vodorovná úsečka, na kterou se napojují základní oblasti původu chyb (viz Obrázek 11). Na tyto oblasti se napojují konkrétní příčiny a mohou se dále větvit. Po stanovení všech možných příčin, tým na základě názorů a hodnocení jednotlivců vybírá ty nejvíce podstatné. [32] [25]

Obrázek 11 - Rybí kost - Ishikawův diagram



Zdroj: [25]

3 METODIKA A CÍLE

V následujících kapitolách jsou popsány charakteristiky podniku, produktu, linky a jednotlivých výrobních strojů. Po obeznámení se se stroji a produkcí, je obsah diplomové práce přeměřován k praktické části. Hlavním cílem je s pomocí nasbíraných dat určit aspekty, které výrobní lince nejvíce snižují celkovou efektivitu.

Na začátku jsou pomocí dostupných nástrojů a nasbíraných dat podrobně popsána a analyzována jednotlivá výrobní zařízení pracující v sérii ve výrobní lince. Prostřednictvím výsledků z dílčích analýz je určen stav linky v době měření a vykonstruováno řešení nejproblematictějších skupin. Následně je představen návrh sběru a efektivnějšího měření dat, které zajistí lepší přehled o úzkých místech výrobní linky.

4 VLASTNÍ PRÁCE

4.1 TRW Carr s.r.o. Stará Boleslav

Firma zahájila svou činnost roku 1997 v bývalém vojenském areálu nedaleko vlakového nádraží Stará Boleslav. Po renovaci původní haly v letech 2008 až 2011 byly vybudovány dva nové výrobně-skladovací prostory. Nyní se ZF TRW rozprostírá na ploše 22.000m². V současné době zaměstnává zhruba 1900 pracovníků (11 národností), 1500 z nich pracuje ve výrobě. [33]

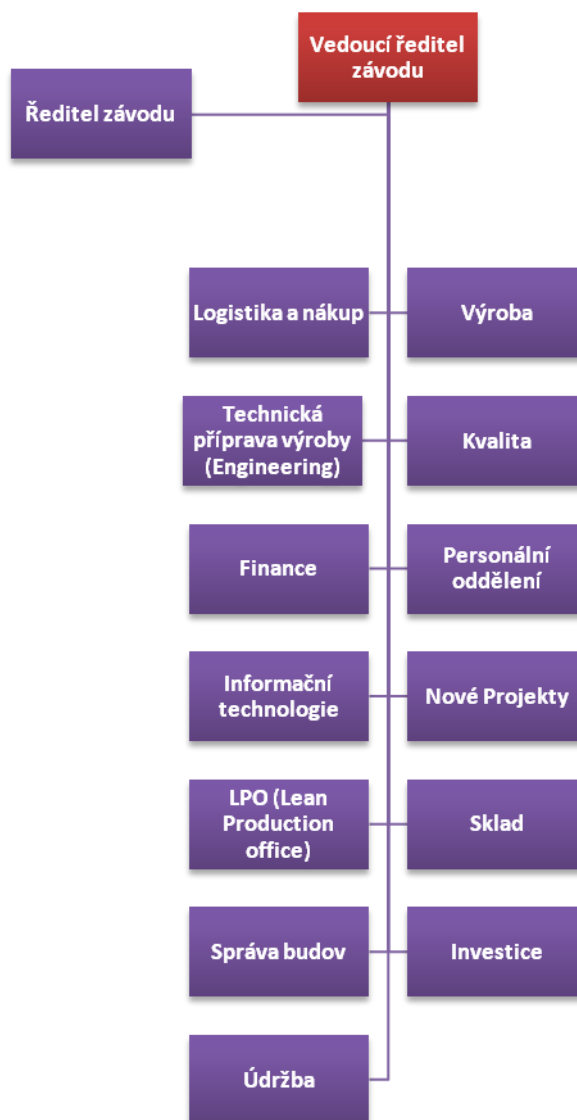
Značka TRW pochází původně z USA, ale od roku 2015 je společnost začleněna do německého koncernu ZF. Oficiálním názvem doposud zůstává ZF TRW. [33]

TRW ve Staré Boleslavi je držitelem certifikátů ISO TS 16949, ISO 14000 včetně dalších zákaznických ocenění a certifikátů. [33]

Výroba je zaměřena na vývoj a montáž třibodových bezpečnostních pásů pro automobily, vč. zámků pásů a horních nastavení. Na celkem 115 automatizovaných výrobních linkách produkuje ročně kolem 22 miliónů kusů třibodových pásů. Součástí podniku je laboratoř a prototypová dílna s podílem na vývoji nových produktů. Jelikož hlavním produktem ve Staré Boleslavi je sestava bezpečnostního pásu s příslušenstvím, prochází tedy každý kus 100% kontrolou bezvadné funkčnosti během jeho výroby. Mezi klíčové zákazníky patří zejména evropské automobilky (VW koncern, BMW, Ford, Daimler, PSA, Renault a Fiat), ale i mnoho dalších. [33]

V současnosti se výroba generačně změnila a soustřeďuje tak svou energii na výrobu hlavních produktů, které jsou charakteristické pyrotechnickým předepínačem (SPR4.1) s kompaktnějším designem (FS1) a dalšími parametry, které umožňují funkci připnutí cestujících ve vozidle do sedadel dříve, než dojde k nehodě (ACR2, ACR8). [33]

Obrázek 12 - Organizační struktura TRW Carr s.r.o. Stará Boleslav



Zdroj: Autor

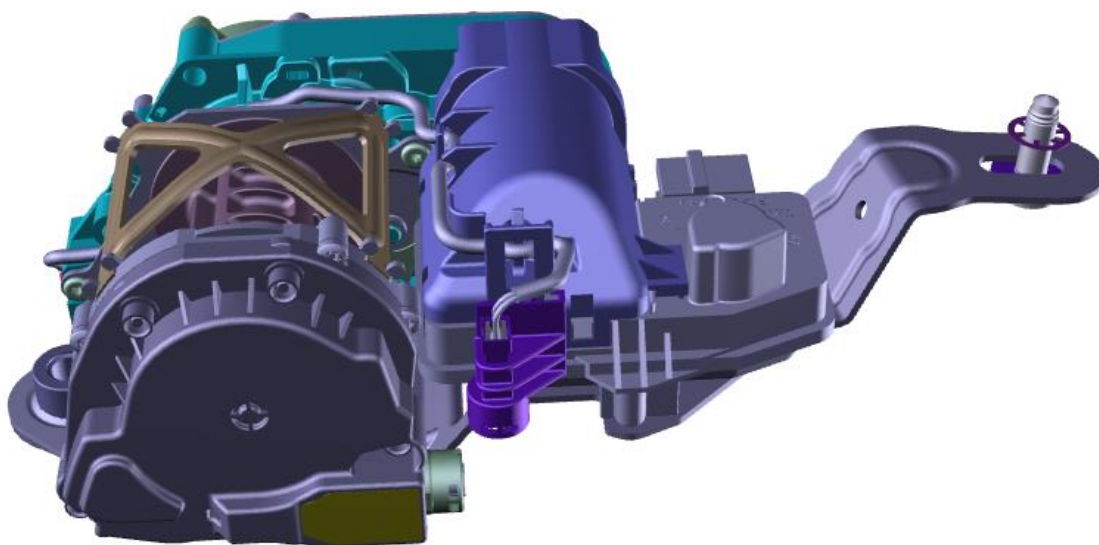
4.2 Naviják s aktivní kontrolou ACR2 (Active Control Retractor)

Druhá generace pásového navijáku (viz Obrázek 14) se systémem aktivní kontroly se začala v roce 2014 instalovat do vozidel Cadillac CTS. Poté se rozšířila napříč mnoha značkami vozidel vyšší a vyšší střední třídy.

Naviják v sobě skrývá kombinace funkcí a prvků aktivní i pasivní bezpečnosti, komfortu a vychytávek sloužících posádce vozidla. Je navržen pro neustálé vyhodnocování brzdových, stabilizačních kontrolních systémů a senzorů pro rozeznání kritických situací ještě před možnou nehodou. Reakce navijáku zabezpečuje předepnutí (vymezování vůle) bezpečnostního pásu a těla pasažéra tak, aby byl stále přitisknut k sedadlu, tudíž je už

během počátku kritické situace (smyk, decelerace) připraven v co možná neoptimálnější poloze. V případě, že nedojde k havárii vozidla, naviják po vyhodnocení řídicí jednotky o opuštění krizové situace povolí pás do původní polohy. Tyto předepínací funkce zabezpečuje elektromotor společně s vloženým algoritmem v řídicí jednotce. Do některých vozidel jsou přidány funkce, jako je upozornění pomocí krátkého cyklu zatažení při rozeznání únavy řidiče, přitáhnutí posádky do sedadla během režimu sportovní jízdy a další. Pro využití všech funkcí navijáku ACR2 musí být vozidlo osazeno ABS, ESP, radarem (či kamerami), apod.

Obrázek 13 - Pásový naviják ACR2



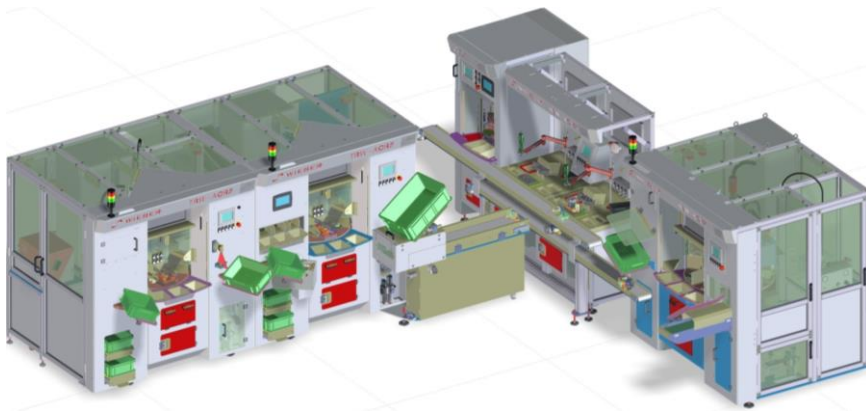
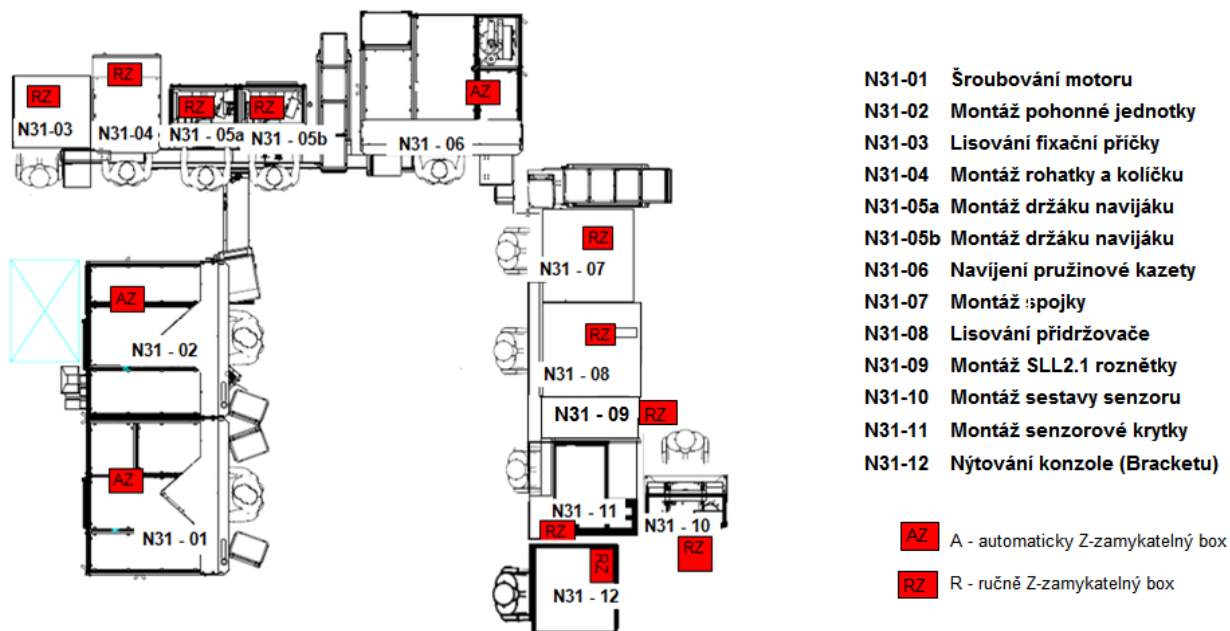
Zdroj: ZF TRW

4.3 Výrobní linka navijáků N31

Výrobní navijáková linka N31 byla uvedena do sériového provozu počátkem roku 2014. Celá výrobní linka je zkonstruována a vyrobena od jediného rakouského dodavatele Wieser Automation, který zároveň zajistil její kompletaci, dodávku náhradních dílů a další služby v rámci spolupráce a údržby. Jedná se o 12 poloautomatizovaných strojů, proudově uspořádaných (do tvaru písmene „F“ – viz Obrázek 15), kde každé stanoviště obsluhuje minimálně jeden operátor výroby. Stroje jsou po vnitřním obvodu propojeny skluzy a textilním pásovým dopravníkem s pogumovanou protiskluzovou vrstvou. Dopravníky jsou v případě potřeby zakončeny laserovými čidly pro přítomnost rozpracovaného dílu.

Celá výrobní linka je osazena jednoúčelovými stroji a vybavením subdodavatelských značek jako jsou kamery a čidla od Keyence a Sick, lisy a nýtovací nástroje od Baltec či Tox, šroubováky od Weber, pneumatika od Festo, jednotlivá stanoviště jsou osazena dotykovými OP panely společně s automatizačním softwarem Siemens Simatic.

Obrázek 14 - Layout navijákové výrobní linky N31



Zdroj: ZF TRW, Autor

Celá výrobní linka vyrábí navijáky pro 4, respektive 3 zákazníky (BMW = Rolls Royce), jako jsou VW koncern, Daimler, BMW a Rolls Royce. Portfolio výroby linky je vymezeno do 7 platforem (rozdílné konstrukční uspořádání a nabízené vlastnosti), které se nadále rozdělují do 27 čísel finálních produktů (nejčastěji dle polohy ukotvení navijáku do B či C sloupku vozidla).

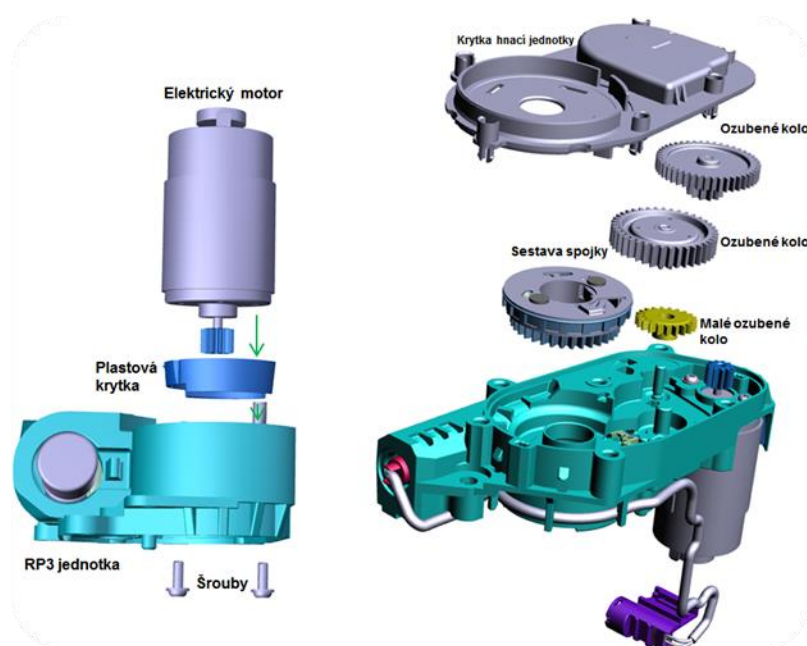
4.3.1 Šroubování motoru (N31-01)

První stanoviště je poloautomatický stroj s otočným dvoupozicovým stolem, který obsluhuje jeden operátor. Je třeba, aby byl velmi zručný, neboť ke splnění taktu necelých 20 sekund je zde mnoho operací, které operátor provádí.

Nejprve se z přistavené bedny vyjme elektromotor a kontroluje se nepoškozenost jeho kontaktů vč. magnetu. Motor se přikládá ke kameře, ta spolu s akustickým signálem načítá jeho 2D kód. Poté se motor vloží do přípravku ozubeným kolem nahoru a zakládá se plastový kryt. Nakonec operátor stiskne tlačítko a senzory i kamera provedou test správné orientace a přítomnosti všech dílů.

Na založený motor se nasadí pohonná jednotka s rozbuškou (RP3), která je předmontáží z jiné výrobní linky. Z jednotky vyčnívá kabel, který je nutné založit do ochranného otvoru tak, aby při otočení stolu nedošlo k jeho poškození. Operátor zmáčkne opět tlačítko, kdy stroj provede pomocí kamery a čidel kontrolu založených částí a po otočení spustí automatické šroubování pomocí dvou šroubků (viz Obrázek 16).

Obrázek 15 - Montáž a šroubování motoru do pohonné jednotky + Skládání spojky s ozubenými koly a krytkování



Zdroj: Autor, ZF TRW

4.3.2 Montáž pohonné jednotky (N31-02)

Druhý stroj v řadě je znovu poloautomatický s dvoupozicovým otočným stolem. Obsluhu zabezpečuje jeden operátor.

Z přístupných beden odebírá postupně materiál a vkládá jej do přípravků ve stroji. První odebere plastový kryt pohonné jednotky a založí jej do pravé části přípravku. Poté vloží do torza jednotky s motorem malé ozubené kolo. Následně přidává ve stanoveném pořadí sestavu předmontáže spojky a další ozubená kola (viz Obrázek 16). Kabel od jednotky vloží do ochranného krytu tak, aby se během otočení stolu kabel nepoškodil. Dotykem tlačítka provede kontrolu přítomnosti a správného založení pomocí kamery a senzorů.

Stroj provede otočení stolu do zadní polohy, kde nasadí a zalisuje plastové piny krytky. Mechanické chapadlo automaticky vyjme hotovou sestavu na dopravník, který jej dopraví k pozici před šroubování (N31-05).

4.3.3 Montáž fixační příčky (N31-03)

Stanoviště montáže fixační příčky obsahuje jednoduchý jednopozicový stroj s ohybovými kleštěmi poháněnými servomotorem. Do procesu vstupuje předmontáž ohnutého rámu navijáku s cívkou ve středu. Stanoviště obsluhuje jeden operátor.

Na předmontáž rámu s cívkou se nasadí fixační plech. Vloží se do přípravku stroje, který pomocí senzorů ověří přítomnost, orientaci a správnost založení. Po opuštění prostoru světelné závory stroj spustí operaci zalisování fixačního plechu. Po vyjmutí dokončené sestavy operátor zkontroluje správnost zalisování pohledem a nasadí silikonový kroužek s rohátkou ve správné orientaci na cívku (viz Obrázek 17).

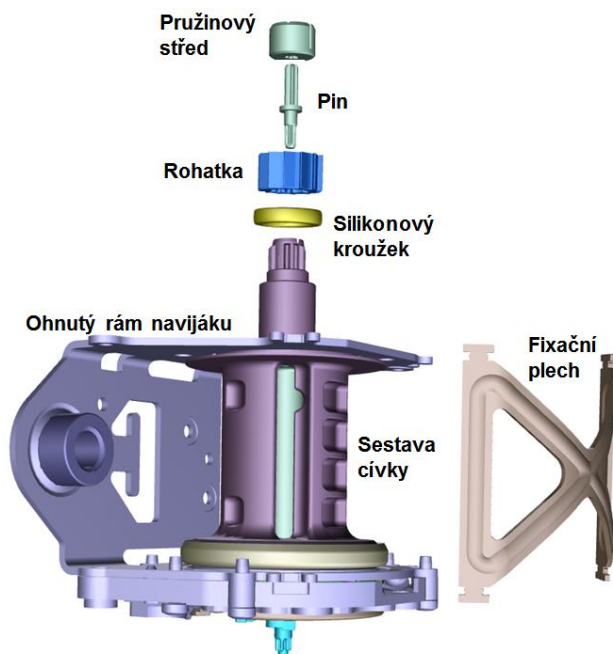
4.3.4 Montáž rohatky a kolíčku (N31-04)

Stanoviště, které s jednoduchým jednopozicovým poloautomatickým strojem obsluhuje jeden operátor (v případě nedostatku pracovníků v týmu se pro tuto a předešlou pozici 3 používá jeden operátor).

Operátor založí nedokončenou sestavu navijáku do přípravku a vsune správně orientovaný pin do lůžka lisu. Stiskne startovací tlačítko a stroj, souhlasí-li pozice a orientace založených dílů, provede operaci zalisování pinu.

Po dokončení procesu zalisování, vyjme obsluha stroje díl z přípravku a nasune na konec cívky s pinem plastový pružinový střed (viz Obrázek 17).

Obrázek 16 - Montáž fixační příčky, kroužku, rohatky, pinu a pružinového středu



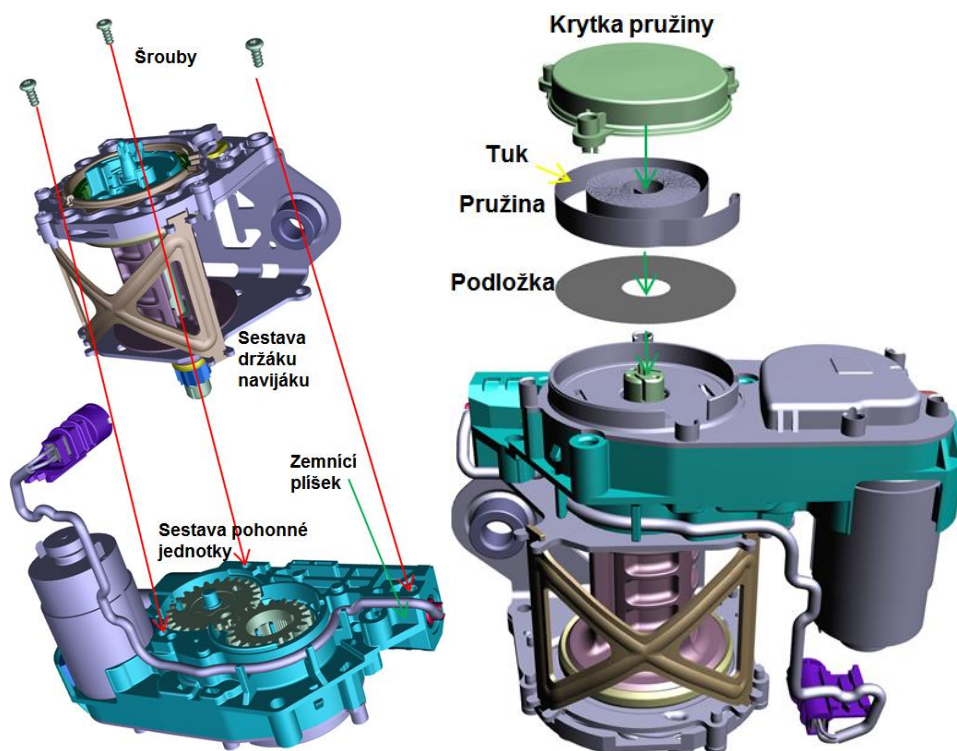
Zdroj: Autor, ZF TRW

4.3.5 Montáž držáku navijáku (N31-05a, b)

Pro šroubování držáku navijáku se z důvodů úzkého výrobního místa využívá duplikovaného stanoviště se dvěma identickými poloautomatickými šroubováky, které obsluhují dva operátoři.

Operátor založí prvně do pohonné jednotky zemnicí plíšek, poté převlékne a dotlačí kabel dle návodky do úchytů vedených podél jednotky. Poté sestavu jednotky založí do přípravku. Na ní nasadí sestavu držáku navijáku. Na konec šroubováku založí šroub a přišroubuje jím třikrát sestavy k sobě (viz Obrázek 18). Šroubovák po dosažení utahovacího momentu automaticky ukončí operaci šroubování. Kontrolu zašroubování všech tří šroubů zabezpečují senzory. Po úspěšném dokončení procesu operátor odkládá sestavu na dopravník.

Obrázek 17 - Montáž držáku navijáku k pohonné jednotce a navíjení pružinové kazety



Zdroj: Autor, ZF TRW

4.3.6 Navíjení pružinové kazety (N31-06)

Stanoviště se skládá z nejsložitějšího poloautomatického výrobního stroje se sedmipozicovým otočným stolem, který obsluhuje jeden operátor.

Operátor vyjme sestavu z pásového dopravníku a vloží ji do přípravku na první pozici otočného stolu. Nasazuje plechovou podložku a zakládá blokační kolíček (po navinutí pružiny do polohy drží cívku v požadované poloze do chvíle, než se cívka protáhne pásem na dalších linkách). Poté založí krytku, která obsahuje hodinovou pružinu a její konec zahákne do pružinového středu ukotveného na konci cívky (viz Obrázek 18). Spustí operaci tlačítkem, kdy kamera zkontroluje kód krytu pružiny a přítomnost všech dílů.

Na dalších pozicích se sejme kryt pružiny a ta se namaže pomocí tuku v několika bodech. Poté znovu přijede rozpracovaný díl k operátorovi, který kontroluje přítomnost tuku a nasazuje plastovou krytku pružiny včetně opakování první operace na první pozici. Znovu stiskne startovní tlačítko a stroj dokončí operaci navinutím cívky do požadované otáčky a vloží blokační kolíček, který cívku udrží v požadované pozici.

4.3.7 Montáž spojky (N31-07)

Jednoduché stanoviště montáže spojky je osazeno jedním poloautomatickým šroubovákem a přípravky pro usnadnění a zajištění montáže. Obsluhuje jej jeden operátor.

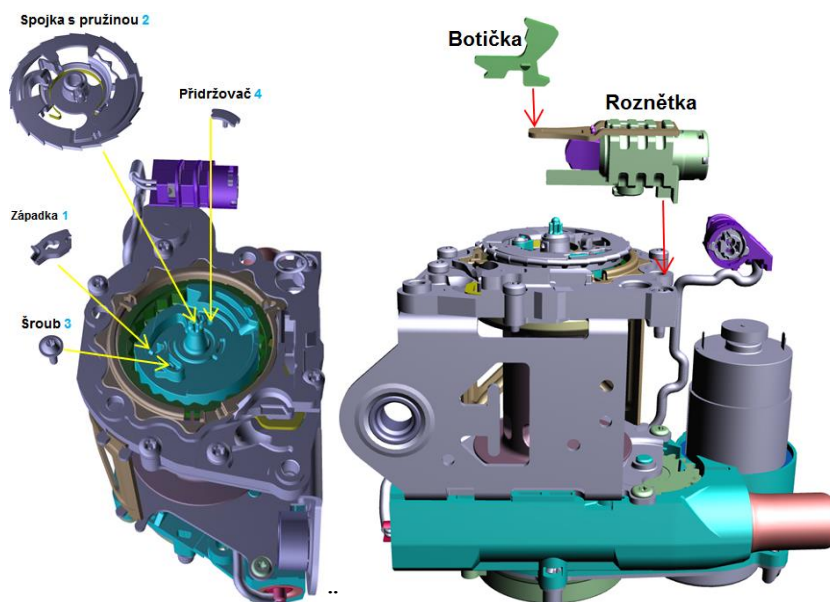
Navinutou sestavu navijáku s blokačním kolíčkem založí do přípravku. Operátor si předpřipraví sestavu spojky, kdy do jejího plastového těla založí kovovou západku a omega pružinu, kterou druhým koncem zahákne do cívky a následně zašroubuje šroubovákem s měřením dosažení utahovacího momentu (viz Obrázek 19). Poté vyzkouší funkci vratného pohybu spojky a vloží hotový díl na dopravník.

4.3.8 Lisování přidržovače („Downholder“, N31-08)

Další jednoduché jednopozicové stanoviště s lisem a přizpůsobeným přípravkem. Obsluhu provádí jeden operátor (v případě nedostatku pracovníků ve směně obsluhuje ve stejný čas i předchozí stanoviště montáže spojky).

Naviják s namontovanou spojkou se založí do přípravku. Stejně tak i součástka přidržovače se založí do lůžka lisu, kde její orientaci a správnost založení kontrolují senzory. Po opuštění světelné závory se spustí automatický proces lisování (viz Obrázek 19).

Obrázek 18 - Montáž sestavy spojky, lisování přidržovače a instalace roznětky SLL2.1



Zdroj: Autor, ZF TRW

4.3.9 Montáž roznětky SLL2.1 (N31-09)

Toto jednodušší stanoviště je používáno jen v případě výroby produktů ve verzi s funkcí SLL (Switch Load Limiter). V případě výroby jej tedy obsluhuje jeden operátor.

Prvním krokem je založení stávající sestavy navijáku do přípravku, který mechanicky upne a nastaví na správnou pozici klíček. Poté operátor založí vhodně orientovanou roznětku a mechanicky ji zatlačí a zasadí pomocí jednoúčelové páky. Poté vloží do otvoru roznětky tzv. „botičku“ (viz Obrázek 19). Stiskne tlačítko, které vyvolá vyfocení roznětky a dílů kamerou a ověření senzory. Jestliže je vše v pořádku přípravek uvolní naviják, tudíž je možnost ho odebrat.

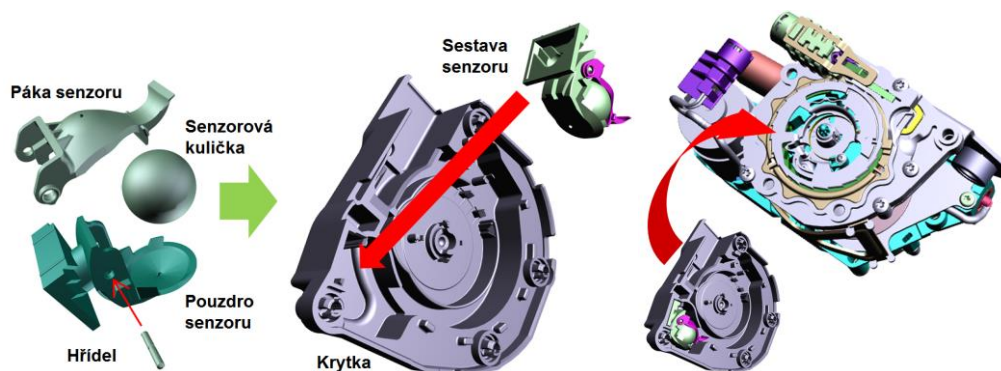
4.3.10 Montáž sestavy senzoru (N31-10)

Prostý poloautomatický stroj, který je umístěn ze strany linky a plní funkci předmontáže sestavy polohového senzoru, která je rozhodující pro správný chod a citlivost odvíjení pásu. Pracuje zde jeden operátor.

Do přípravku založí páku senzoru, kterou detekuje senzor. Poté vychýlí páčku, která pustí jednu vyčištěnou senzorovou kuličku skluzem přímo na páku senzoru. Na díly v přípravku pak nasadí plastové pouzdro senzoru. Vyjme ruce z optické závory a stroj automaticky zasune hřídel a sešije tím sestavu (viz Obrázek 20).

Poté založí sestavu senzoru do slotu v senzorové krytce a zatlačí ji až na doraz. Krytku včetně sestavy senzoru pošle skluzem na pozici N31-11.

Obrázek 19 - Montáž sestavy senzoru včetně montáže krytky se senzorem na naviják



Zdroj: Autor, ZF TRW

4.3.11 Montáž sensorové krytky (N31-11)

Lisovací poloautomatický stroj se dvěma protilehlými přípravky obsluhuje jeden pracovník.

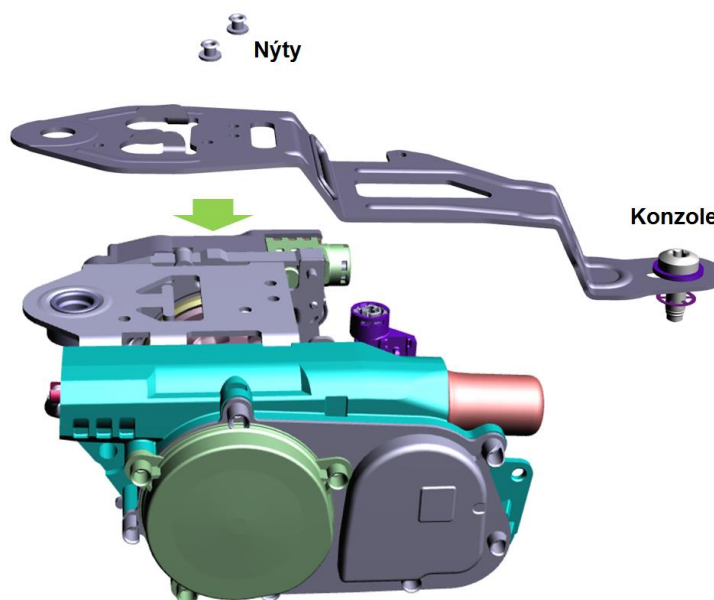
Do jednoho přípravku založí sestavu navijáku tak, aby byla v zafixované pozici. Upraví kabel pohonné jednotky a založí jej do krytu tak, aby během operace nedošlo k jeho poškození. Do druhého protilehlého přípravku založí krytku se senzorem ze skluzu od předešlé stanice (N31-10). Vyjmutí rukou z pracovního prostoru a prostoru světelných závor se spustí kamerová kontrola a stroj zalisuje krytku se senzorem na naviják (viz obrázek 20).

4.3.12 Nýtování konzole („Bracketu“, N31-12)

Poloautomatické stanoviště s nýtovacím nástrojem pro nýtování konzole navijáku. Obsluhuje jej jeden pracovník konečné kontroly (Team Leader).

Operátor založí naviják do přípravku ve stroji. Vyjme přípravek přidržující založené nýty a založí konzoli (viz Obrázek 21) na středící pozici. Opuštěním světelné závory dojde k automatickému zanýtování.

Obrázek 20 - Nýtování konzole navijáku



Zdroj: Autor, ZF TRW

4.4 Výchozí stav výrobní linky

Výroba na lince N31 probíhá v osmihodinových či dvanáctihodinových směnách, během nichž se střídají tři týmy operátorů (X, Y, Z). V případě nepřetržitého provozu je sestaven čtvrtý záložní tým (S). Střídání osmihodinových směn probíhá v intervalech hodin 6:00 (Ranní), 14:00 (Odpolední) a 22:00 (Noční). V případě dvanáctihodinových směn záleží na naplánování a koordinaci dostupnosti operátorů, kdy nejčastější interval je od 6:00 do 18:00. U osmihodinové směny se počítá čas na výrobu v délce 440 minut. Z toho vyplývá, že 30 minut zbývá na zákonné přestávky a 10 minut na předání linky nové směně či převzetí linky od směny minulé. Pro dvanáctihodinovou směnu je stanoven čas na výrobu 660 minut, kdy operátoři mají nárok na 50 minut přestávek a 10 minut na předání výrobní linky (stručně viz Tabulka 1).

Tabulka 1 - Výrobní časy směn linky N31

Typ Směny (h)	12	8
Čas stanovený pro výrobu (min)	660	440
Norma (ks)	2025	1350
Takt výroby jednoho kusu (s)	19,6	

V případě předávání výrobní linky je povinností konečné kontroly (Team leadera) odevzdat vyprázdněnou linku se spočtenými kusy nedokončené výroby dané zakázky. Během každého přestavení linky, najetí nové zakázky či předání linky jiné směně je povinností operátorů udělat příslušnou zkoušku korektury chyb tzv.: „Mistake proofing“ (MP) stroje k danému produktu dle návodů a označených vzorků, přičemž je možná asistence údržbáře či elektrotechnika. Dále předat první a poslední výrobek FOLO (First of, Last of) technikovi kvality (Dílenská kontrola), který posoudí a otestuje správnost výrobku dle zavedených požadavků v dokumentaci a zapíše výsledky kontroly (včetně nastavených parametrů strojů) do předtištěného formuláře a odevzdá jej k archivaci.

Dalšími zainteresovanými pracovníky vůči výrobě linky pracujících na směny jsou Cell leader (Směnový mistr), opravář, údržbář a elektrotechnik.

Směnový mistr (Cell leader) organizuje a rozděluje operátory během střídání směn, zabezpečuje a kontroluje výrobu zakázek, operačně řeší vzniklé neshody, dohlíží na chod svěřených linek a pravidelně reportuje stav chodu plánovačům výroby (oddělení logistiky)

a příslušnému týmu výrobního managementu. Jako nástroje používá PC s implementovaným softwarem SAP, služební email a interní podnikový telefon.

Opravář je odpovědný za velké množství linek, kdy jeho náplň práce spočívá v pravidelných obchůzkách, při nichž prochází linky a odebírá nedokončené/špatné rozpracované díly pomocí speciálního klíče ze tzv. „Scrap boxů“ (červeně označený koš na neshodné kusy výrobků), které dle jejich stavu a souhlasu dílenské kontroly protřídí, vyhodí, rozebere, opraví či vrátí zpět na příslušnou pozici do procesu linky, kde se díl správně dohotoví.

Údržbář nebo také seřizovač odpovídá za bezproblémový chod svěřených linek během výroby i stání. Provádí výměnu náplní a filtrů během výroby, seřizuje a opravuje vzniklé operativní neshody či poruchy jednotlivých strojů a přidružených zařízení. Přestavuje linky na jiný typ produktu při jejich přejezdu na novou zakázku. Zabezpečuje pravidelnou předepsanou údržbu jednotlivých strojů. Má obvykle k dispozici mechanické nářadí a prostředky k výkonu svého zaměstnání. V průměru jeden údržbář odpovídá za osm výrobních linek.

Elektrotechnik podobně jako předchozí seřizovač má na starost spolehlivý provoz jednotlivých výrobních linek. Jeho náplní je především odstraňovat poruchy ze strany softwarů, elektrotechniky a kamer. Nejčastěji tedy nastavuje kamery či inteligentní čidla a závady v kabeláži. K dispozici má pracovní vozík s nářadím a laptopem s příslušnými programy. V průměru připadá na jednoho elektrotechnika dvacet výrobních linek.

4.5 Měření a sběr dat

U každé výrobní linky je v závodě nainstalovaná tabule s předepsaným vzhledem a uspořádáním okének, kde pracovník konečné kontroly zapisuje každou hodinu počet vyrobených správných kusů vůči normě. Je tedy možné rychle získat pouhým obcházením linek přehled, kdo tuto směnu ztrácí, a kdo normu splňuje.

Jak už bylo výše uvedeno, Cell leader má za úkol reportovat stav, ve kterém se nachází či nacházely výrobní linky během jeho směny. Tento report se edituje pomocí šablony excelového souboru na předurčené adrese ve sdíleném síťovém disku. Tato šablona slouží týmu technologů, inženýrů kvality, zástupců z logistiky a výroby, kteří se schází každé ráno na výrobním meetingu, jako nástroj výrobního managementu k aktuálnímu přehledu a případným operativním nápravám.

Tato základní šablona, po konzultaci s odpovědným manažerem výroby, panem Kamilem Bořeckým, byla využita a rozšířena o další potřebné sloupce dat pro analýzu a výpočet celkové efektivity zařízení výrobní navijákové linky N31 (viz Tabulka 2). Úprava a počátek měření započal s nedělní noční směnou 25. června 2016 a trval až do 30. září 2016, tedy přes čtvrt roku.

Tabulka 2- Rozdělení sloupců šablony pro sběr dat z výrobní linky

Datum dd.mm.rr	Týden	Směna (x;y;z;s)	Výkon (Ks)	Produktivita vůči normě (%)	Nekvalita (ks)	Typ Platformy	Počet přejezdů na jiný produkt	Počet operátorů na lince	Prostoje (min)	Pracoviště
-------------------	-------	--------------------	---------------	-----------------------------------	-------------------	------------------	---	--------------------------------	-------------------	------------

Rozdělení druhu ztráty	Kategorie příčiny prostoje	Příčina prostoje	Dodatečné informace	Ztrátová doba směny (min)
------------------------	-------------------------------	------------------	---------------------	------------------------------

Z tabulky 2 jasně vyplývají jednotlivé informace, ze kterých bylo čerpáno v diplomové práci. Pro jednodušší prezentaci a pochopení nezainteresované osoby, byly příčiny prostoje rozděleny do patřičných kategorií, které je definovaly společnými vlastnostmi a dále podle druhů ztrát uvedených v předešlé kapitole 2.1 (tj. Výkonové, Operační, Plánované a Nekvalita). Tato skutečnost je využita při tvorbě Ishikawova diagramu v následující kapitole.

Ztrátová doba směny slouží k výpočtu CEZ, a jako doplňující informace pro zainteresovanou osobu. Vypočítává dobu, která by podle dané normy měla stačit na její stoprocentní uskutečnění. Tudíž může i v případě splnění normy na více než sto procent ukazovat zápornou hodnotu v minutách.

4.6 Vyhodnocení efektivity zařízení během měřeného období

4.6.1 Výpočet CEZ výrobní linky

Sběr dat byl zahájen 25. června 2016 a skončil posledním dnem v září téhož roku. Výpočet proběhl dle vzorců uvedených v teoretické části práce. Výsledky zahrnují celé období záznamu dat. Nejsou rozděleny například na efektivitu linky podle vyráběných

platformem, neboť se následujícími analýzami neprokázalo, že by mělo nastavení linky vliv na celkovou efektivitu výrobní linky.

V tabulce 3 jsou vypočteny dílčí proměnné, z nichž se určuje celková efektivita.

Tabulka 3 – Proměnné dílčí doby za období sběru dat pro výpočet CEZ

Proměnná pro výpočet CEZ	Zkratka	Hodiny	Minuty
Provozní doba [h]	tpro	2048	122880
Disponibilní doba [h]	tdis	2352	141120
Provozní doba bez prostojů [h]	tpol	1886	113177
Hrubá doba výroby [h]	thrv	1798	107893
Doba výroby [h]	tvyr	1622	97309
Využitelná doba výroby [h]	tvyv	1477	88634
Čistá doba výroby [h]	tcdv	1465	87875
Doba logistických prostojů [h]	tlp	13	786
Doba organizačních prostojů [h]	top	7	427
Nepožadovaná doba [h]	tnep	304	18240
Doba preventivní údržby [h]	tpu	10	603
Doba přestavování včetně seřizování [h]	tps	78	4681
Doba technologických poruch [h]	tpp0	176	10584
Doba funkčních poruch [h]	tpp5		
Ztrátová doba [h]	tzv	145	8675
Doba výroby neshodných výrobků [h]	tnv	13	759

Z výše uvedených hodnot byly vypočteny následující jednotliví ukazatelé Pohotovosti, Výkonnosti a Kvality. Výpočty byly provedeny podle vzorců uvedených v teoretické části práce.

Tabulka 4 - Výsledky výpočtu ukazatelů a celkové efektivity linky

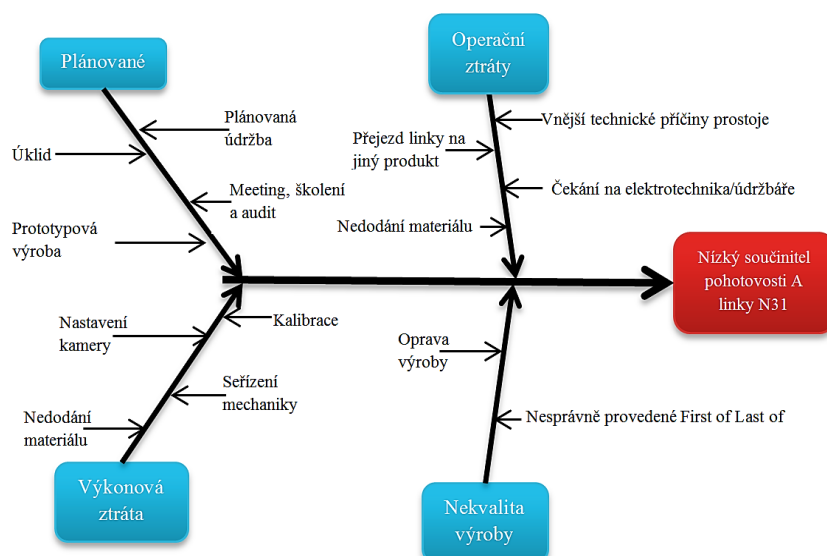
Součinitel	Zkratka	Výsledek	%
Přeřizování, přestavování, údržby	M	0,957	96%
Poruchovosti	F	0,909	91%
Pohotovosti ($A = M \times F$)	A	0,870	87%
Výkonnosti	P	0,911	91%
Kvality	Q	0,992	99%
Celková efektivita linky ($CEZ = A \times P \times Q$)	CEZ (OEE)	0,792	79%

Z výsledku je patrné, že celková efektivita linky se pohybuje na spodní hranici nejčastěji stanovovaných limitů efektivity v oblasti automobilového průmyslu. Během první subjektivní analýzy je zcela zřejmé, že za nižší celkovou efektivitou stojí z velké míry ukazatel pohotovosti A, tudíž prostoje linky. Z vyplývajícího důvodu je tomuto výsledku poskytnuta detailnější analýza v následujících kapitolách.

4.6.2 Diagram příčin a následků analyzované výrobní linky

Jak už bylo v předešlé kapitole naznačeno, pro sestavení Ishikawova diagramu se využilo rozdělení kategorií příčin a druhů ztrát tak, aby se situace zpřehlednila a jednoduše díky možnostem tohoto nástroje prezentovala. Následující diagram (viz Obrázek 22) příčin a následků tedy zobrazuje jednotlivé druhy a jeho kategorie příčin, které mají přímý negativní vliv na součinitel pohotovosti linky během výrobní doby.

Obrázek 21 - Ishikawův diagram součinitele pohotovosti linky N31



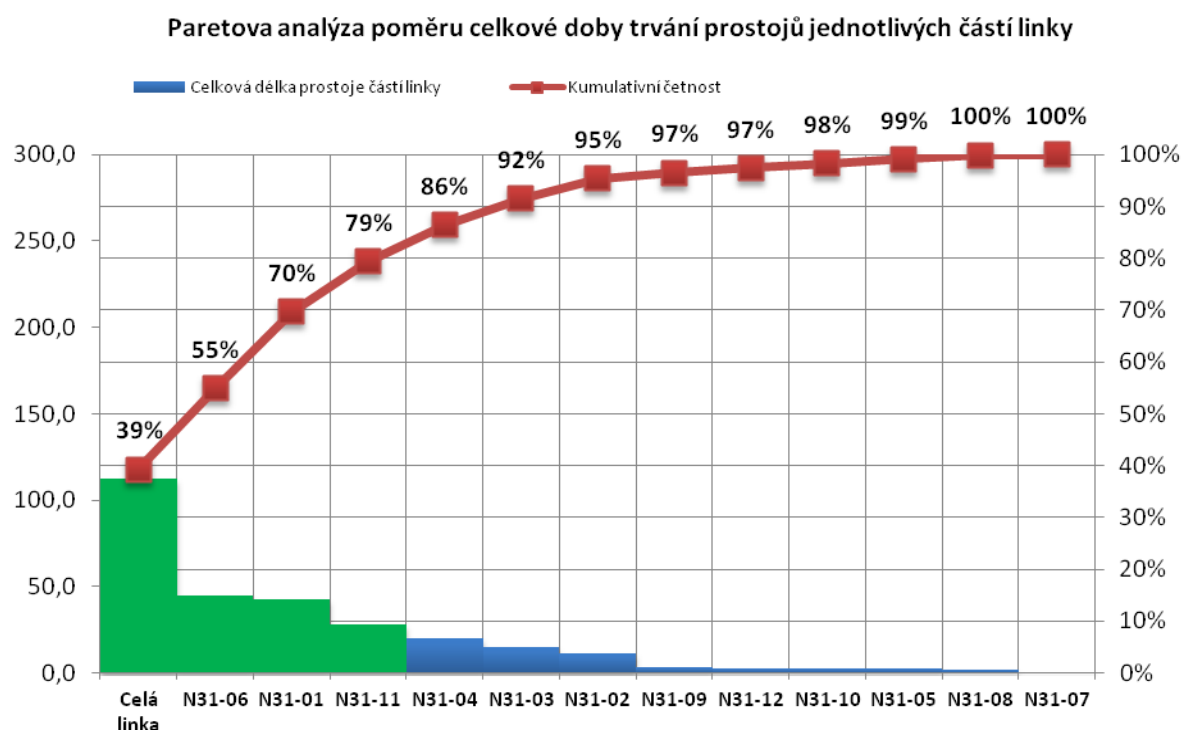
Zdroj: Autor

4.6.3 Analýza hlavních příčin prostojů

Pomocí paretova pravidla, ze kterého plyne, že za dvacetí procenty příčin stojí osmdesát procent nežádoucích jevů, byla vytvořena mnohačetná kombinace paretových analýz (viz Příloha). Pro přehlednost jsou níže uvedené grafy 1 a 2, kde je souhrn kořenových příčin zobrazen právě grafem dle paretova principu.

Graf 1 je analýza doby prostojů podle jednotlivých stanovišť včetně linky jako celku. Z grafu je snadno odhalitelné, že nejčastěji linka nevyrobí právě díky obecné příčině (např. přejezd na jiný produkt, prototypová výroba, školení, viz Příloha). Ovšem v dalších stupních jsou zobrazeny stanoviště navíjení pružiny (N31-06), šroubování elektromotoru (N31-01) a montáž sensorové krytky (N36-11).

Graf 1 – Vliv jednotlivých částí linek na celkovou míru prostojů linky N31



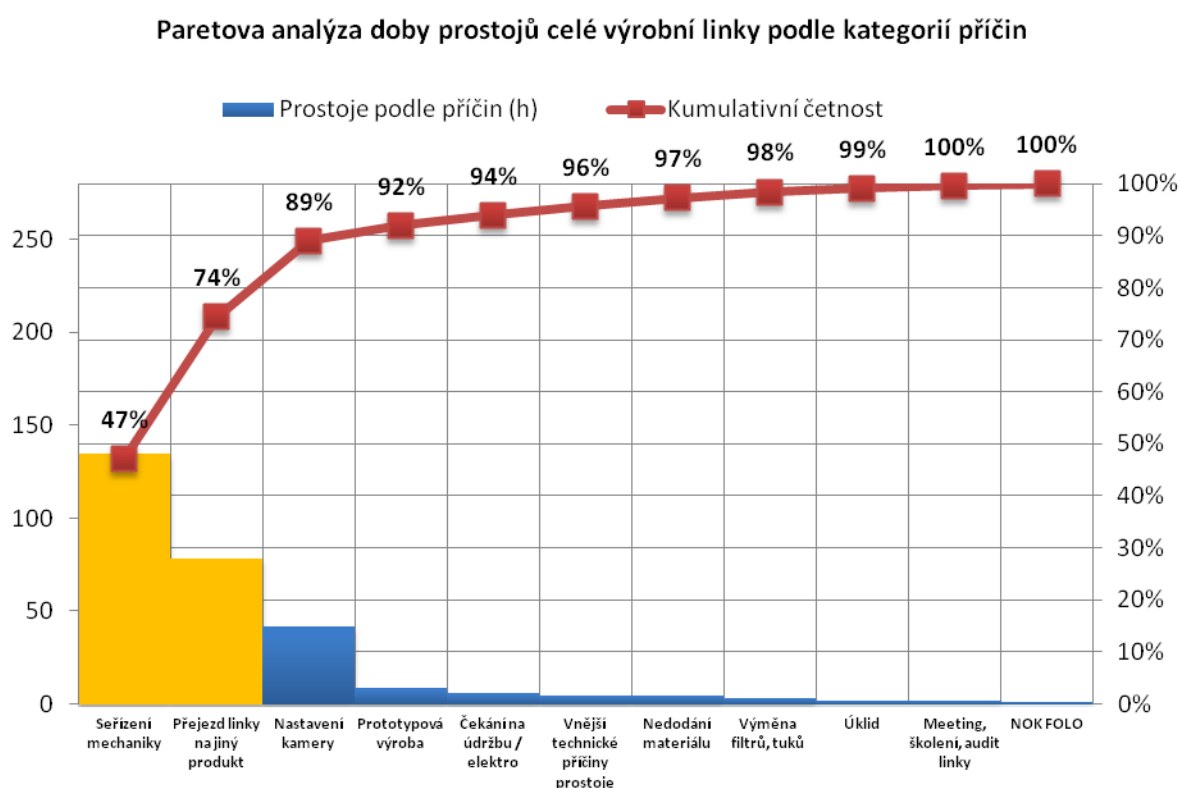
U stroje pro navíjení pružiny je nejčastěji jako důvod prostoje udáváno nastavení servomotoru a navíjení do potřebné pozice, tedy kategorie seřizování stroje (viz Příloha Graf 13 a 14).

Šroubování elektromotoru nejčastěji nevyrobí z důvodu poruchy šroubováku či nastavení kamery (viz Příloha Graf 3 a 4).

Při montáži senzorové krytky má stanoviště obvykle problém s množstvím kamerových kontrol, tudíž prostoje jsou zapříčiněny jejich seřizováním (viz Příloha Graf 19 a 20).

V grafu 2 je směr hlavních prostojů charakterizován jejich příčinami, tudíž stanoviště nehrají v grafu roli. Z tohoto grafu tedy vyplývá, že nejčastější a nejdelší prostoje linky jsou způsobeny mechanickým seřízením převážně pouze za účasti údržbáře nebo elektrotechnika, a taktéž během přejezdu linky na jiný produkt, jež je výsadou pouze „celé linky“ z předchozího grafu 1.

Graf 2 – Analýza vlivu jednotlivých kategorií příčin na prostoje linky



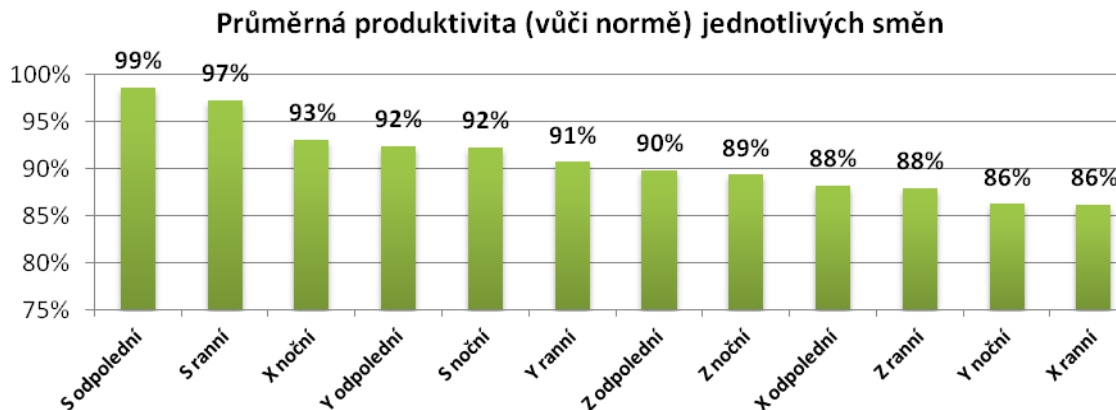
4.7 Výkonnost a kvalita výrobní linky

Po zhodnocení výkonnosti výrobní linky je ve sloupcovém grafu 3 znázorněna produktivita vůči normě v procentech podle různých směn.

Je zde zajímavé, že mezi nejhorší směny patří směny ranní a až poté noční. V případě směny X byl obměněn, v průběhu prvního týdne, celý výrobní tým za nové pracovníky, tudíž je pochopitelná jejich výkonnostní ztráta. Nadále lze vysvětlit slabou výkonnost ranních směn občasnou přítomností prototypového týmu, který linku N31 využívá právě pro výrobu různých prototypů a k předsériové výrobě. Také v ranních směnách se

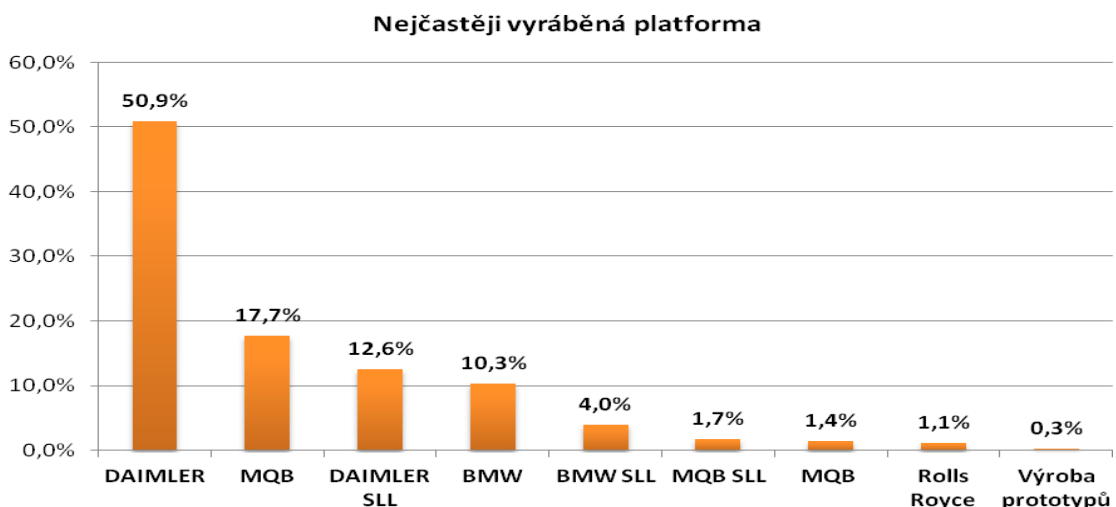
nejčastěji plánují různé úpravy a instalace nových doplňků, audity a obchůzky. Odpolední směny vychází obecně jako nejvýkonnější, neboť je v závodě stále přítomný management a vedoucí pracovníci. Tuto „pohonnou“ výhodu tedy ztrácí směny noční.

Graf 3 - Produktivita směn během měřeného období

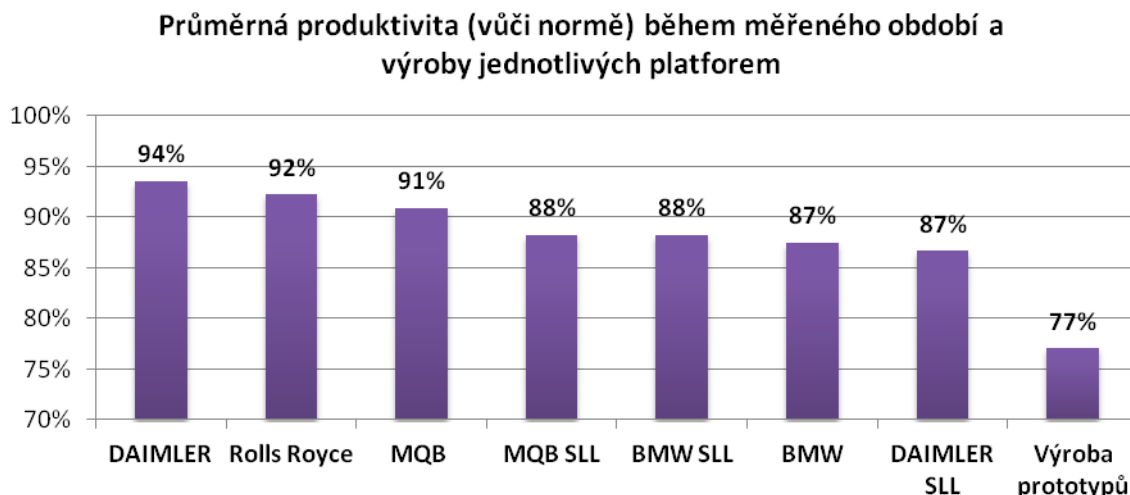


V případě závislosti výkonnosti na vyráběné platformě produktu pro konečného zákazníka v grafu 4 vychází, že výrobní linka více jak z poloviny dodává sestavy navijáků určené pro Daimler. Je tedy vhodné, aby výkonnost linky byla během výroby Daimleru nejvyšší. Dle grafu 5 je zřejmé, že výkonnost u produktů pro Daimler je nejvyšší. Výrazné zhoršení tedy nastává v případě výroby navijáku ACR2 s verzí SLL, která podmiňuje připojení devátého stanoviště včetně operátora, přičemž se negativní vliv náchylnosti na poruchu a lidský faktor podepisuje právě na výkonnosti celé linky.

Graf 4 – Podíl vyráběných platform během měřeného období



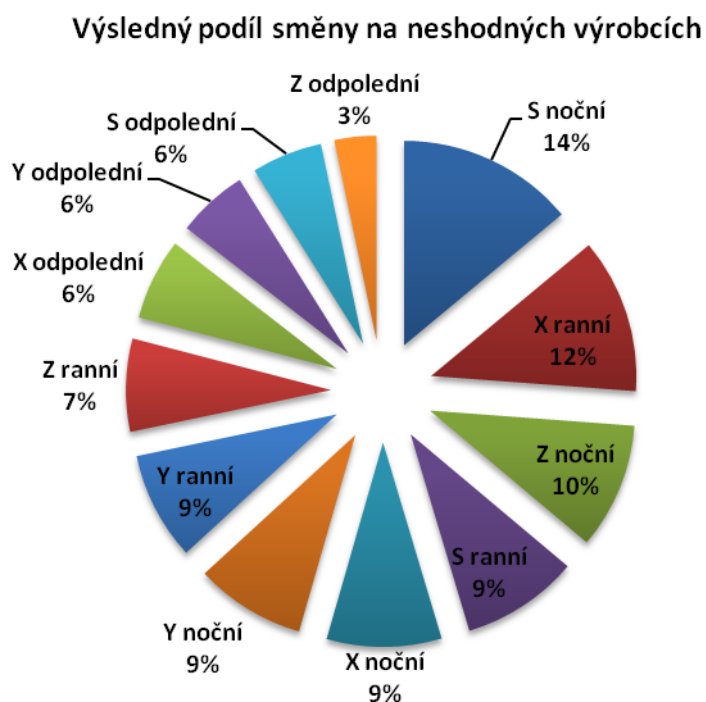
Graf 5 - Produktivita dle platformem



V případě kvality výroby u linky byl zpracován graf 6, který znázorňuje procentuální poměr jednotlivých směn k celkovému počtu vyrobených neshodných výrobků během měřeného období. Nejčastěji pak neshodné výrobky vznikají pádem ze stroje či z rukou pracovníků.

Podobně jako u výkonnosti podle směn je zde na předních příčkách umístěna ranní směna X, která byla osazena v průběhu období měření novým týmem. Největší podíl neshodných výrobků drží průměrně noční směny.

Graf 6 - Podíl směn na neshodných výrobcích během měřeného období



5 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A DOPORUČENÍ

5.1 Zvýšení celkové efektivity zařízení

V předchozích kapitolách byl popsán a analyzován stav podle jednotlivých ukazatelů ovlivňující výslednou hodnotu CEZ. Nejnižší hodnotu, tudíž nejvíce negativní vliv, měl ukazatel pohotovosti, který obsahuje zejména prostoje linky, tedy dobu výroby „ t_{vyr} “.

Jako nejčastější příčiny prostoje se ukázaly: přestavování linky na jiný produkt, seřizování mechaniky a nastavování kamer, a to zejména u těch nejsložitějších strojů. Zvýšená doba prostoje byla z velké části způsobena sníženým stavem počtu pracovníků údržby a elektrotechniků, kteří mají odpovědnost za více linek, nežli by pro udržení kondice zařízení měli mít. Tudíž se během měřeného období vyskytovala situace, kdy několik linek stálo z důvodu poruchy stroje, nebo čekalo ve frontě na přestavení.

Další potenciál na zlepšení a zvýšení pohotovosti je v úzkých místech, zejména ve stanovištích, které jsou označeny pomocí paretoových analýz jako nejčastější. Tyto stanoviště je vhodné technologicky upravit tak, aby se rizikovým strojním a elektrotechnickým částem snížila četnost poruch, a tedy jejich požadavek na seřizování, a tím byl jejich podíl na prostojích co možná nejmenší.

5.2 Návrh zavedení postupu neustálého měření CEZ

Data a informace pro efektivní využití nástroje CEZ během stanovených termínů a intervalů lze sbírat pomocí automatizovaného postupu a zavedení systému automatického sledování a vyhodnocování pomocí algoritmů, zavedených přímo v softwarech sledovaných strojů a linek. Tento princip není však vhodný a aktuální, neboť většina výrobních linek včetně měřené nejsou projektovány na přímé a aktuální sdílení dat do určených míst.

Zbývá tedy u již zavedených linek zapojit lidské úsilí a odpovědnost k práci pomocí jasně stanoveného systému sběru dat a informací pro výpočet a prezentaci efektivity výroby jednotlivých linek a strojních zařízení.

První možnost se skrývá v jednoduchém a doposud užívaném způsobu zaznamenávání výrobních dat do tabulkových šablon, které se následně nahrají na sdílený disk podle jasně stanoveného postupu. Tabulky byly rozšířené o jednotlivé sloupce, které upřesňují přehlednost zapisovaných informací a lze z nich vcelku jednoduchým způsobem zhotovit

grafy a výpočty ukazující celkovou efektivitu zařízení. Obecné údaje a výpočty pro tyto ukazatele lze umístit do šablony pomocí zamknutých vzorců a maker, nebo přidělit pracovní odpovědnost za výpočet výsledných hodnot pověřenému pracovníkovi, který ovládá MS Excel alespoň na průměrné úrovni.

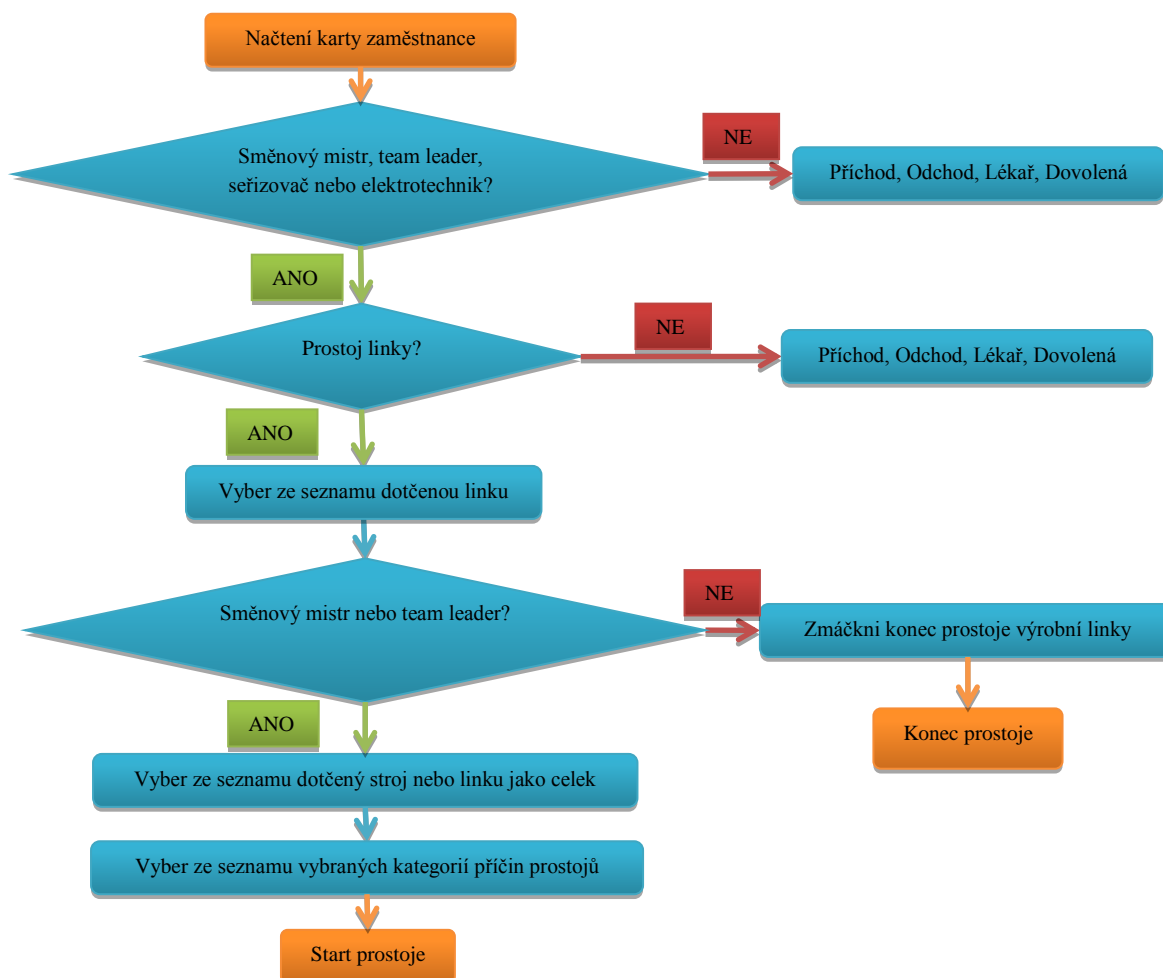
Další možnou variantou je sběr informací pomocí již instalovaných docházkových terminálů Saitech Logic X50. Terminály jsou instalovány na mnoha místech po celém areálu závodu včetně výrobních hal, kde přibližná vzdálenost od každé výrobní linky bývá zhruba patnáct metrů. Jsou tedy rychle dostupné. Tyto terminály doposud fungují pro správu docházky zaměstnanců přes implementovaný software Powerkey a dále se přes tyto terminály volá asistence údržby, která vidí pořadí linek na plochých obrazovkách vyvěšených po celé výrobní hale. Tato služba funguje přes rozšířený a multifunkční podnikový software SAP.

Princip návrhu sběru dat spočívá v uvolnění funkce terminálu pro čipové karty team leaderů a směnových mistrů, aby mohli odstartovat prostoje. Přes terminál by tyto odpovědné osoby načetly svou kartu, zvolily by linku či stroj a vybraly by příslušnou kategorii příčiny z předdefinovaného seznamu (viz Graf 7).

Na plochých obrazovkách by se objevila zpráva potřeby seřizovače spolu s dalšími informacemi jako je plynoucí doba prostoje, označení linky a dané stanoviště. Po opravě a zprovoznění linky by údržbář či elektrotechnik pomocí své karty tento prostoje ukončil.

Tento princip by tedy zaznamenával čas prostoje linky a rozděloval by je do jednotlivých pozic a předurčených kategorií příčin. V případě využití terminálů ke sběru dat, by byla možnost provázat a nastavit software SAP, jež by přes algoritmus vyhodnotil hotové ukazatele efektivit strojů a mohl je prezentovat na sdíleném disku či navržené intranetové stránce přes vytvořenou aplikaci. Do této aplikace by měli přístup směnoví mistři, kteří by na konci směny dané linky pouze zapsali do předurčených kolonek data (typ směny, počet neshodných výrobků za směnu, počet vyrobených dílů) potřebná k vytvoření kompletních a aktuálních analýz, včetně výsledků výpočtů celkové efektivit zařízení.

Graf 7 - Vývojový diagram načtení a ukončení odpočtu prostoje pomocí docházkového terminálu



Tato aplikace by byla mnohem složitější a náročná na implementaci a zaučení pracovníků výroby. Byla by zde náročnost zavedení správně funkčního systému jako projektu a náklady na vymezení interních pracovníků z oddělení IT, nebo nájem implementace systému od externího specialisty.

Výhody v případě uskutečněné aplikace systému sběru dat a následné kontinuální analýzy, včetně výpočtu celkové efektivity zařízení, jsou v jednoduchosti a přímočarosti získávání dat, které slouží jako funkční nástroj pro rozhodování a uplatňování nápravných opatření s cílem co nejvyšší efektivity výroby.

Nevýhody jsou opět zejména v lidském faktoru při výrobě, kdy sdílení informací mezi jednotlivými pracovníky a jejich zápis nemusí být zcela správný, či do vytvořené šablony nebude zohledněna zvláštní situace, která nasměruje výsledky automaticky počítaných analýz neobjektivním směrem. Je proto nutné do projektu návrhu započítat zkušební provoz a patřičným osobám udělit pravomoc v průběhu používání navrhovaného systému zasáhnout do logiky a zápisu dat využívané aplikace.

6 ZÁVĚR

Předkládaná diplomová práce se zabývá analýzou celkové efektivity výrobní linky pásových navijáků a strojních zařízení ve společnosti TRW Carr, s.r.o. ve Staré Boleslavi a návrhem na zavedení systému sběru dat nejen pro měřenou výrobní linku navijákových sestav N31, ale i pro výrobu jako celek. Měřená výrobní linka byla vybrána z důvodu nejvyšší vytíženosti vůči ostatním výrobním linkám s podobným produktem.

V teoretické části diplomové práce jsou nejdříve popsány základní definice a využití metodiky CEZ, způsoby vyhodnocování, konstrukce výpočtů jednotlivých ukazatelů, jednotlivé nástroje a kroky pro vyhodnocování OEE. Následně jsou stručně charakterizovány pomocné kvalitativní nástroje, které se obvykle během analýz spojených s celkovou efektivitou zařízení využívají pro lepší a účelnější uplatňování.

V cílech a metodice práce je, po teoretickém úvodu práce, stručně naznačen směr praktické části a důvod jejího vyhodnocení.

Struktura části vlastní práce obsahuje pozvolné seznámení s výrobním podnikem ZF TRW ve Staré Boleslavi, produktem aktivně řízeného navijáku, který je předmětem výroby měřené linky. Následuje detailnější seznámení s linkou jako celkem, včetně popisu postupů jednotlivých výrobních stanovišť.

Sběr dat byl uskutečněn v období červen – září 2016, kdy bylo využito a rozšířeno zapisování tabulkových reportů pro podnikové výrobní řízení, ze kterých následně vyplynula určitá metoda ručního sběru a záznamu dat pro využití výpočtu CEZ a jednotlivých analýz úzkých míst.

Linka byla detailně analyzována pomocí paretových grafů, aby se poukázalo na nejslabší místa linky, respektive jednotlivých stanovišť. Po výpočtu celkové efektivity linky se jako nejslabší článek ukázala pohotovost linky. Hlavním cílem tedy je její zvýšení.

V poslední části diplomové práce jsou obecně zhodnoceny výsledky sběru dat/měření, poukázáno na nejčastější příčiny prostojů a představen návrh pro zlepšení pohotovosti i výkonu linky. Dílčí poznatek vyústil v návrh zavedení pravidelného a efektivního měření dat pro výpočet CEZ i jednotlivých analýz, který je popsán slovně a doprovází jej vývojový diagram principu získávání dat pomocí docházkových terminálů.

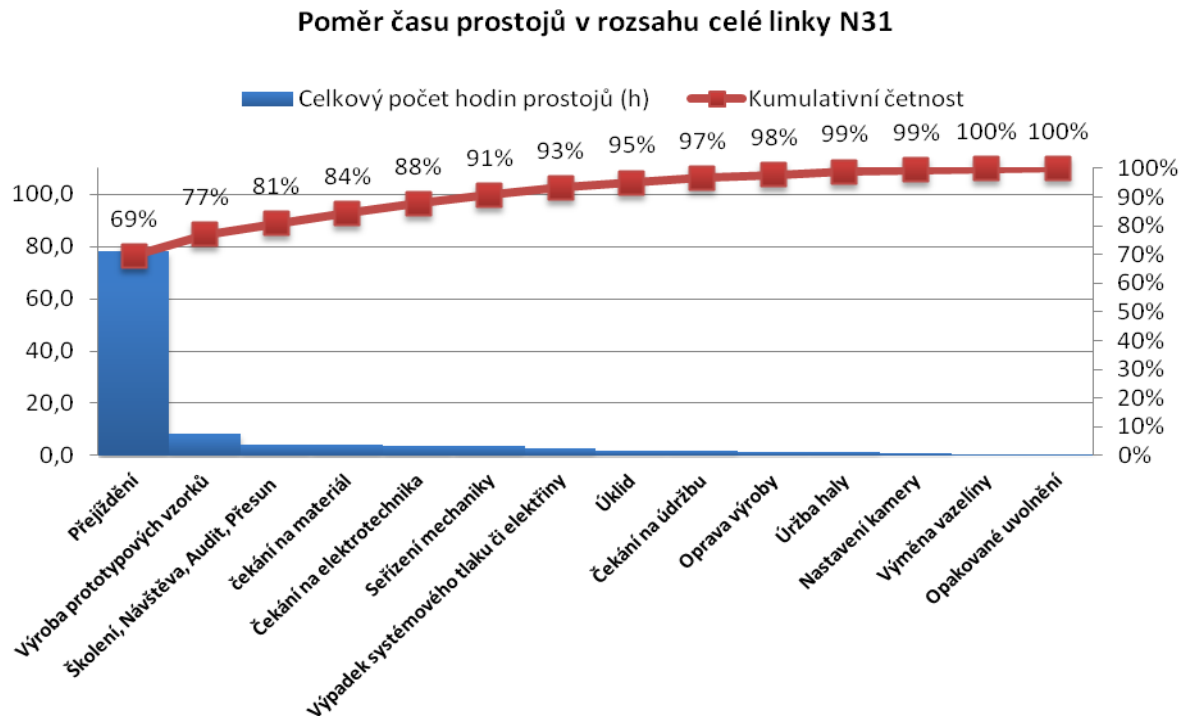
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] **Basu, Ron.** *Implementing Six Sigma and Lean: a practical guide to tools and techniques.* Oxford : Betterwirth-Heinemann, 2009. 978-1856175203.
- [2] **Bauer, Miroslav a Haburaiová, Ingrid.** *Leadership s využitím kaizen a lean: Pohádky pro unavené manažery.* Brno : BizBooks, 2015. 978-80-265-0390-3.
- [3] **Košturiak, Ján, Frolík a Zbyněk.** *Štíhlý a inovativní podnik.* Praha : Alfa Publishing, 2006. 80-868-5138-9.
- [4] **Wanichko, Jerry.** Tři pilíře celkové efektivity zařízení OEE. *Řízení a údržba.* [Online] 2015. [Citace: 26. Prosinec 2016.] <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/tri-pilire-celkove-efektivita-zarizeni-oee/>.
- [5] *Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE).* **Bmaber, C.J., a další, a další.** 12, místo neznámé : Journal of Quality in Maintenance, 2003, Sv. 3.
- [6] **Mann, David.** *Creating a lean culture: tools to sustain lean conversions.* místo neznámé : Third edition. 9781482243239.
- [7] **Shirose, Kunio.** *TPM for workshop leaders.* Cambridge : Mass: Productivity Press, 1992. 9780915299928.
- [8] **Andrýsek, Leoš.** Možnosti zvyšování celkové efektivity zařízení. [Online] 2008. [Citace: 2017. Leden 17.] <http://slideplayer.cz/slide/1922734/>.
- [9] **Bauer, Miroslav.** *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě.* Brno : Bizbooks, 2012. 9788026500292.
- [10] **Belohravec, Peter.** *OEE: Overall Equipment Effectiveness.* Buenos Aires : Blue eagle group, 2006. 978-98-7122-341-1.
- [11] **Bufferne, Jean.** *Le guide de la TPM Total Productive maintenance.* Paříž : Eyrolles, 2011. 9782212551884.
- [12] **Vochozka, Marek a Mulač, Petr.** *Podniková ekonomika.* Praha : Grada, 2012. 978-80-247-4372-1.
- [13] **Rakýta, Miroslav.** Management údržby vyžaduje projektové řízení. *Moderní řízení.* [Online] 2007. [Citace: 28. Prosinec 2016.] <http://modernirizeni.ihned.cz/c1-20362570-management-udrzby-vyzaduje-projektoverizeni>.
- [14] **Stamatis, D.H.** *The OEEE primer: understanding overall equipment effectiveness, reliability and maintainability.* Boca Raton : CRC Press, 2010. 978-143981-406-2.
- [15] **Braun, Vlastimil.** Zvyšování OEE díky moderním IT řešením. *Řízení a údržba.* [Online] 2014. [Citace: 30. Prosinec 2016.] <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/zvysovani-oee-diky-modernim-it-resenim/>.
- [16] **Ljungber, Anders a Larsson, Everth.** *Processbaserad verksamhetsutveckling.* Lund : Studentlitteratur, 2001. 978-91-4401-270-4.
- [17] **Hansen, Robert C.** *Overall Equipment Effectiveness: A powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits.* NY : Industrial Press Inc., 2001. 978-083113-138-8.

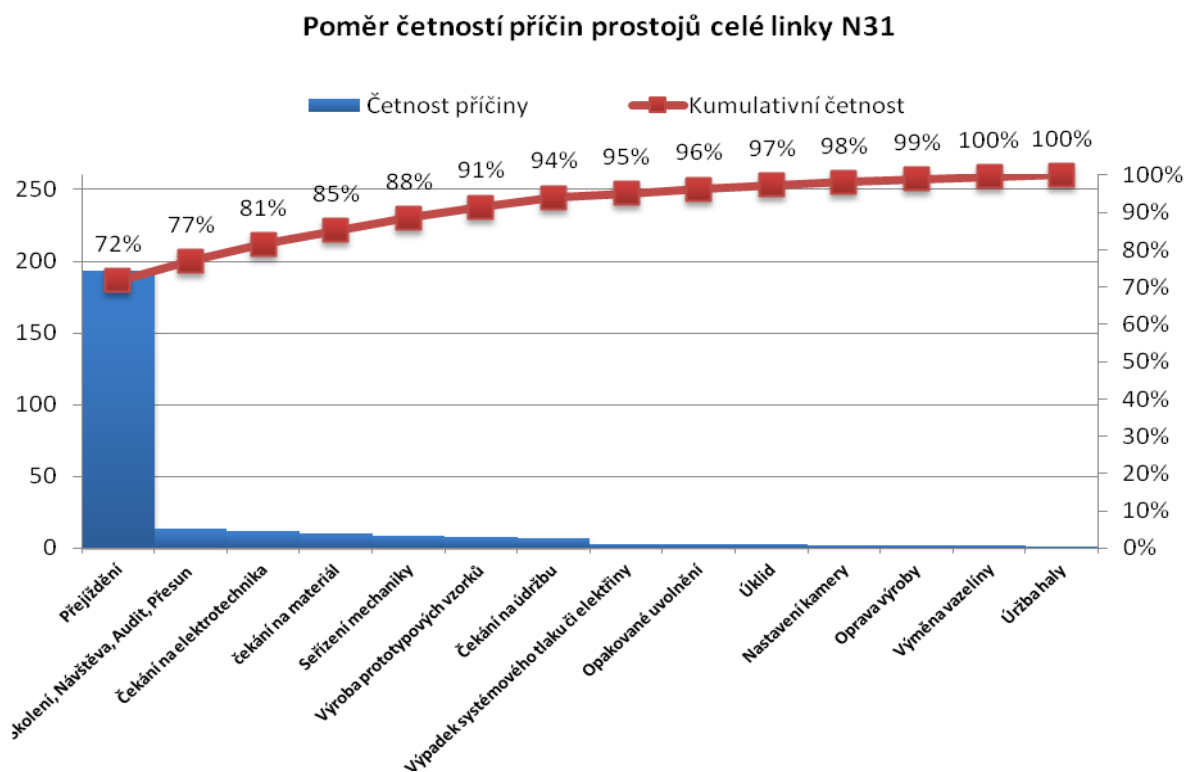
- [18] **Košturiak, Ján.** *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků.* Brno : Computer Press, 2010. 978-80-251-2349-2.
- [19] **Boledovič, Ludovít.** CEZ (OEE). *IPA Slovník.* [Online] 2007. [Citace: 5. Leden 2017.] <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/cez-oee>.
- [20] *Ukazatele efektivnosti zařízení.* **Aleš, Zdeněk, Legát, Václav a Jurča, Vladimír.** Praha : Česká společnost pro údržbu, 2012. 978-80-213-2312-4.
- [21] **Legát, Václav.** *Management a inženýrství údržby.* Příbram : Professional Publishing, 2013. ISBN 978-80-7431-119-2.
- [22] **Willmott, Peter a Mccarthy, Denis.** *TPM a route to world-class performance.* Oxford : Butterworth-Heinemann, 2001. 978-075064-447-1.
- [23] *Machine efficiency and man power utilization on production lines.* **Skal, Subramaniam.** Melaka : Cambridge, 2009. <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2009/cambridge/EHAC/EHAC10.pdf>.
- [24] **Patočka, Miroslav.** OEE a odvozené ukazatele TEEP, PEE, OAE, OPE, OFE, OTE a CTE. [Online] 2013. [Citace: 14. Leden 2017.] <http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/133-oee>.
- [25] **Pecha, Adam.** *Metody managementu kvality v automobilovém průmyslu.* Praha : Česká Zemědělská Univerzita, 2015.
- [26] **Belcharz, Pavel.** *Základy moderního řízení kvality.* Praha : Ekopress, s.r.o., 2011. ISBN 978-80-86929-75-0.
- [27] **Plura, Jiří.** *Plánování a neustálé zlepšování jakosti.* Praha : Computer Press, 2001. ISBN 80-7226-543.
- [28] **Management Mania.** www.managementmania.com/cs. [Online] 2013. [Citace: 5. Únor 2015.] www.managementmania.com/cs.
- [29] **Nenadál, Jaroslav, a další, a další.** *MODERNÍ MANAGEMENT JAKOSTI.* Praha : Management Press, s.r.o., 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [30] **Střelec, Jiří.** Pareto analýza. *Vlastní cesta.* [Online] 1. Červen 2006. [Citace: 25. Únor 2017.] <http://www.vlastnicesta.cz/metody/pareto-analyza/>.
- [31] **Tomašílková, Veronika.** *Aplikace 7 starých a 7 nových nástrojů řízení kvality ve společnosti Metalliset CZ s.r.o.* Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010.
- [32] **Hutyra, Milan.** *Management jakosti.* Ostrava : VŠB - TUO, 2007. ISBN 978-80-248-1484-1.
- [33] ZF TRW Czech Republic. *TRW Carr s.r.o. Stará Boleslav.* [Online] ZF TRW. [Citace: 30. Leden 2017.] <http://www.trwczech.cz/>.

PŘÍLOHA

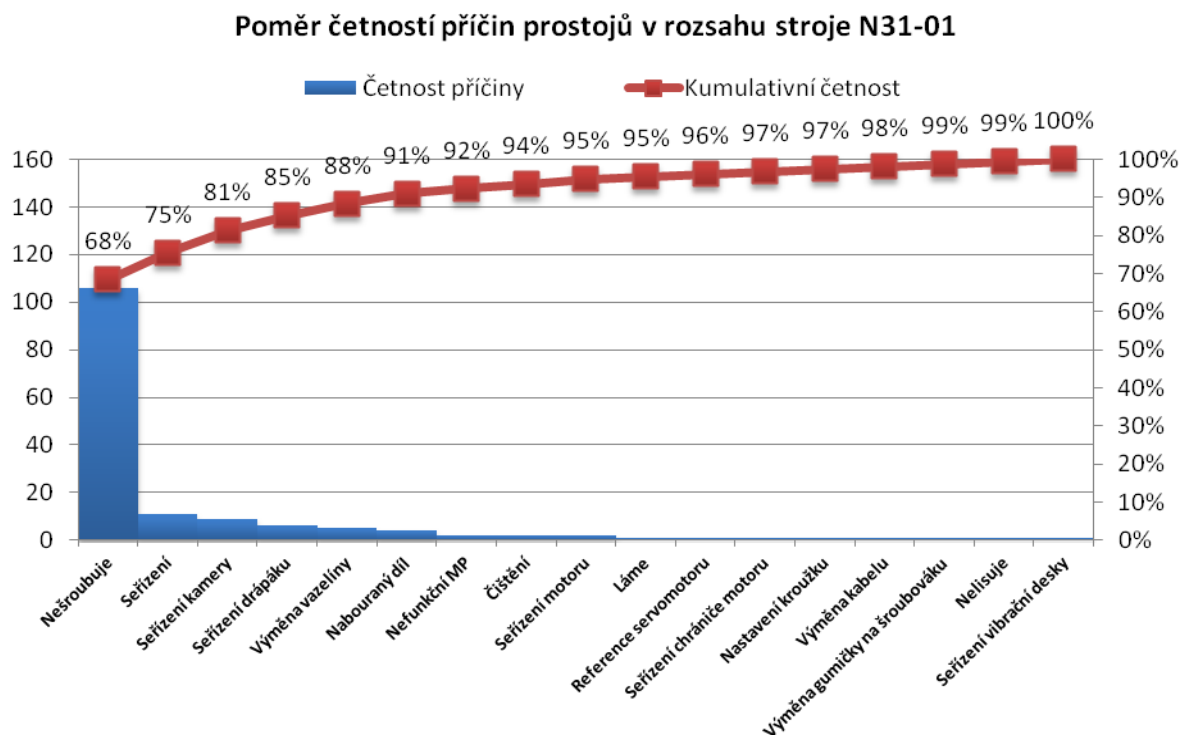
Graf 1 – Analýza času prostojů v rozsahu příčin celé linky N31



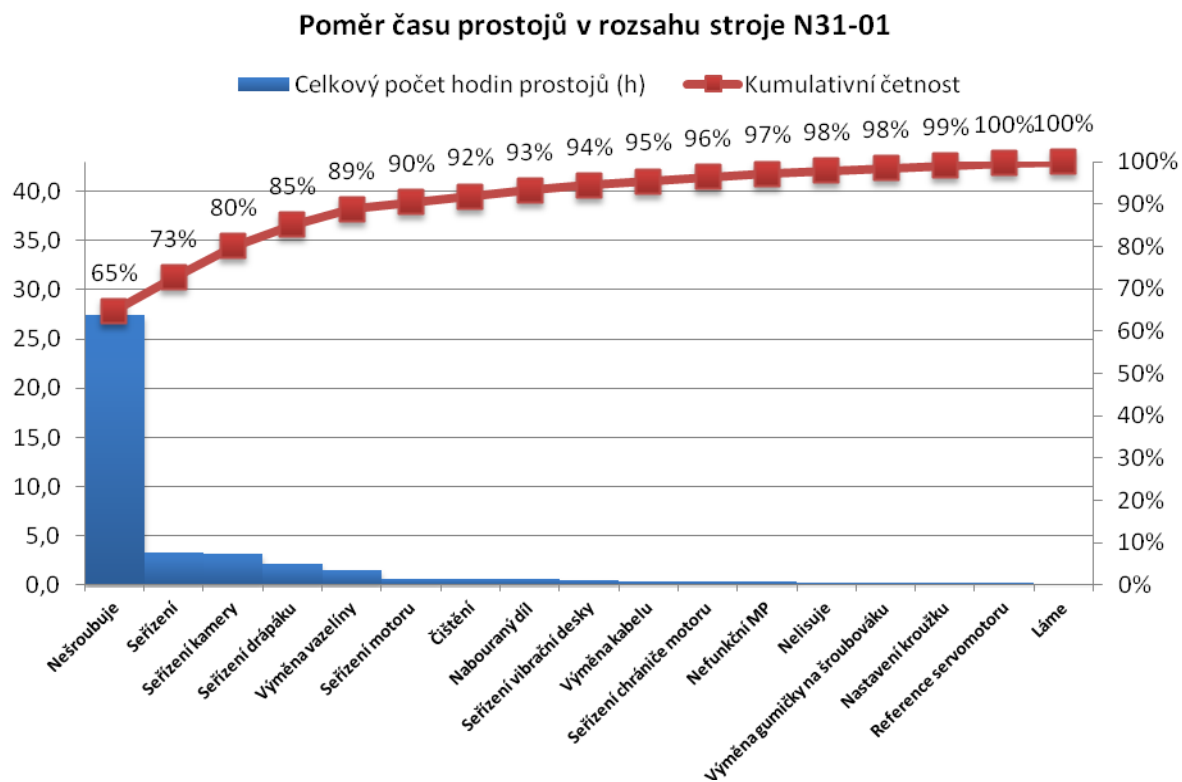
Graf 2 – Analýza četností příčin prostojů v rozsahu celé měřené linky



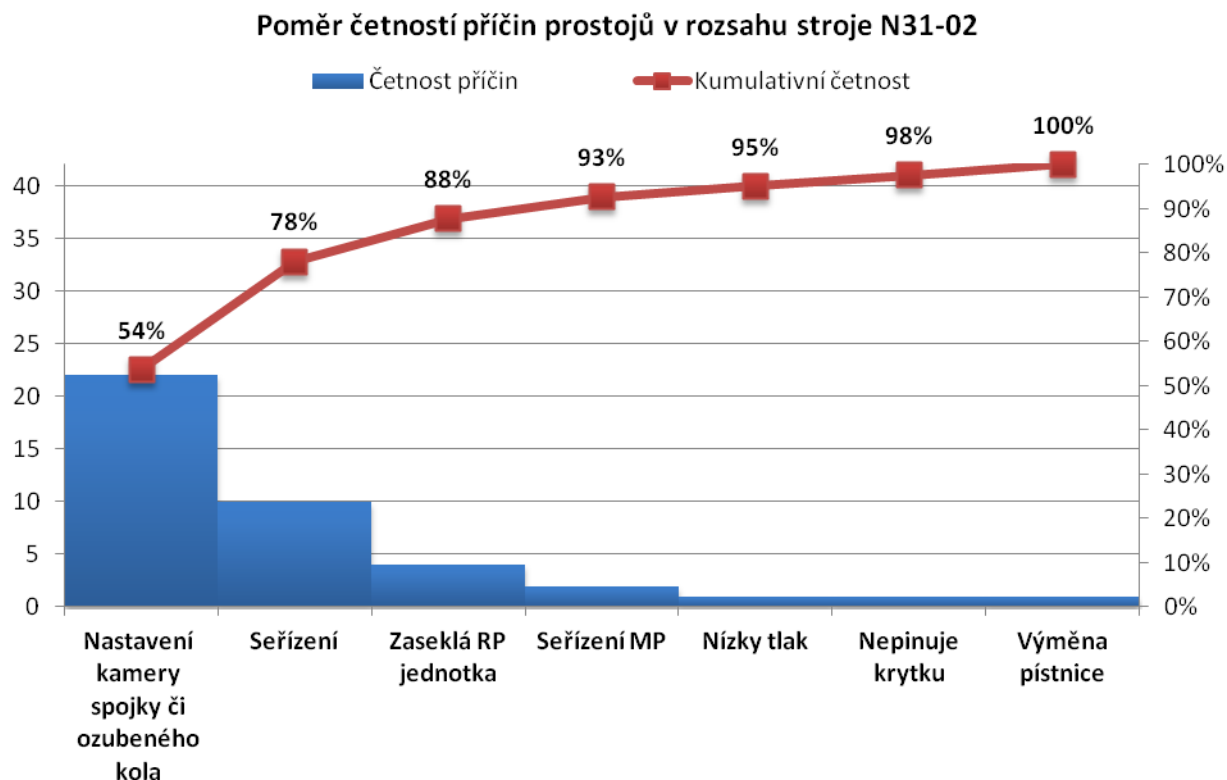
Graf 3 – Analýza četností příčin prostožů prvního stanoviště měřené linky



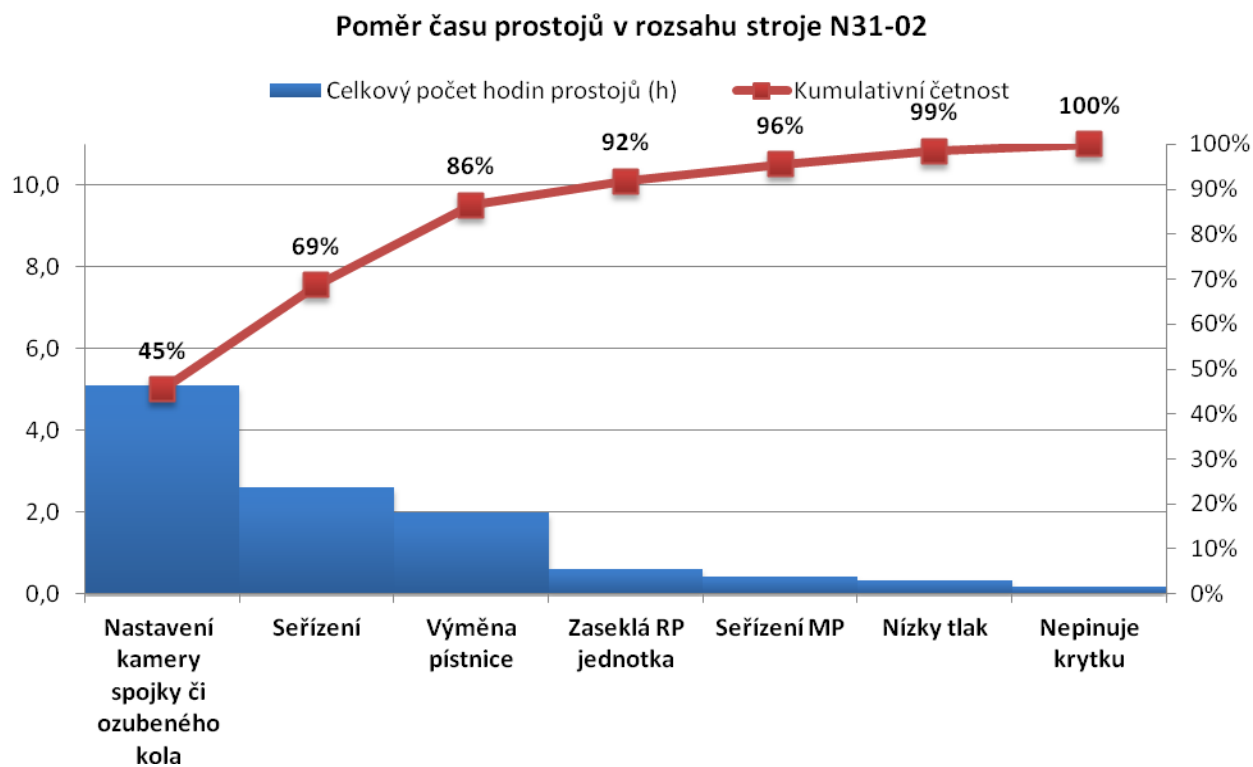
Graf 4 – Analýza doby prostožů dle příčin prvního stanoviště měřené linky



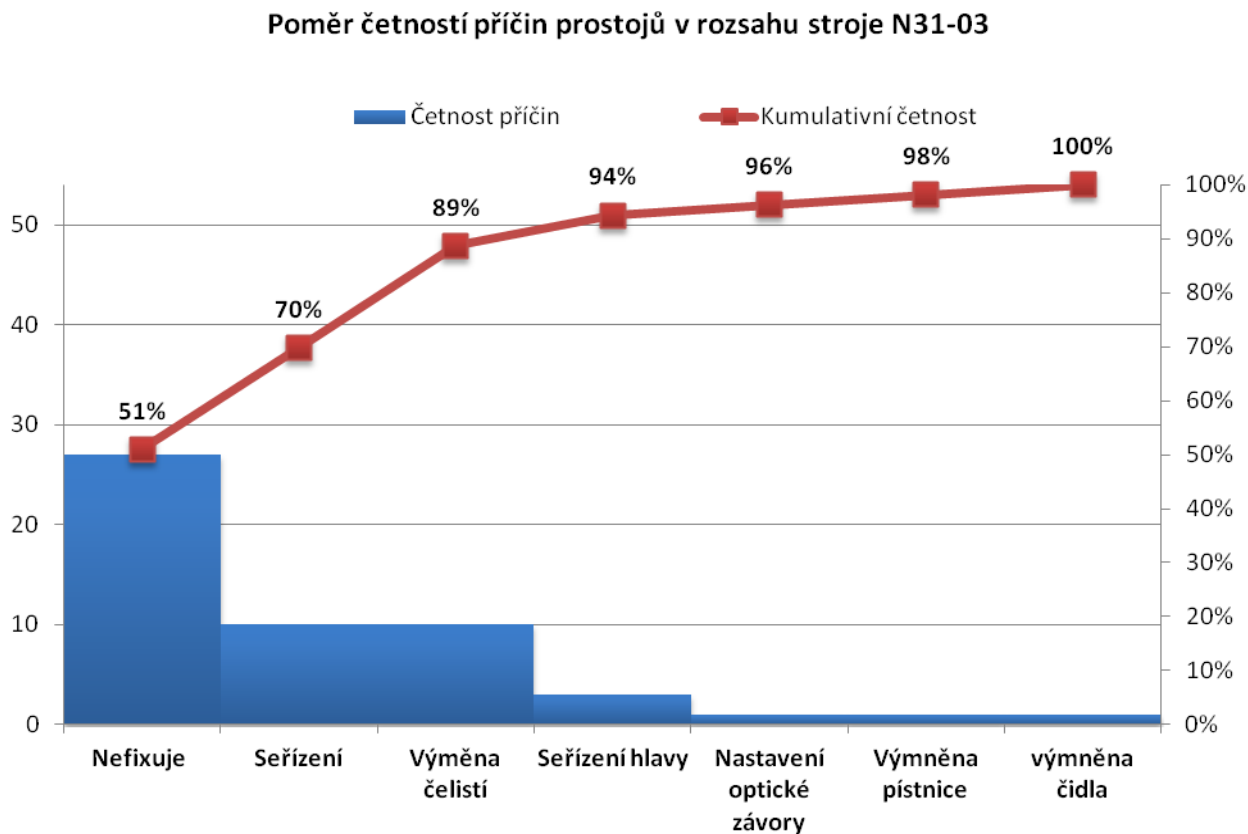
Graf 5 – Analýza četností příčin prostožů druhého stanoviště měřené linky



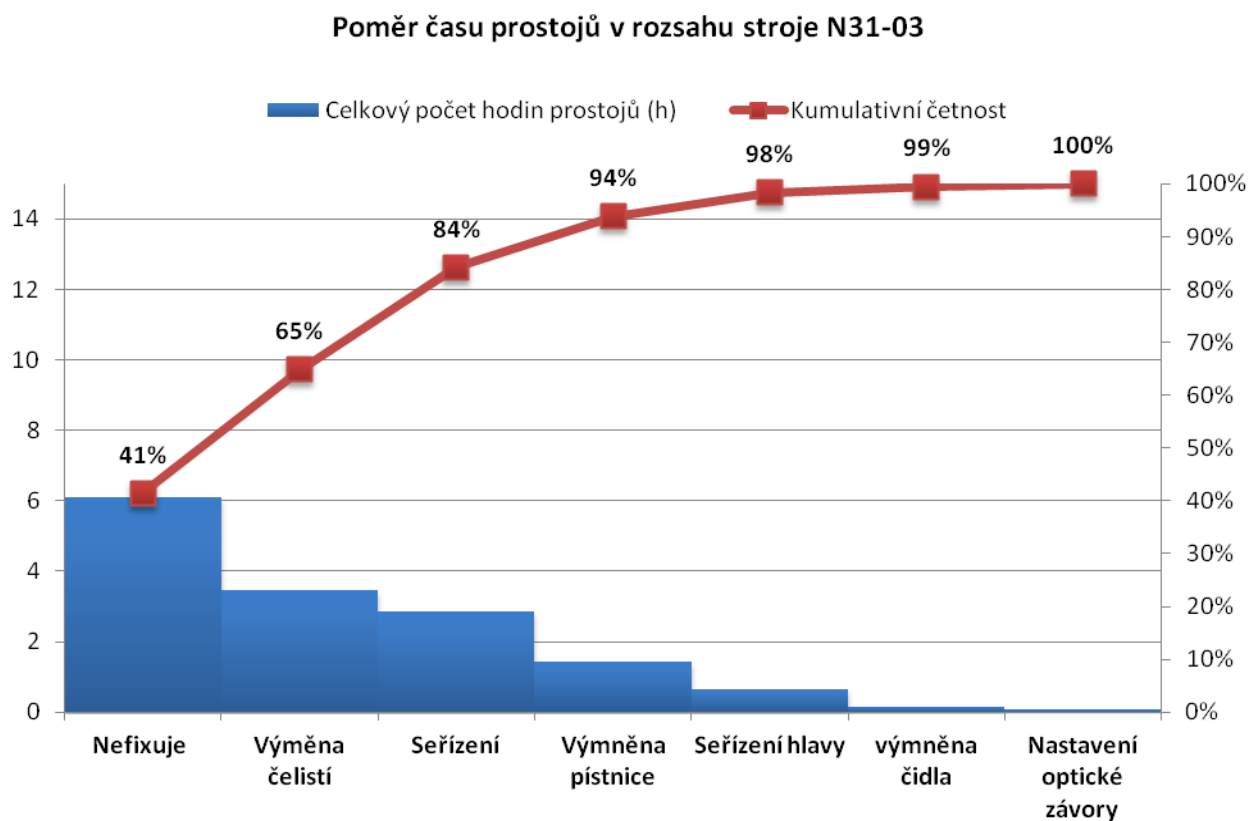
Graf 6 – Analýza doby prostožů dle příčin druhého stanoviště měřené linky



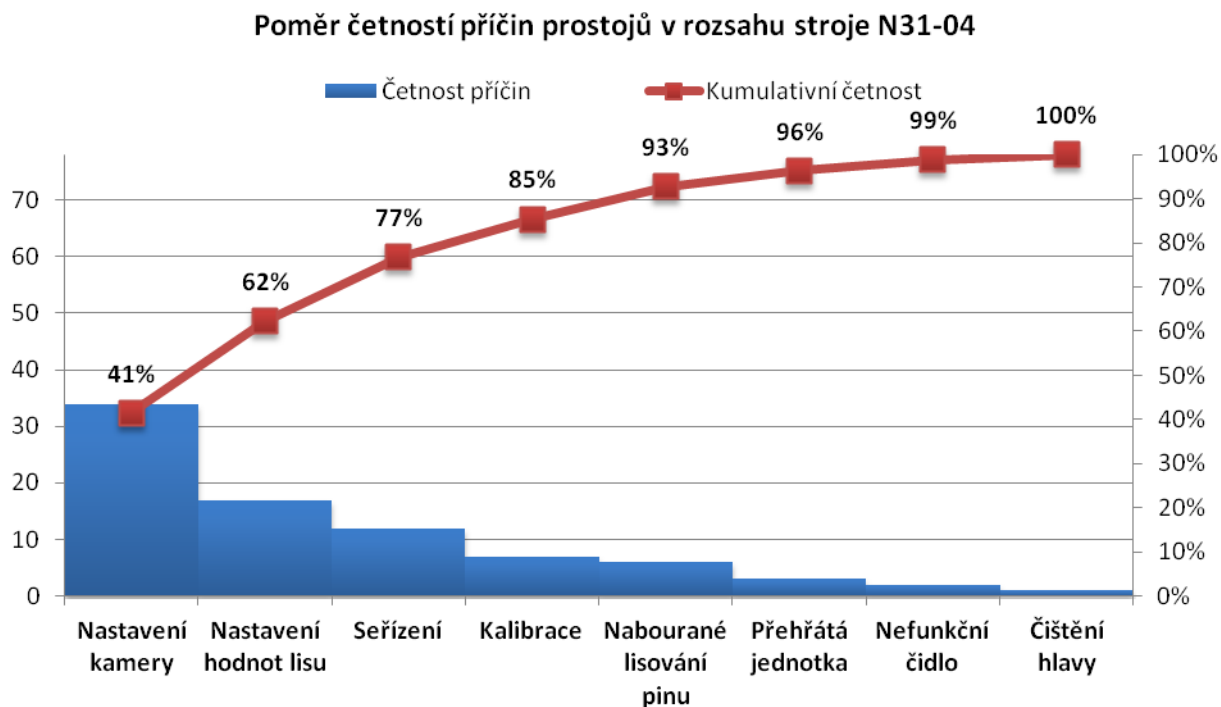
Graf 7 – Analýza četností příčin prostožů třetího stanoviště měřené linky



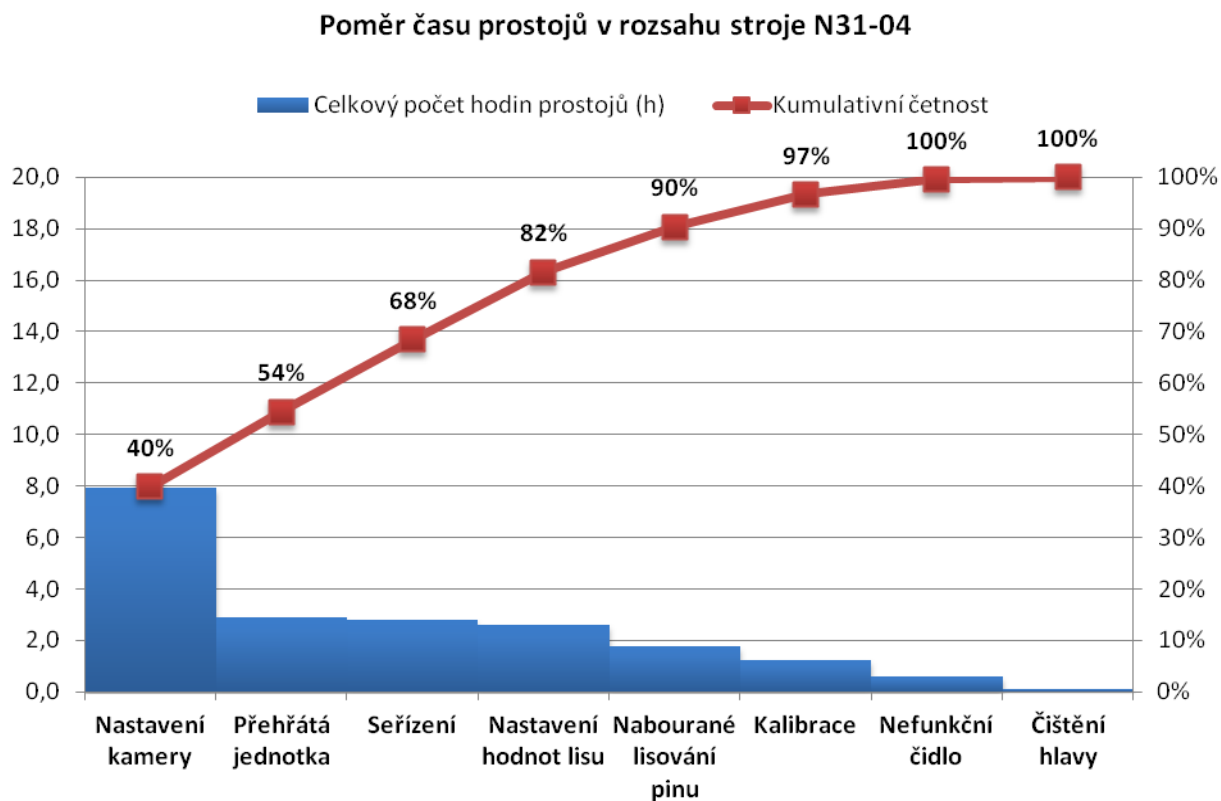
Graf 8 – Analýza doby prostožů dle příčin třetího stanoviště měřené linky



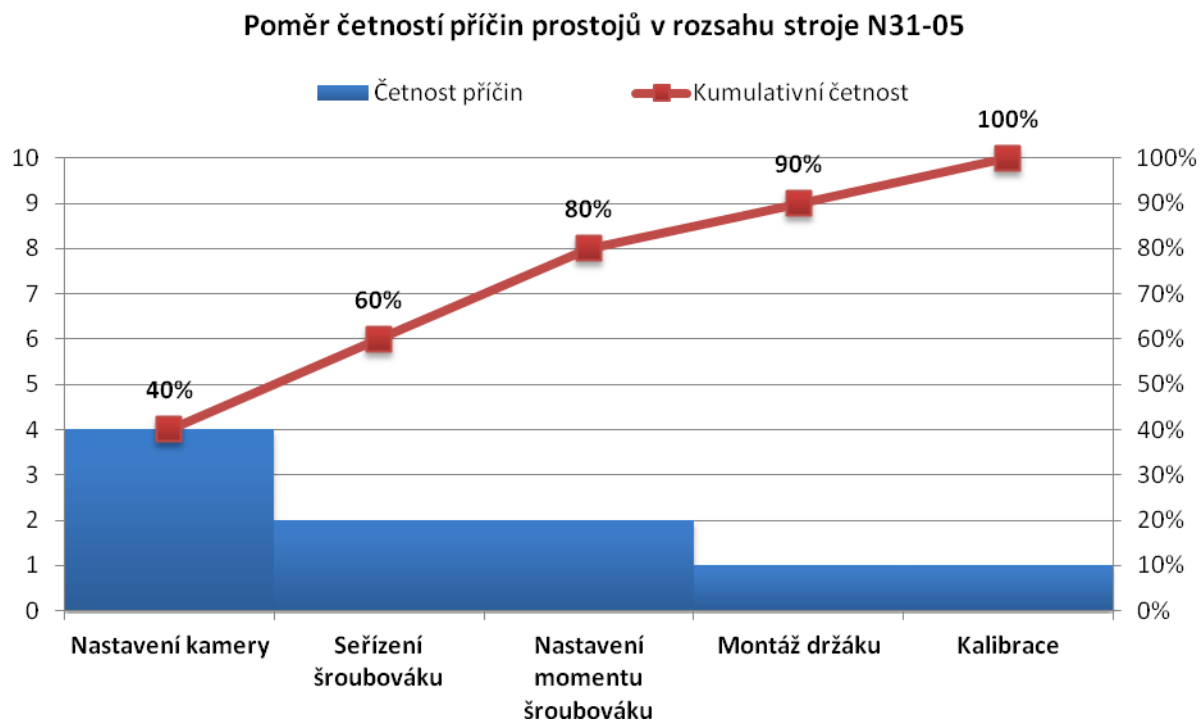
Graf 9 – Analýza četností příčin prostojů čtvrtého stanoviště měřené linky



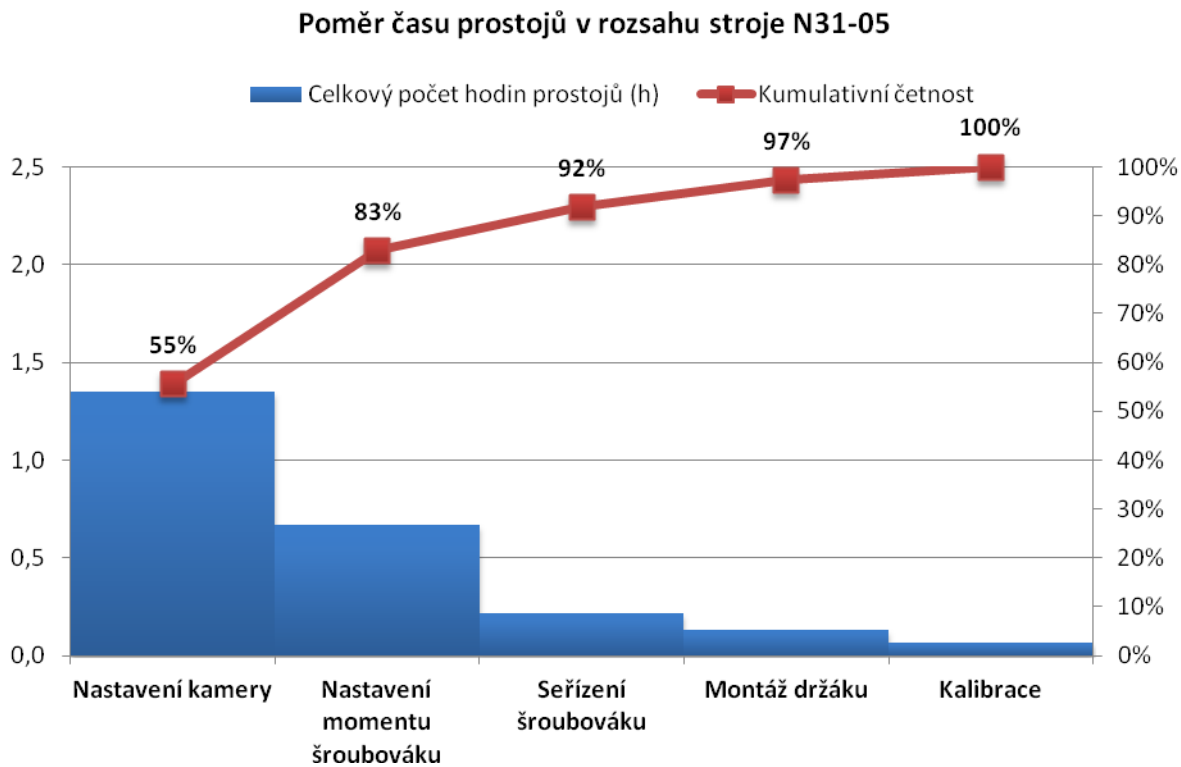
Graf 10 – Analýza doby prostojů dle příčin čtvrtého stanoviště měřené linky



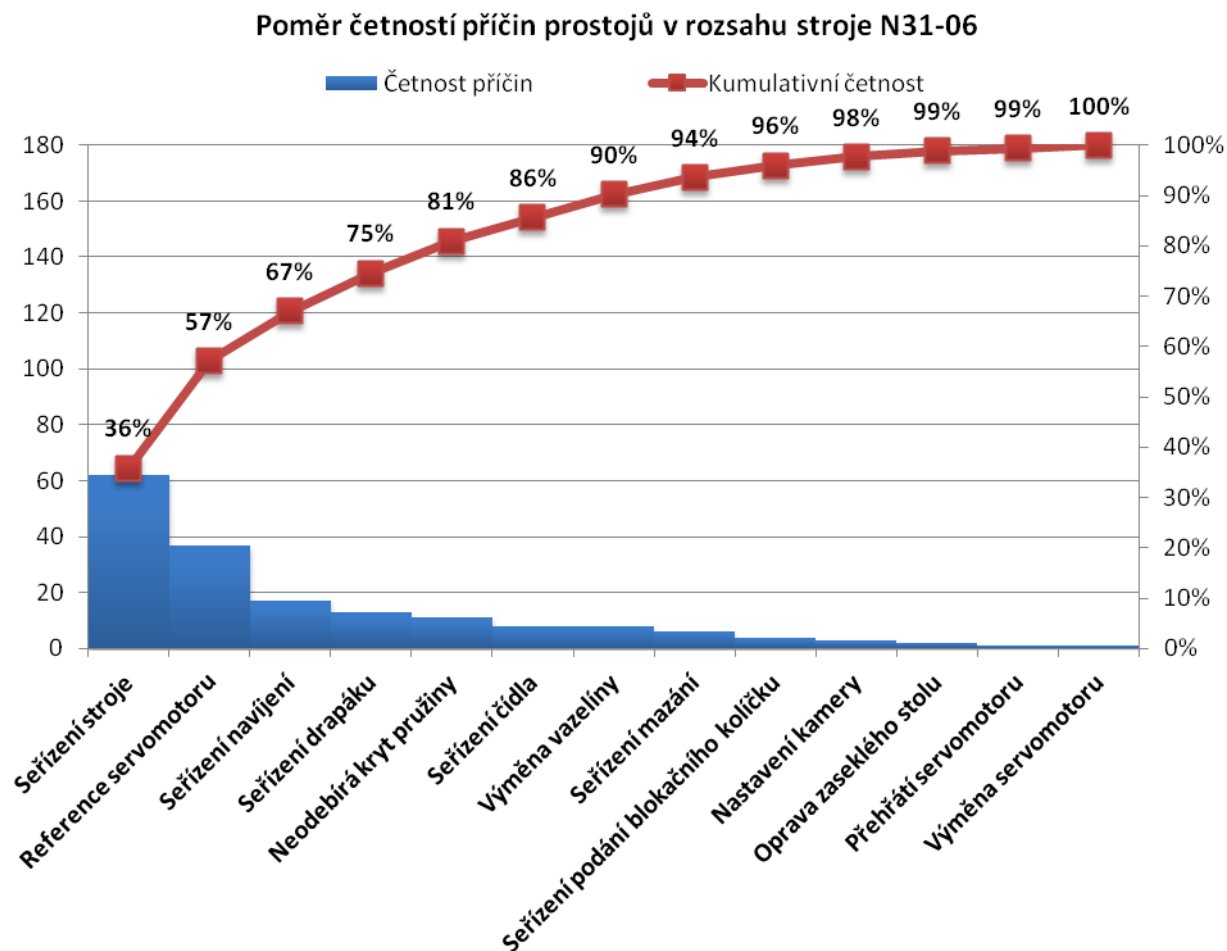
Graf 11 – Analýza četností příčin prostožů pátého stanoviště měřené linky



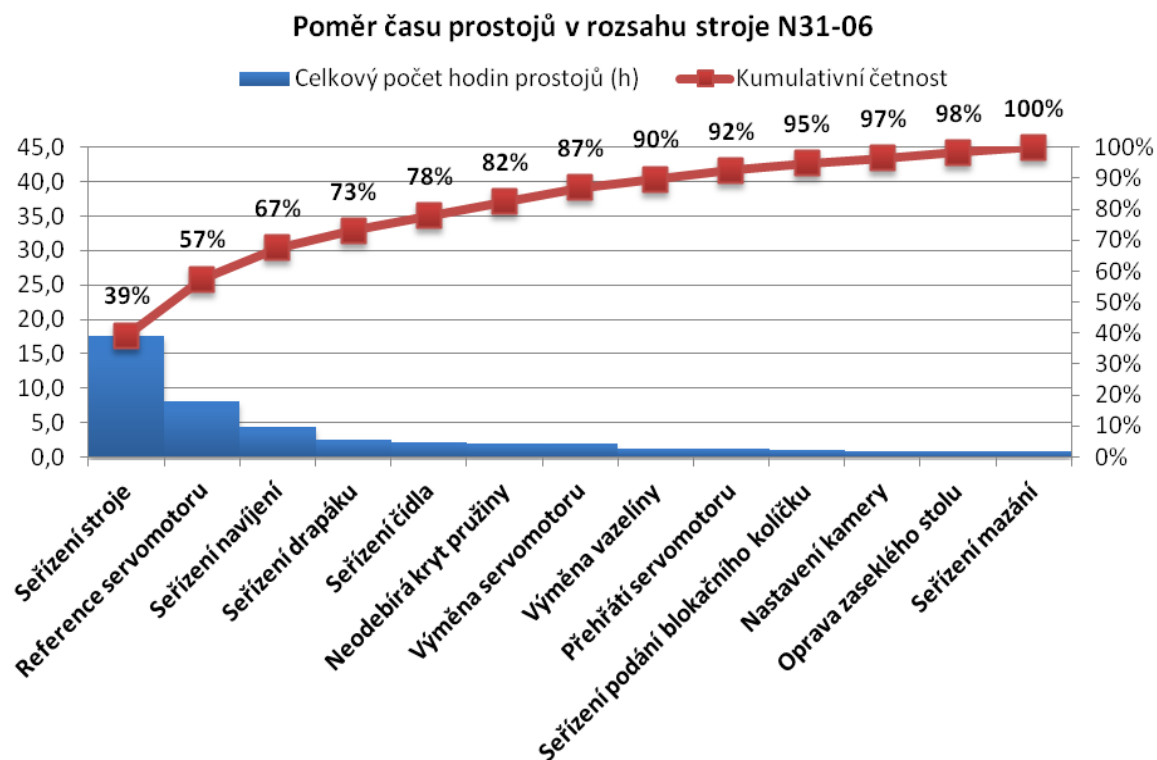
Graf 12 – Analýza doby prostožů dle příčin pátého stanoviště měřené linky



Graf 13 – Analýza četností příčin prostožů šestého stanoviště měřené linky



Graf 14 – Analýza doby prostožů dle příčin šestého stanoviště měřené linky



Graf 15 – Poměr doby prostojů podle příčin sedmého stanoviště

Poměr časových ztrát dle příčin N31-07



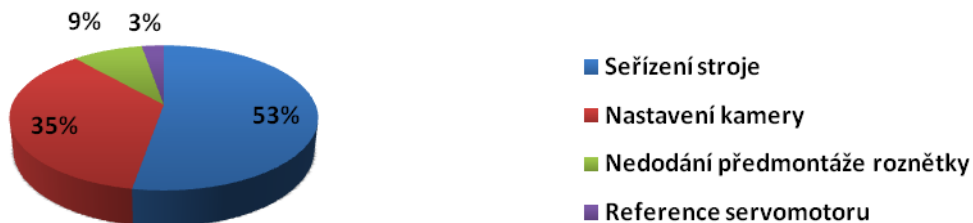
Graf 16 – Poměr doby prostojů podle příčin osmého stanoviště

Poměr časových ztrát dle příčin N31-08



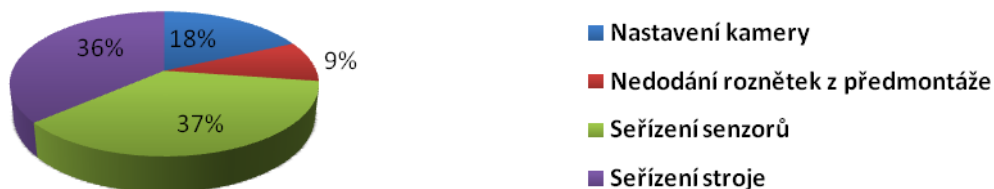
Graf 17 – Poměr doby prostojů podle příčin devátého stanoviště

Poměr časových ztrát dle příčin N31-09

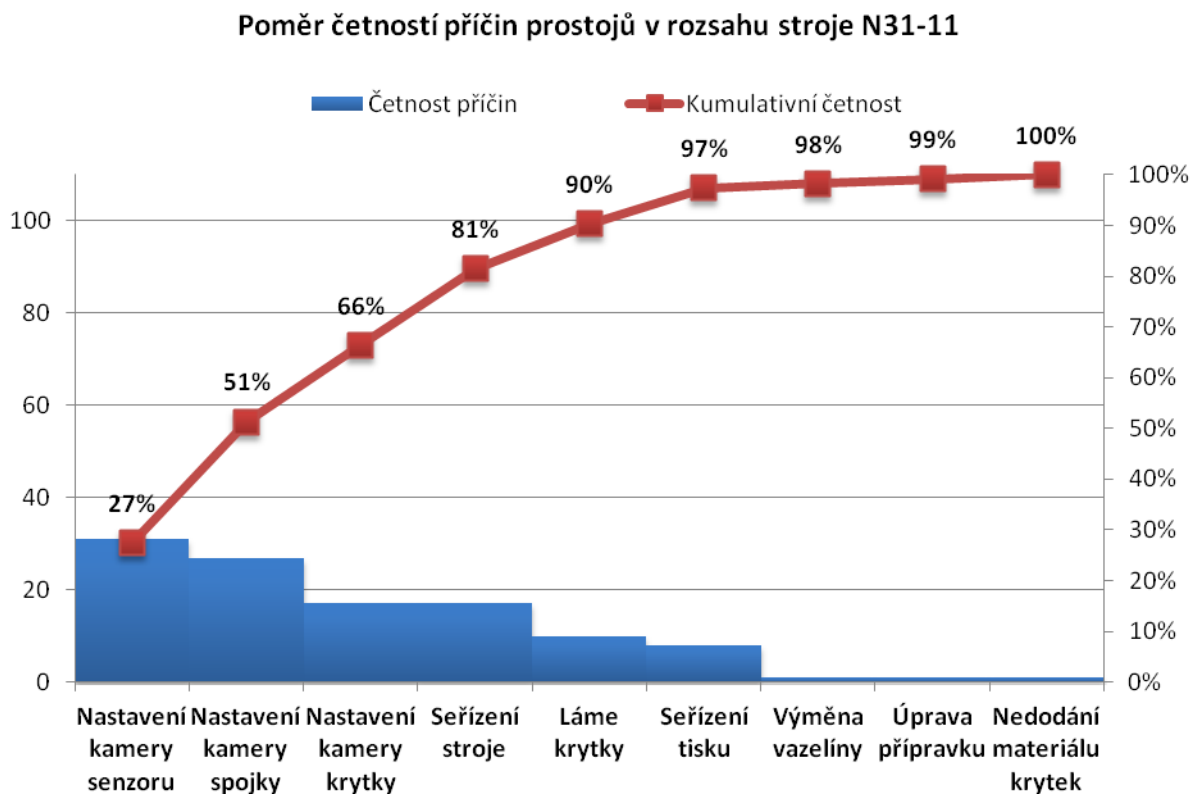


Graf 18 – Poměr doby prostojů podle příčin desátého stanoviště

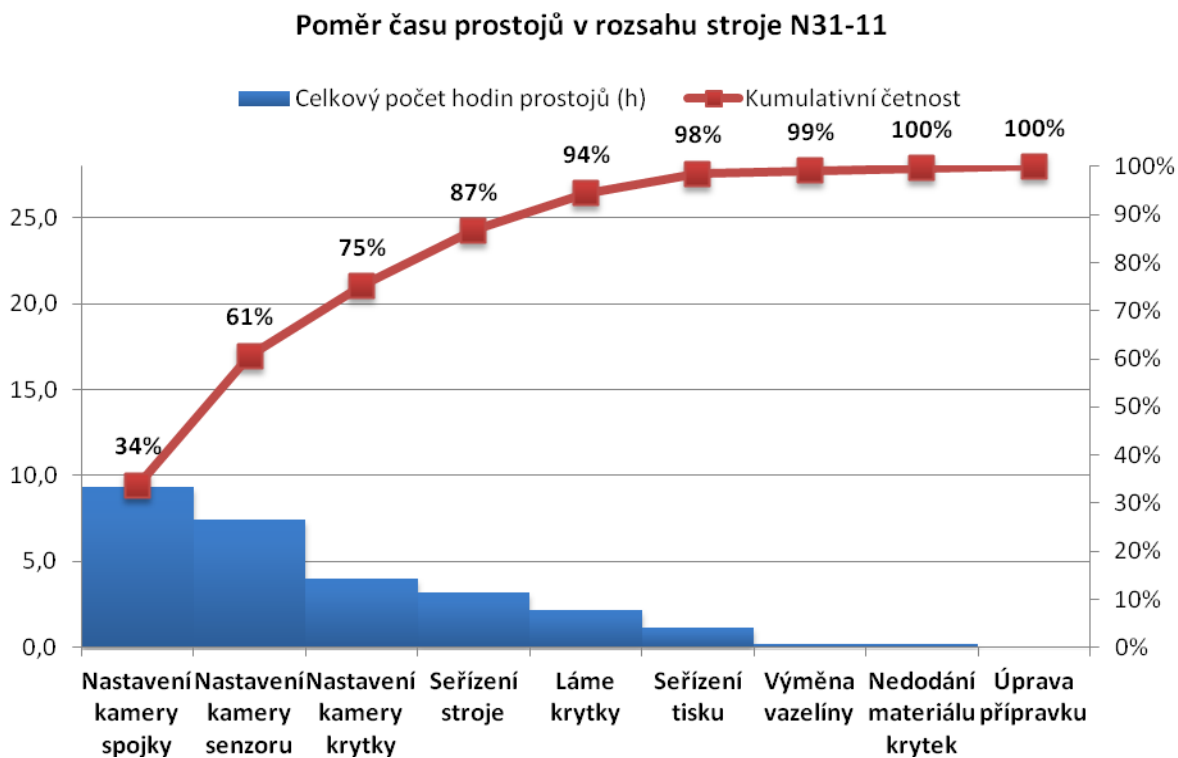
Poměr časových ztrát dle příčin N31-10



Graf 19 – Analýza četností příčin prostožů jedenáctého stanoviště měřené linky



Graf 20 – Analýza doby prostožů dle příčin jedenáctého stanoviště měřené linky



Graf 21 – Poměr doby prostojů podle příčin dvanáctého stanoviště

Poměr časových ztrát dle příčin N31-12

