

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Měření celkové efektivity zařízení CEZ ve  
vybrané organizaci

Diplomová práce

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

Autor práce: Miloš Konvalinka

PRAHA 2016

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

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

*Jsem si vědom že, na moji 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.“*

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Ing. Zdeňkovi Alešovi Ph.D., vedoucímu diplomové práce, za odborné vedení a rady, cenné připomínky, které mi poskytl při zpracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Václavovi Silbernáglovi, konzultantovi a kolegovi, za strávený čas a poskytnuté připomínky.

Miloš Konvalinka

**Abstrakt:** Cílem této diplomové práce bylo zvýšení produkce na montážní lince vyrábějící podvolantové moduly prostřednictvím navržení systému sledování ukazatele celkové efektivity zařízení (CEZ). V kapitole „Ukazatel celkové efektivity zařízení“ jsou uvedeny různé způsoby měření ukazatele CEZ, jednotlivé typy prostojů s popisem a konstrukce výpočtů tohoto ukazatele. Dále v kapitole „Popis navrženého systému pro měření ukazatele CEZ“ je podrobně popsán způsob sběru dat a jejich vyhodnocování na zvoleném zařízení. Za touto kapitolou následuje kapitola „Výsledky měření a doporučení“, kde je uvedeno zhodnocení výsledků měření včetně provedených optimalizací a optimalizačních návrhů, které by bylo vhodné realizovat do budoucna. Na závěr je uvedeno ekonomické zhodnocení navrženého systému.

**Klíčová slova:** pohotovost, výkonnost, kvalita

### **Measurement of overall equipment effectiveness OEE in a chosen organization**

**Summary:** The aim of the thesis is increasing of production in the assembly line producing steering column modules through designing a system for monitoring indicator of overall equipment effectiveness (OEE). The chapter called “Indicator of Overall Equipment Effectiveness” lists various ways of measuring the OEE, different types of downtime with the description and design calculations for this indicator. Further the chapter called “Description of the proposed System for Measuring the OEE” describes in detail the method of data collection and evaluation on the selected device. For this chapter follows chapter called “Measurement Results and Recommendations” which presents the evaluation of the measurements results, including performed optimizations and optimization suggestions, which would be appropriate to implement in the future. The thesis concludes with an economic evaluation of the proposed system.

**Key words:** Availability, Performance, Quality

# Obsah

1. Úvod .....	1
2. Sledování výkonových ukazatelů.....	2
3. Ukazatel celkové efektivity zařízení .....	4
3.1. Užití a popis ukazatele celkové efektivity zařízení .....	4
3.1.1. Ztrátové časy vznikající během výroby.....	7
3.2. Konstrukce výpočtu ukazatele celkové efektivity zařízení.....	10
3.2.1. Doby potřebné pro výpočet celkové efektivity zařízení a jejich výpočet.....	10
3.3. Výpočty ukazatele CEZ .....	11
3.3.1. Součinitel pohotovosti .....	13
3.3.2. Součinitel výkonnosti .....	14
3.3.3. Součinitel kvality .....	15
3.4. Začlenění ukazatele celkové efektivity zařízení .....	16
3.4.1. Ukazatel čisté efektivity zařízení .....	16
3.4.2. Ukazatel celkové efektivní produktivity zařízení.....	16
4. Vybrané nástroje pro zlepšování ukazatele CEZ .....	17
4.1. Paretův diagram .....	17
4.2. Ishikawův diagram.....	18
4.3. Vývojový diagram .....	19
5. Metodika a cíle .....	20
6. Charakteristika společnosti .....	21
6.1. Historie společnosti.....	21
6.2. Popis společnosti.....	23
7. Definování počátečního stavu strojního výrobního zařízení.....	27
7.1. Popis strojního výrobního zařízení pro sledování celkové efektivity zařízení.....	27
7.2. Popis výchozího stavu .....	33
8. Popis navrženého systému pro měření ukazatele CEZ .....	37
8.1. Měření a sběr dat .....	37
8.2. Vyhodnocování záznamů .....	40
9. Výsledky měření a doporučení.....	47
10. Ekonomické zhodnocení navrženého systému .....	56
11. Závěr .....	58
12. Seznam použité literatury .....	59

13. Seznam zkratek .....	61
14. Seznam obrázků .....	62
15. Seznam tabulek .....	63
16. Seznam použitých symbolů .....	64
17. Seznam příloh.....	65

# 1. Úvod

V současné době jsou velice aktuální témata, která se týkají nejrůznějších zamezení plýtvání, snižování výrobních nákladů a zvyšování výkonnosti a produktivity jak v průmyslu, tak i v jakékoliv jiné lidské činnosti. Tato práce je však zaměřena právě na zlepšení využití strojního výrobního zařízení. Pro sledování výkonnosti byl zvolen ukazatel celkové efektivity zařízení a byla vybrána organizace Kostal CR s.r.o., která se zabývá výrobou mechatronických dílů pro automobilový průmysl. V této organizaci byla zvolena nejproblémovější montážní linka pro výrobu podvolantových modulů.

V první části práce je vysvětleno, proč je přínosné sledovat výkonost strojních výrobních zařízení. Následně jsou popsány způsoby získávání dat při měření ukazatele celkové efektivity zařízení CEZ, ať už automaticky či manuálně. Dále jsou popsány výpočty jednotlivé součinitele a celkový výpočet tohoto ukazatele. Za touto částí je zařazení tohoto ukazatele mezi další vybrané s ním související ukazatele výkonnosti a vybrané nástroje používané pro optimalizaci výroby. Vlastní práce autora začíná charakteristikou společnosti a analýzou výchozího stavu sledování ukazatele na zvolené lince. V dalších kapitolách je popsán jak postup navrženého způsobu sledování ukazatele CEZ, tak i jeho podrobné vysvětlení a pokyny jak pracovat se soubory a doporučení autora k urychlení a usnadnění vyhodnocení. V posledních kapitolách jsou zobrazeny výsledky v tabulkách a grafech, z čehož je patrné zlepšení ukazatele CEZ u většiny projektů a tím i vyšší využití sledované montážní linky. V této kapitole jsou rovněž návrhy na optimalizaci již zrealizované a také návrhy k realizaci do budoucna. Nakonec je uvedeno ekonomické zhodnocení implementovaného systému a shrnutí výsledků v závěru.

## 2. Sledování výkonových ukazatelů

Nejprve je vhodné si položit otázku, zda má vůbec nějaký smysl sledovat ukazatele, které definují úroveň stupně využití časového fondu pro výrobu, úroveň výroby shodných výrobků a úroveň výkonosti strojního výrobního zařízení? A pokud strojní výrobní zařízení vyrábí shodné výrobky v dostatečném množství, kvalitě a správný čas, k čemu tedy mohou být data o výkonosti, prostojích a jiných ztrátách, když zařízení naše požadavky splňuje?

Odpověď je zcela jednoduchá. Nyní tedy je popsána situace dnešních výrobců. Pokud se dnes prodává výrobek, zákazník očekává jako samozřejmost splnění kvalitativních znaků neuvědomělých. Přímo požaduje splnění všech znaků vyslovených a očekává alespoň nějaké znaky nevyslovené. Této strategii se výrobci přizpůsobují a pomocí nejrůznějších metod jako jsou Benchmarking, dotazníky, metoda QFD (Quality Function Deployment) znaky specifikují a převádí je na parametry výrobků. Tento trend je velice patrný ve spotřebním průmyslu. Dále musí být na trh uváděn výrobek odpovídající kvality za cenu, která je přijatelná pro zákazníky s určitou kupní silou. Aby tedy mohly výrobky být vyráběny za cenově přijatelné náklady, musí být vyráběny ve větších výrobních dávkách, jelikož fixní náklady jsou nepřímo úměrné množství vyrobených výrobků. Musí být upřesněno, že nyní se hovoří o standardní výrobě hromadné či sériové a neberou se v potaz výrobky speciální, zhotovené na zakázku o odběru jen několika málo kusů za rok. Pokud tedy strojní výrobní zařízení je konstruováno na nějakou výrobní kapacitu, je zapotřebí využít ji z hlediska rozpočítání nákladů na pořízení a tuto kapacitu lze velice dobře kontrolovat pomocí ukazatele celkové efektivity zařízení. Pro kontrolu je tedy vhodné sledovat ukazatele i na zařízení, které pracuje bez větších potíží. Dále tyto ukazatele slouží při hlubší analýze jako vstupní data pro optimalizaci výrobních procesů na zařízeních, která nedosahují požadované výkonosti s odpovídajícím stupněm kvality.

V nynějších moderních společnostech se však neustále obměňuje, nebo alespoň zdokonaluje či upravuje sortiment výrobků, aby nestagnoval vývoj a inovace výroby a výrobky byly neustále konkurenceschopné. Tyto inovované či nové výrobky se však velmi často musí vyrábět na již používaných výrobních zařízeních a to sebou může nést různá úskalí. Na automatických linkách musí být upraven odpovídající software, aby výrobky na pracovištích byly identifikovány a provedla se na nich správná operace a to není vždy samozřejmostí.

Pokud se však zaměří pozornost na automobilový průmysl, tak se rázem zjistí, že v tomto odvětví je téměř nutnost sledování výkonnostních ukazatelů a to nejen z hlediska neustálého



zlepšování výrobního procesu, kde lze v určité modifikaci použít Demingův cyklus, jenž má své uplatnění především při neustálém zlepšování kvality výrobku, ale právě i výrobních procesů, ale také proto, že toto odvětví vyžaduje určitou garanci správnosti a včasnosti směrem od dodavatelů, subdodavatelů ke svým zákazníkům.

Metoda, kterou se zaručí správnost a včasnost dodávky se nazývá Production Part Approval Process ve zkratce jen PPAP. Lze jej překládat jako proces schvalování sériových dílů do výroby. Na internetových stránkách Management mania (2015) se uvádí, že se tato metoda používá k prokázání toho, že podnik správně rozumí všem požadavkům konstrukční dokumentace výrobku a všem zákaznickým specifikacím. Také že je ve výrobním procesu schopen vyrábět výrobek trvale splňující všechny tyto požadavky. Metoda PPAP pomáhá snížit rizika selhání výroby. Podnik aplikující metodiku PPAP prokazuje, že:

- Dodavatelé součástí pochopili všechny požadavky
- Výrobek splňuje veškeré požadavky zadané zákazníkem
- Výrobní proces je schopen produkovat trvale vyhovující výrobek

Z pohledu sledování efektivity zařízení stojí za povšimnutí především poslední bod a to požadavek produkovat trvale vyhovující výrobky. Pokud se hovoří o sledování výkonosti, lze použít různé výkonové ukazatele, ale i ukazatel CEZ a zároveň nám poskytuje i údaje o kvalitě výrobků. Je samozřejmě zapotřebí sledovat stav výroby průběžně, aby bylo vyhověno skutečné situaci produkce výrobků.

### **3. Ukazatel celkové efektivity zařízení**

Nyní je podrobně popsán ukazatel celkové efektivity zařízení, jednotlivé kategorie ztrátových časů, v praxi často označovaných jako prostojů a dále jednotlivé konstrukce vlastního výpočtu ukazatele. Dále jsou samozřejmě popsány vztahy k dalším ukazatelům efektivity zařízení.

#### **3.1. Užití a popis ukazatele celkové efektivity zařízení**

V následujících odstavcích je popsán ukazatel výkonosti nazývaný jako celková efektivita zařízení. Ve zkratce označovaný jako CEZ. Tento ukazatel se však mnohem častěji označuje jako OEE. Tato zkratka pochází z anglického výrazu Overall Equipment Effectiveness.

Je velmi mnoho definic ukazatele CEZ a některé budou ještě dále uvedeny, ale definici která by nejlépe vystihovala a popsala tento ukazatel lze stanovit, jako systematický sběr dat a jejich vyhodnocování z oblastí pohotovosti, výkonosti a stupni kvality sloužící pro maximální využití kapacity výrobního zařízení, jenž se musí periodicky opakovat.

Tento ukazatel má velmi široké uplatnění především v automobilovém průmyslu, jak bylo již dříve zmíněno, ale lze jej uplatnit téměř ve všech odvětví průmyslu a i v dalších, jako třeba v potravinářství při výrobě potravin, nápojů, bonbonů a dalších produktů. Tento ukazatel není ovlivněn dokonce ani zvoleným výrobním systémem, jak tvrdí Stanley (2015), lze jej tedy aplikovat jak na tlačný systém, kdy se výrobky vyrábí na sklad, tak i na tažný systém, kdy naopak se vyrábí výrobky pouze na zakázku od zákazníka. Zcela logicky je možné aplikovat CEZ i na kombinaci tažného i tlačného systému. Na základě těchto poznatků lze tedy konstatovat, že tento ukazatel je generický. Pro uvedení alespoň jednoho příkladu bude uveden popis ukazatele, jak jej uvedli Samad, Hossain a Asrafuzzaman (2012) ve své případové studii z oblasti výroby lodí v Bangladéši. Ukazatel celkové efektivity zařízení popisují jako cestu pomocí monitorování, vyhodnocování a zlepšování efektivity výrobních procesů. Jak již bylo řečeno, tento ukazatel slouží především proto, aby organizace, především pracovníci optimalizace výroby a manažeři výroby měli nějaké jasně měřitelné podklady, na základě kterých se mohou rozhodovat o potřebě zlepšování výchozí situace, nebo o prokázání, zlepšení, stagnaci či zhoršení stavu na sledovaných zařízeních.

Ukazatel CEZ je podle Wanichka (2014) založen na třech pilířích. Celá koncepce je založena na základě měření technické úrovně a rovněž také kapacitního využití výrobních zařízení a dále lze velmi přesně analyzovat jednotlivé ztráty kapacity ze všech možných důvodů. Jako

první pilíř byl zmíněn technický aspekt a rozumí se jím definovat faktory a stimulanty, které přispívají ke zdokonalení procesního toku problémového místa s cílem zvýšení objemu výroby. Jako druhý pilíř byla definována nejrůznější opatření k odstranění šesti velkých ztrát. Popis těchto ztrát je dále uveden v kapitole Ztrátové časy vznikající během výroby. Pro eliminaci ztrát druhého pilíře se používají metody: pro úklid na pracovišti 5S, vedení efektivních pracovních porad, metodu vizuálního managementu jako jasnou vizualizaci jednotlivých problémů, stav řešení a odpovědnou osobu za daný problém pomocí bílých tabulí, umístěných u výrobního zařízení, metoda využití úzkého místa na maximum (metoda Theory of Constraints (TOC)). Svůj nezanedbatelný podíl na eliminaci ztrát má také údržba. Třetí pilíř lze chápat jako aktivní dohled nad trvale udržitelným řízením CEZ. Zároveň jde o zapojení všech dotčených zaměstnanců od operátorů po management, aby porozuměli základním principům, které se za sledováním celkové efektivity zařízení skrývají a především aby věděli, co se od jednotlivých dotčených osob požaduje a očekává.

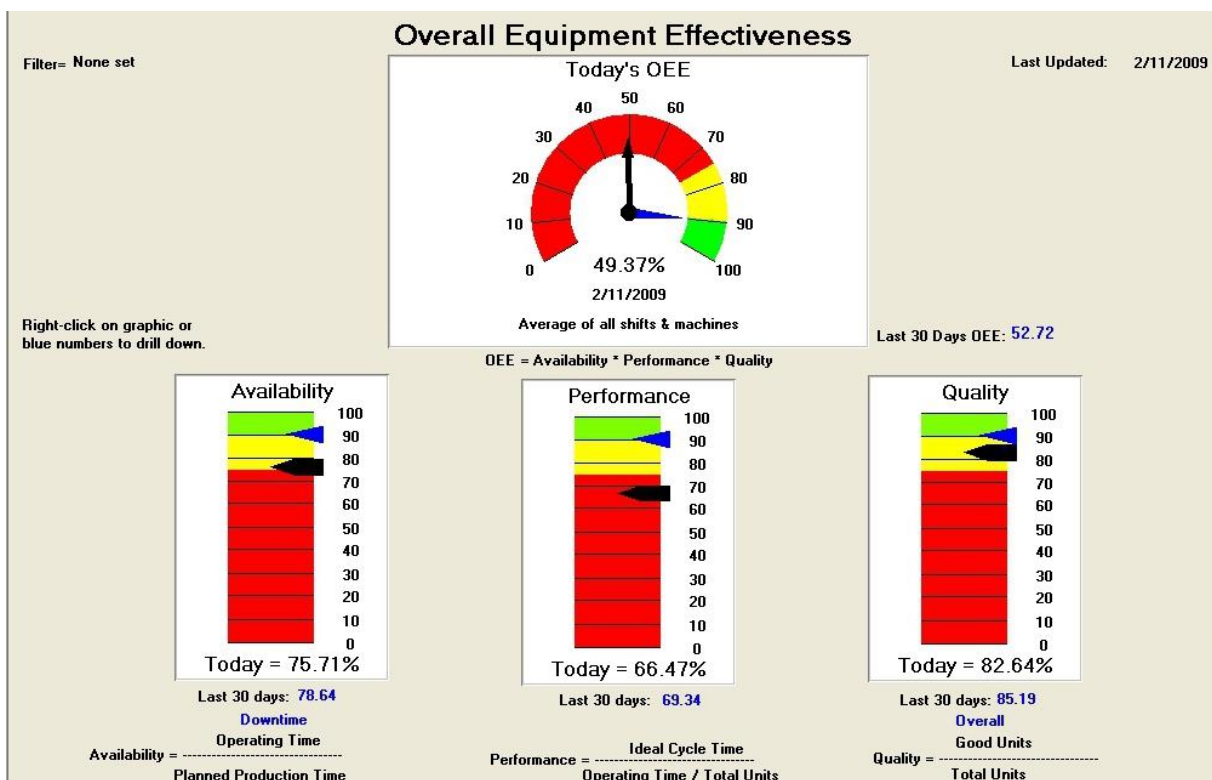
V druhém odstavci této kapitoly podle definice je zřejmé, že se měření a vyhodnocení ukazatele musí s nějakou periodou opakovat, což je zcela oprávněný požadavek, jelikož pro nějaké rozhodnutí o optimalizaci zařízení a následně při prokazování výsledku optimalizace musí být zvoleny referenční hodnoty v daném časovém období.

Pokud tedy nyní jsou níže popsány jednotlivé způsoby získávání dat, musí být nejprve upřesněn typ dat a způsob jejich sběru. Při měření a sledování výkonnostních ukazatelů a ukazatelů využití strojních výrobních zařízení se používá jako diagnostický signál, jenž definuje skutečný stav čas, během kterého ale zařízení neprovádí činnost, která se od něj požaduje. Časy se při měření ukazatele CEZ zaznamenávají nejčastěji v minutách. Tyto časy jsou v následující kapitole rozděleny do jednotlivých skupin a popsány.

Vlastní systém sledování ukazatele CEZ lze podle společnosti Act-in CZ s.r.o. (2015) rozdělit do čtyřech stádií, podle typu sbírání dat a jejich vyhodnocování. První stádium se vyznačuje tím, že si organizace uvědomí, že při svých výrobních procesech ji vznikají ztráty a ty zaznamenává. Druhé stádium je charakteristické ručním sběrem dat a strukturovaným vyhodnocováním a výpočtem ukazatele CEZ v souborech MS Excel. Toto stádium je nejrozšířenější v českých firmách a jeho zavedení a udržování je předmětem této práce. Třetí stádium má již automatický sběr dat a jejich vyhodnocování v automatickém systému. Poslední nejvyšší čtvrté stádium rovněž automaticky sbírá data, vyhodnocuje je a odhaluje kořenové příčiny, ale ještě navíc je celý tento systém propojen se systémy označované jako CMMS (Computerized maintenance management systém) systém pro plánování, řízení a sledování od preventivní údržby po vlastní opravy a materiálové hospodářství náhradních dílů na skladě.

První stádium lze charakterizovat spíše jako seznámení se s možností sledování ztrát zařízení a nelze jednoznačně mluvit o systému sledování. Není však možné říci, že čtvrté stádium sledování ukazatele CEZ je lepší než druhé nebo třetí. Vždy totiž záleží na daných podmínkách organizace a na požadovaném cíli. Každé ze stádií má své přednosti i nedostatky. Obecně však platí, že čím vyšší stádium sledování, tím nižší požadavky na časový fond pracovníků pro vlastní sledování a vyhodnocování měření. Dále lze konstatovat, že čím vyšší stádium, tím komplexnější pohled, především na sklady náhradních dílů. Samozřejmě, že i ve čtvrtém stádiu sledování musí pracovník měřit prostoje především na manuálních pracovištích s operátory a při jejich optimalizaci.

Pokud se hovoří o automatickém sledování prostojů a ukazatele CEZ, zcela určitě mezi hlavní výhody patří téměř okamžité průběžné vyhodnocení a téměř vždy v systému jsou i hodnoty delšího časového intervalu pro porovnávání a stanovení trendu. Ukázka výstupu jednoho z automatických systémů pro sledování ukazatele CEZ je na obrázku 1. Výrobci a poskytovatelů těchto systémů je celá řada a jako samozřejmost se bere poskytování poradenství jak při zavádění, tak během provozu těchto systémů.



Obr. 1 Znárodnění výstupu automatického sledování ukazatele CEZ (Miller; 2013)

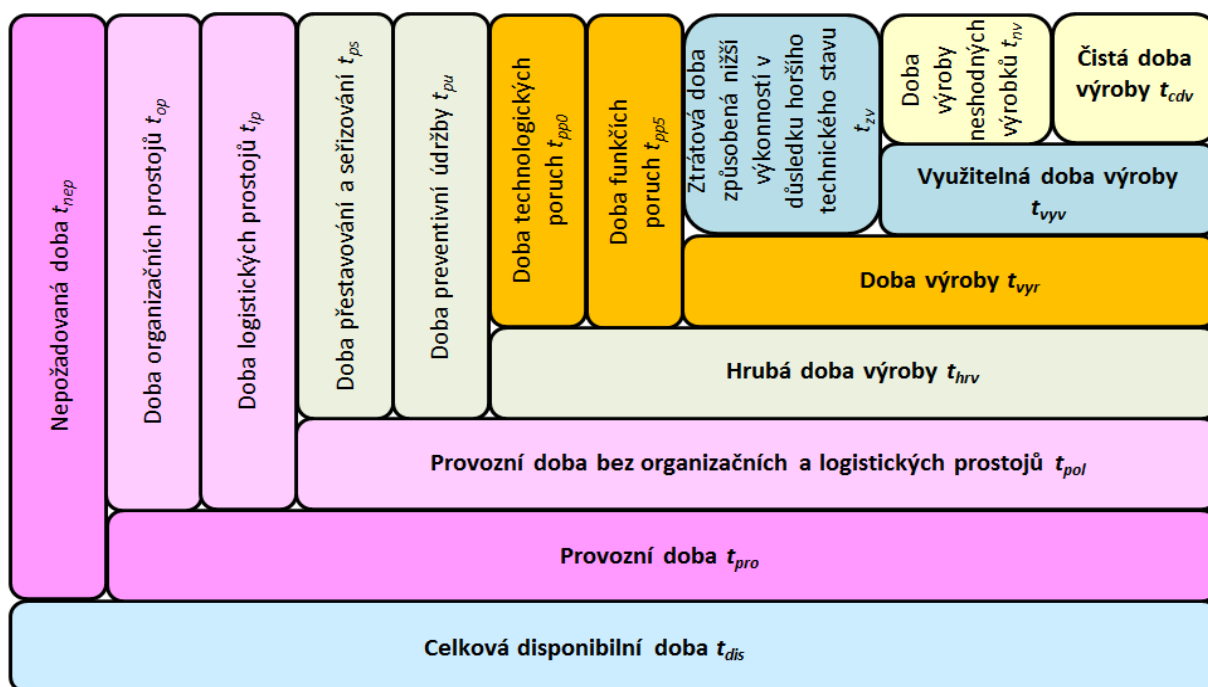
### 3.1.1. Ztrátové časy vznikající během výroby

Při jakémkoliv reálném výrobním procesu, který je realizován se vždy nachází nějaké časové úseky, které, však nepřinášejí žádný užitek a tudíž ani žádnou přidanou hodnotu. Tyto časy tedy nejsou od procesu požadovány. Ale naopak je snaha tyto časy přesně změřit, zařadit do jednotlivých logicky uspořádaných skupin a následně je snaha od nejdéle trvajících a poté nejčastějších jejich výskytu zamezit popřípadě je minimalizovat. U všech ztrátových časů však nelze zamezit jejich výskytu, jelikož při nich třeba mohou probíhat nějaké přestavby nutné pro jiný typ výrobku na strojním výrobním zařízení, nebo jen pro jinou variantu daného výrobku. Těchto příčin však může být mnohem více a proto budou nyní tyto časy (doby) rozděleny a popsány. Schematicky jsou ztrátové časy někdy označovány jako ztrátové doby znázorněny na následujícím obrázku č 2. Rozdělení časů je možné hned několika způsoby. Společnost EXOR/Data Visor Marquees (2015) ve svých materiálech uvádí nejčastější a nejpoužívanější základní dělení s uvedením příkladů, které vychází z vlastní konstrukce výpočtu ukazatele CEZ a je jím tedy dělení na jednotlivé skupiny:

**Ztrátové časy z hlediska pohotovosti:** Těmito ztrátami se rozumí časy, které ovlivňují pohotovost strojního zařízení např. neplánovaná údržba, není materiál, přehřátí zařízení...

**Ztrátové časy z hlediska výkonosti:** Těmito ztrátami se rozumí časy, které snižují výkonost zařízení např. výměna nástroje, šikovnost operátora, namíchaný nebo zaměněný vstupní materiál a další.

**Ztrátové časy z hlediska ztráty kvality:** Tyto ztráty představují čas výroby neshodných výrobků a čas na přepracování neshodných výrobků a opatření k nápravě neshod na výrobku ve výrobním zařízení, jako třeba opětovná kontrola, která dříve nebyla dokončena ve stanovený čas dle plánu.



Obr. 2 Rozklad celkové disponibilní doby (Aleš, Legát, Jurča; 2014)

Následující časy lze samozřejmě také rozdělit do předcházejících skupin ztrátových časů a budou tedy takto zařazeny.

### 1) Ztrátové časy z hlediska pohotovosti

**Nepožadovaná doba výroby ( $t_{nep}$ )** – je doba, při níž strojní výrobní zařízení záměrně není uvedeno v činnosti a tudíž nevyrábí. Do této doby lze zahrnout například dobu u dvousměnného provozu přes noc mezi druhou a první směnou. Dále dobu, kdy stroj nemá zajištěný odbyt výrobků především u výrobní strategie řízené zákaznickým tahem a tudíž nevyrábí. Tato doba může nastat především u výroby velkých a speciálních strojů a technologických zařízení, lze uvést například spalovací kotle do tepelných elektráren, turbíny, důlní stroje a další. Tato doba by se neměla vyskytovat u nepřetržitých provozů.

**Doba organizačních prostojů ( $t_{op}$ )** – je doba, která je v některých procesech nezbytná z hlediska technologických vlastností například náběh a doběh linky. U všech procesů však nezbytná jako osobní odpočinek, jejíž minimální četnost a délku stanovuje zákoník práce v dané zemi. Do této skupiny lze také zařadit doby, kdy chybí pracovník, nebo není vytvořen výrobní plán a další případy chybné organizace výroby. Posledním dvěma případům by však neměl být umožněn výskyt.

## 2) Ztrátové časy z hlediska výkonosti

**Doba logistických prostožů ( $t_p$ )** – doba, která je způsobena chybami v logistice jako třeba záměna materiálu, špatné množství materiálu, zejména jeho nedostatek, materiál může být poškozený, nesplnění dodacích lhůt u dodávek nebo je materiál dodán na nesprávné místo dodání. Tyto některé příčiny je možné úplně vyloučit, jiné alespoň eliminovat.

**Doba přestavování a seřizování ( $t_{ps}$ )** – doba, jenž je nutná na přestavení strojního výrobního zařízení na jiný produkt, popř. na jinou variantu. Lze uvést výměnu nástroje jako třeba výměnu vstřikovací formy u vstřikovacího lisu na výrobu plastových výlisků. Dále čas nutný na seřízení zařízení, například nastavení pracovních tlaků pro vstřikování směsi do formy.

**Doba preventivní údržby ( $t_{pu}$ )** – je doba, kdy by se měla vykonat preventivní údržba, pokud ji nelze vykonat z nějakých důvodů v nepožadované době. Například mustrování na lince s nepřetržitým provozem.

**Doba technologických poruch ( $t_{ppo}$ )** – doba, kdy ztrátový čas je menší nebo roven délce prostoje 5 minut. Tyto poruch se odstraňují následně po poruše. Jedná se tedy o technologické poruchy.

**Doba funkčních poruch ( $t_{pps}$ )** – je doba, kdy ztrátový čas je delší než 5 minut. Vznikají rovněž po poruše.

**Ztrátová doba způsobená nižší výkoností v důsledku horšího technického stavu ( $t_{zv}$ )** – doba, která není přímo měřitelná, ale lze ji stanovit rozpočtením ztrátového času do provozní doby. Vzniká především při zhoršeném technickém stavu strojního výrobního zařízení nebo nástrojů. Nejčastěji jde o různé druhy opotřebení, deformace, otláčení nebo o nesprávné nastavení, či seřízení.

## 3) Ztrátové časy z hlediska ztráty kvality

**Doba výroby neshodných výrobků ( $t_{nv}$ )** – doba, kdy se vyrábí neshodné výrobky v důsledku náběhu nebo doběhu výroby mimo stabilní stav, špatným nastavením zařízení, chybami operátorů a dalšími příčinami.

Jelikož jak již bylo zmíněno, ukazatel CEZ je generický, nezávisí tedy na zavedeném způsobu řízení organizace, ve které se metoda měření aplikuje. Pokud se tedy ve firmě uplatňuje řízení pomocí metody Six sigma, využívání programů ERP a jiných. Při uplatňování metody

Total Productive Maintenance, v souvislosti se ztrátovými časy lze hovořit o šesti velkých ztrátách. Ukazatel CEZ z těchto ztrát vychází. Tyto ztráty uvádí Nenadál (2008) jako:

1. Ztráty spojené s poruchami strojů
2. Ztráty spojené s přípravami a seřizováním
3. Ztráty spojené se sníženou rychlostí
4. Malé prostoje
5. Ztráty spojené výrobou neshodných produktů
6. Ztráty spojené s výrobou prvních kusů

Pokud však bude srovnáváno šest velkých ztrát a výčet časů prostoje dle schématu na obrázku č. 2, je vidět, že se vlastně popisuje a člení jeden problém, ale rozčlenění ztrátových časů podle schématu je podrobnější a proto i nadále bude upřednostňován před dalšími.

## 3.2. Konstrukce výpočtu ukazatele celkové efektivity zařízení

V této kapitole jsou nejprve popsány jednotlivé doby, potřebné pro vlastní výpočet ukazatele celkové efektivity zařízení. U těchto dob jsou samozřejmě uvedeny vztahy pro její výpočet, který je vždy odvozen pomocí odečítání ztrátových časů od disponibilní doby. Dále jsou uvedeny výpočty ukazatele CEZ. Jelikož lze tento ukazatel vypočítat více způsoby, budou tedy uvedeny postupně.

### 3.2.1. Doby potřebné pro výpočet celkové efektivity zařízení a jejich výpočet

Nyní jsou popsány jednotlivé doby při výrobním procesu, se kterými se dále počítá ve výpočtech ukazatele CEZ. Při definicích a výpočtech se bude opět vycházet ze schématu č. 2, kde byly již v předchozí kapitole popsány ztrátové doby, které jsou přímo nebo nepřímo měřitelné a z těchto dob se vypočítají následující časy:

**Disponibilní doba ( $t_{dis}$ )** - je doba, kterou lze charakterizovat jako časový úsek od pořízení výrobního zařízení až po jeho likvidaci, vyřazení či další prodej jinému majiteli. Jde tedy o stáří zařízení bez ohledu na provozní režim vlastního zařízení. Tuto dobu je vhodné sledovat jen u nepřetržitých provozů.



**Provozní doba ( $t_{pro}$ )** – tato doba charakterizuje časový úsek, kdy by strojní výrobní zařízení mělo podle výrobního plánu produkovat své produkty. Lze jej vypočítat odečtením nepožadované doby  $t_{nep}$  od disponibilní doby  $t_{dis}$ .

$$t_{pro} = t_{dis} - t_{nep} \quad (3.1)$$

**Provozní doba bez organizačních a logistických prostojů ( $t_{pol}$ )** – tuto dobu lze popsat, jako čas kdy se od provozní doby odečtou organizační ztrátové časy nutné vyplývající ze zákona a ostatní dle uvážení podniku a dále se ještě odečtou další ztrátové časy plynoucí z problémů logistiky. Tato doba se tedy vypočítá odečtením doby organizačních prostojů  $t_{op}$  a doby logistických prostojů  $t_{lp}$  od provozní doby  $t_{pro}$ .

$$t_{pol} = t_{pro} - t_{op} - t_{lp} \quad (3.2)$$

**Hrubá doba výroby ( $t_{hrv}$ )** – lze ji charakterizovat jako dobu požadovanou dobu bez veškerých organizačních, logistických a údržbářských prostojů a zároveň bez ztrátových časů na přestavování a seřizování zařízení. Hrubá doba výroby se vypočítá odečtením doby na přestavování a seřizování  $t_{ps}$  a doby na preventivní údržbu  $t_{pu}$  od provozní doby bez organizačních a logistických prostojů  $t_{hrv}$ .

$$t_{hrv} = t_{pol} - t_{ps} - t_{pu} \quad (3.3)$$

**Doba výroby ( $t_{vyr}$ )** – doba výroby se stanoví jako hrubá doba výroby  $t_{hrv}$  od níž se odečtou prostoje z technologických poruch  $t_{pp0}$  a funkčních poruch  $t_{pp5}$ .

$$t_{vyr} = t_{hrv} - t_{pp0} - t_{pp5} \quad (3.4)$$

**Využitelná doba výroby ( $t_{vyv}$ )** – je teoretická doba výroby shodných výrobků se ztrátovou dobou výroby neshodných výrobků. Vypočítá se odečtením ztrátové doby způsobené nižší výkonností v důsledku horšího technického stavu  $t_{zv}$  od doby výroby  $t_{vyr}$ .

$$t_{vyv} = t_{vyr} - t_{zv} \quad (3.5)$$

**Čistá doba výroby ( $t_{cdv}$ )** – je doba, při níž se vyrábí jen shodné výrobky bez jakýchkoliv ztrátových časů. K této době směřujeme a teoreticky by bylo ideální mít v procesu pouze tuto dobu. Čistá doba výroby se vypočítá odečtením doby výroby neshodných výrobků  $t_{nv}$  od využitelné doby výroby  $t_{vyv}$ .

$$t_{cdv} = t_{vyv} - t_{nv} \quad (3.6)$$

### 3.3. Výpočty ukazatele CEZ

V této podkapitole jsou uvedeny výpočty s popisem jednotlivých členů ve vzorcích. Principy výpočtu jsou dva základní. Oba tyto principy však vychází ze základní nosné myšlenky, že ukazatel celkové efektivity zařízení se sestává z dílčích ukazatelů a to pohotovosti, výkonnosti a kvality. Tato myšlenka není nějak složitá a vlastně jen popisuje racionální úvahu. Pokud se tedy od libovolného výrobního procesu požaduje výroba kvalitních produktů ve správnou dobu a správný počet v dávce, měla by být soustředěna pozornost právě na tyto ukazatele. Jelikož pokud se na nějakém strojním výrobním zařízení bude realizovat výroba, musí se zajistit, aby zařízení mělo správně udělaný výrobní plán a jeho správnou realizaci. Nežádoucí stav je, pokud by pracovalo zařízení třeba jen jednu hodinu z celé osmihodinové směny, jelikož ekonomicky by byly velmi vysoké fixní náklady. A právě tento problém s dostatečným využitím zařízení zahrnuje v sobě součinitel pohotovosti. Druhý součinitel v sobě zahrnuje myšlenku, pokud už zařízení má vyrábět, ať vyrobí co nejvyšší množství produktů za stanovenou jednotku času. Nebo z druhé strany lze konstatovat, že pokud už se má vyrábět, ať je měrná spotřeba času co nejmenší (potřeba času na výrobu jednoho produktu). Poslední součinitel kvality zastupuje myšlenku, že pokud zařízení vyrábí, ať vyrábí jen správné, dle normy ISO 9000:2008 shodné výrobky. Samozřejmě nelze po reálném procesu požadovat 100% dobrých výrobků, 100% výkonnosti, především pokud v procesu je lidský faktor k vykonání nějaké manuální činnosti, ani 100% využití, ale snaha je mít co nejvyšší tyto parametry s ohledem na všechny okolní vlivy a faktory procesu. Vlastní základní výpočet celkové efektivity zařízení se vypočítá ze vztahu:

$$CEZ = A \cdot P \cdot Q \quad (3.7)$$

kde: *CEZ* – celková efektivita zařízení

*A* – součinitel pohotovosti

*P* – součinitel výkonnosti

*Q* – součinitel kvality

(Legát; 2013)

Nejprve je tedy uveden první postup, který je podrobnější a používá ve své konstrukci dílčí ukazatele. Prostřednictvím těchto ukazatelů je ve vzorcích zastoupeno několik hlavních složek, pomocí kterých se proces dá ovlivňovat. Mezi tyto složky lze zařadit schopnost zvládnutí přestavit výrobní zařízení, zabezpečit logistické procesy, vykonání preventivní údržby a zvládnutí poruch. Všechny tyto vlastnosti lze hodnotit. Hodnotí se, do jaké míry jsou jednotlivé činnosti zvládnuty, úroveň zvládnutí se stanovuje výpočtem. Každá výše zmíněná činnost může tedy nabývat hodnot v intervalu od 0 do 1. Nyní tedy jsou uvedeny výpočty jednotlivých součinitelů.

### 3.3.1. Součinitel pohotovosti

Nejprve je tedy uveden výpočet součinitele pohotovosti A. Nejčastěji se tento součinitel označuje A, toto písmeno se ujalo v praxi a bylo zvoleno jako první písmeno z anglického názvu Availability. Tento součinitel byl již výše popsán. Pokud se nyní bude hovořit o výpočtu, tak do výpočtu vstupují dva dílčí součinitele a to součinitel preventivní údržby, přestavování a seřizování M a součinitel poruchovosti F.

Jako první je uveden dílčí součinitel preventivní údržby, přestavování a seřizování M. Tento součinitel popisuje, do jaké míry je v dané organizaci zvládnutý proces přestavování a seřizování zařízení a plánovaná údržba. Součinitel M se tedy vypočítá jako podíl hrubé doby výroby a provozní doby bez organizačních a logistických prostojů. Rozepisování vzorců pomocí ztrátových dob výše definovaných je uvedeno pro lepší názornost, a proto pod vzorci nejsou definovány jednotlivé ztrátové časy. Součinitel se vypočítá tedy dle vztahu:

$$M = \frac{t_{hrv}}{t_{pol}} = \frac{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps}}{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp}} \quad (3.8)$$

Kde:  $t_{hrv}$  - hrubá doba výroby

$t_{pol}$  - provozní doba bez organizačních a logistických prostojů

(Aleš, Legát, Jurča; 2014)

Dále do výpočtu vstupuje součinitel poruchovosti F, který hodnotí poruchovost zařízení a vypočítá se podílem doby výroby a hrubé doby výroby:

$$F = \frac{t_{vyr}}{t_{hrv}} = \frac{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pp5} - t_{pp0}}{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps}} \quad (3.9)$$

Kde:  $t_{vyr}$  - doba výroby

$t_{hrv}$  - hrubá doba výroby

(Aleš, Legát, Jurča; 2014)

Součinitel pohotovosti se tedy vypočítá jako součin obou dílčích součinitelů M a F. Postup je zřejmí, ze vztahu 3.10 níže uvedeného. Na konci vztahu je vidět, že pokud se doba výroby vydělí provozní dobou bez organizačních a logistických prostojů, lze využitelnost velmi jednoduše spočítat také i bez dílčích ukazatelů.

$$A = M \cdot F = \left( \frac{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps}}{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp}} \right).$$

$$\left( \frac{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pp5} - t_{pp0}}{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps}} \right) \quad (3.10)$$

$$= \frac{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pp5} - t_{pp0}}{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp}} = \frac{t_{vyr}}{t_{pro}}$$

(Aleš, Legát, Jurča; 2014)

### 3.3.2. Součinitel výkonnosti

Druhý ve výpočtu CEZ je součinitel výkonnosti. Nejčastěji se označuje písmenem P. Toto označení vzniklo opět jako první písmeno z anglického názvu Performance. Při výpočtu tohoto součinitele lze však zvolit mezi dvěma odlišnými způsoby. Oba způsoby opět používají poměr časů a rovněž jako součinitel využitelnosti je výsledek desetinné číslo. První způsob je založen stejně jako u součinitele využitelnosti na poměru dvou výrobních časů, ke kterým se lze dostat pomocí odečítání ztrátových časů od disponibilní doby. Výkonnost se tedy vypočítá jako využitelná doba výroby vydělená dobou výroby.

$$P = \frac{t_{vyv}}{t_{vyr}} = \frac{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pp5} - t_{pp0} - t_{zv}}{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pp5} - t_{pp0}} \quad (3.11)$$

Kde:  $t_{vyv}$  - využitelná doba výroby

(Aleš, Legát, Jurča; 2014)

Druhý způsob výpočtu je založen na stanovení ideálního času cyklu, tím se vynásobí počet výrobků, které byly vyrobeny za daný časový interval a vydělí se využitelnou dobou výroby. Výpočet je uveden níže:

$$P = \frac{Ct \cdot V_c}{t_{vyv}} \quad (3.12)$$

Kde:  $Ct$  – ideální čas cyklu

$V_c$  – počet všech výrobků

(Garza-Reyes et. al; 2008)

Při používání tohoto vzorce se však musí správně zvolit ideální čas cyklu New (2014) ve svém článku uvádí, že ideální čas cyklu se musí stanovit podle skutečné maximální možné výkonnosti nejpomalejšího pracoviště na lince a zároveň musí být vyhověno požadavkům na produkci, nebo se hodnoty musí blížit požadavkům v dokumentaci PPAP, pokud je požadována. Tento čas cyklu ale nelze stanovovat z teoretické výkonnosti strojního

výrobního zařízení. Pokud se ideální čas cyklu výrazně odchyluje při vysoké výkonnosti a dobré pohotovosti od úzkého místa v lince, musí být pořízeno ještě jedno zařízení, jelikož je zcela zřejmé, že je nedostatečná kapacita.

### 3.3.3. Součinitel kvality

Třetí a poslední součinitel pro výpočet CEZ je součinitel kvality. Tento součinitel popisuje, kolik výrobků z celkové produkce je shodných a do jaké míry je tedy proces výroby z hlediska kvality správný. Tento výpočet je možné rovněž vypočítat dvěma způsoby. První způsob výpočtu je opět poměr čisté doby výroby a doby výroby a vypočítá se dle vztahu:

$$Q = \frac{t_{cdv}}{t_{vyv}} = \frac{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pp5} - t_{ppo} - t_{zv} - t_{nv}}{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp} - t_{pu} - t_{ps} - t_{pp5} - t_{ppo} - t_{zv}} \quad (3.13)$$

(Aleš, Legát, Jurča; 2014)

Oproti tomu druhý způsob výpočtu vychází pouze z produkce výrobků. Lze jej vypočítat jako podíl celkové produkce výrobků, od kterých jsou odečteny neshodné výrobky v čitateli a celkové produkce výrobků ve jmenovateli.

$$Q = \frac{V_c - V_n}{V_c} \quad (3.14)$$

Kde:  $V_n$  – počet neshodných výrobků

(Garza-Reyes et. al; 2008)

### 3.4. Začlenění ukazatele celkové efektivity zařízení

V této kapitole jsou popsány další ukazatele, které se rovněž zabývají hodnocením efektivity strojních výrobních zařízení. U každého takového ukazatele je uveden výpočet a především jeho vztah k ukazateli celkové efektivity zařízení.

#### 3.4.1. Ukazatel čisté efektivity zařízení

Tento ukazatel ve zkratce označován jako ČEZ má menší záběr, než ukazatel celkové efektivity zařízení. Velmi často je označován jako NEE z anglického názvu Net Equipment Effectiveness. Při porovnání výpočet tohoto ukazatele s ukazatelem CEZ je rozdíl jen v tom, že v ukazateli CEZ je místo součinitele pohotovosti součinitel poruchovosti. Lze jej vypočítat podle vztahu:

$$\text{ČEZ} = F \cdot P \cdot Q \quad (3.15)$$

(Aleš, Legát, Jurča; 2014)

#### 3.4.2. Ukazatel celkové efektivní produktivity zařízení

Ukazatel celkové efektivní produktivity zařízení se označuje TEEP z anglického názvu Total Effective Equipment Performances. Stamatis (2010) ve svém díle říká, že ukazatel TEEP je komplexní ukazatel a sleduje efektivitu strojního výrobního zařízení 24 hodin denně a 365 dní v roce. Z tohoto sdělení je tedy zřejmé, že tento ukazatel je velice vhodné používat u zařízení, která jsou nepřetržitě v provozu a je u nich možnost je sledovat automatizovaně, aby se využila přednost před ukazatelem CEZ. Tato přednost spočívá v nepřetržitém monitorování okamžitého stavu, při čemž jsou zohledněny veškeré odstávky pro preventivní údržbu, nepožadovanou dobu výroby a veškeré prostoje. TEEP lze vypočítat podle vztahu:

$$TEEP = N \cdot A \cdot P \cdot Q \quad (3.16)$$

Kde:  $N$  – součinitel nepožadovaného provozu, organizačních a logistických prostojů

(Aleš, Legát, Jurča; 2014)

Ukazatel  $N$  lze vypočítat jako podíl provozní doby bez logistických a organizačních prostojů  $t_{pol}$  a celkové disponibilní doby  $t_{dis}$  podle vztahu:

$$N = \frac{t_{pol}}{t_{dis}} = \frac{t_{dis} - t_{nep} - t_{op} - t_{lp}}{t_{dis}} \quad (3.17)$$

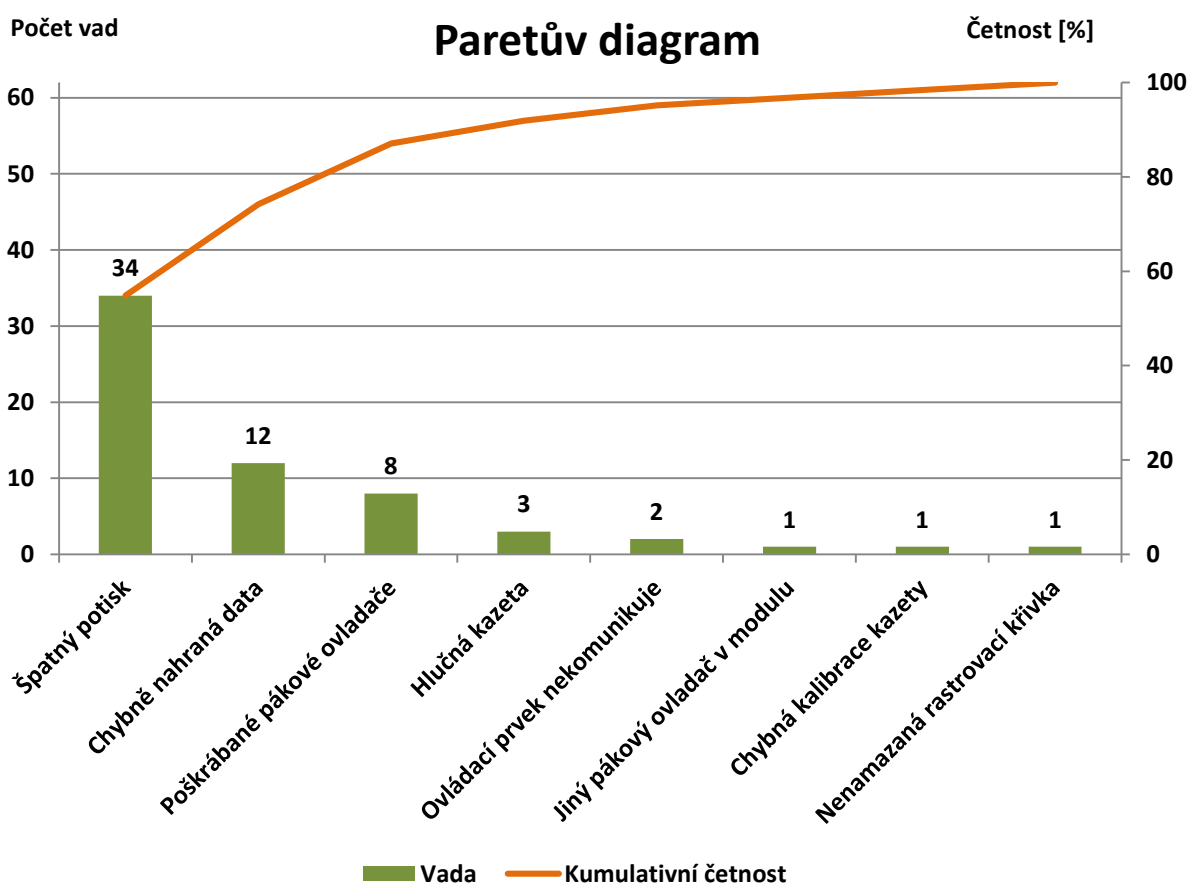
(Aleš, Legát, Jurča; 2014)

## 4. Vybrané nástroje pro zlepšování ukazatele CEZ

V této kapitole jsou popsány tři vybrané nástroje, s jejichž pomocí lze velmi efektivně vyhodnocovat a dále třídit vzniklé prostoje, zlepšovat výkonnost zařízení a úroveň kvality na jakémkoliv výrobním zařízení, ale i při poskytování služeb. Jedná se o tři ze sedmi základních nástrojů kvality a jsou to Paretův diagram, Ishikawův diagram (Diagram příčina následek) a vývojový diagram. Velká výhoda těchto nástrojů spočívá v jejich univerzálnosti a lze je tedy použít v různých oblastech jako v údržbě, optimalizaci a plánování výroby a poskytování služeb a v mnoha jiných případech.

### 4.1. Paretův diagram

Tento nástroj slouží pro vizualizaci výsledků, a stanovení přesného okruhu zájmů podle procentuálního ovlivnění výsledku. Pro lepší pochopení je nyní uveden ilustrativní příklad s výskytem vad na již hotových podvolantových modulech na obrázku 3. Paretův diagram, někdy označovaný jako Paretův graf, vychází z Paretova pravidla, které stanovuje poměr 80/20, tedy že 80 procent následků způsobuje 20 procent příčin (ZAAL; 2000).

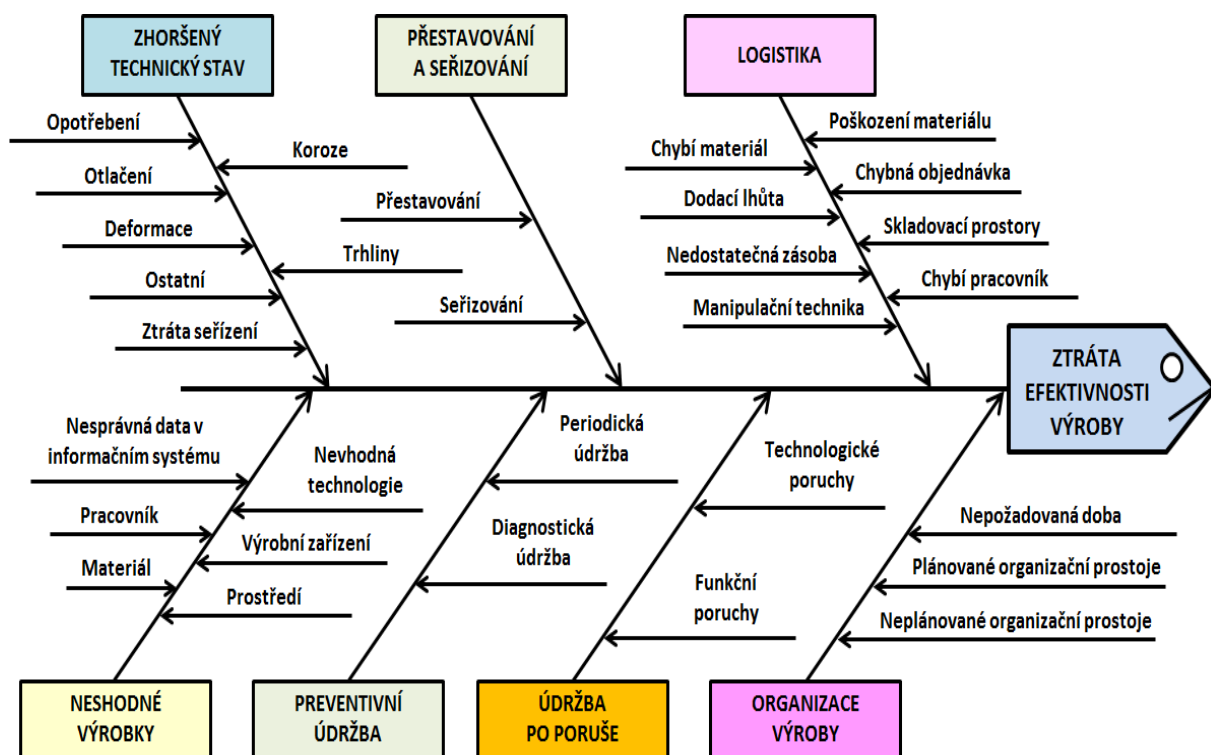


Obr. 3 Znárodnění Paretova diagramu

Tento typ grafu lze rozložit na dvě části. První část je tvořena sloupcovým grafem, kde na levé ose grafu je znázorněn absolutní počet výskytu vad, a na vodorovné ose jsou uvedeny typy vad. Může být znázorněn i celkový počet vad u každého sloupce. Druhá část je spojnice kumulativních relativních četností výskytů vad. Osa k této křivce je na pravé straně grafu a je na ní procentuální vyjádření prostožů. S pomocí této křivky si lze stanovit, jaká část výsledku má být řešena, ta se odečte na kumulativní křivce a musí se řešit všechny prostože nalevo na vodorovné ose.

## 4.2. Ishikawův diagram

Ishikawův diagram, neboli Diagram příčina následek slouží k odhalení všech příčin zvoleného následku. Někdy se také lze setkat s názvem diagram Rybí kost, toto označení vzniklo z tvaru diagramu, který rybí kost nápadně připomíná. Tento diagram se primárně používá při problémech spojených s kvalitou produktů, nicméně obecné principy členění na kategorie a popř. podkategorie nevyklučují použití kdekoliv jinde, třeba v optimalizačních procesech, jak je uvedeno na obrázku 4. Následek se uvádí uprostřed vpravo v rámečku, v tomto případě se jedná o ztrátu efektivnosti výroby. Ve všech ostatních rámečcích jsou kategorie. Tyto kategorie rozdělují celé spektrum příčin na jednotlivé logické celky. Nad vodorovnými šipkami jsou uvedeny jednotlivé příčiny k daným kategoriím. Tento diagram se velmi často prezentuje jako výsledek z Brainstormingu.



Obr. 4 Ishikawův diagram ztráty efektivnosti výroby (Aleš, Legát, Jurča; 2014)

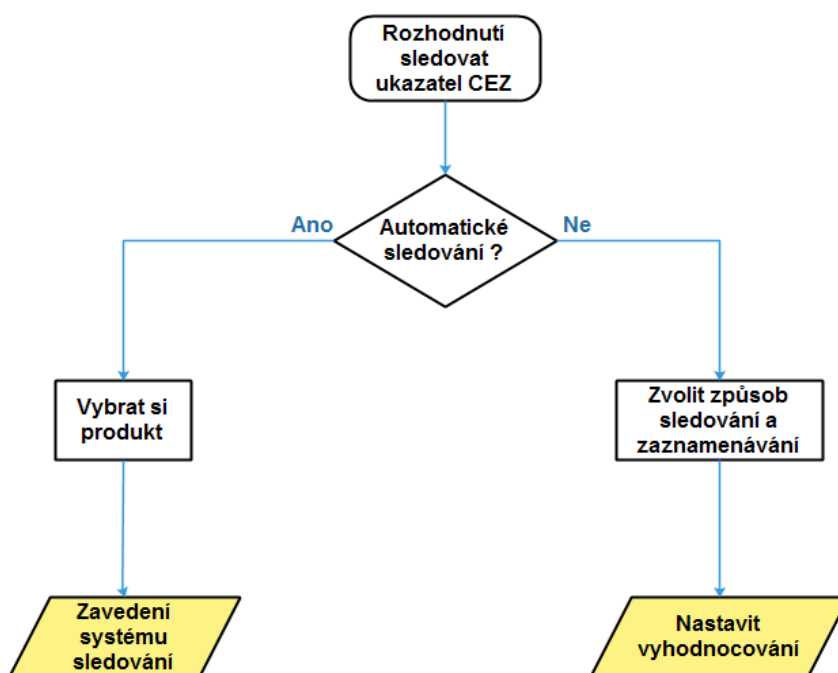


### 4.3. Vývojový diagram

Nástroj vývojového diagramu je v současné době velmi rozšířený a oblíbený. Jeho velkou předností je především názornost a přehlednost při znázorňování velkých a složitých procesů a velice názorné zachycení vztahů mezi procesy. Tento nástroj se používá především pro znázornění procesů a postupů. Pro lepší pochopení byl vytvořen vývojový diagram na obrázku 5 pro rozhodování, jaký způsob sledování ukazatele CEZ zvolit. Tento nástroj se skládá z těchto základních částí:

- Začátek / konec (rámeček s oblými rohy) – pokud je zapotřebí sledovat např. nějakou pracovní operaci, musíme se nejprve stanovit hranice, mezi kterými se tato operaci bude sledovat. Důvodem je najít vhodnou velikost a hloubku popisu.
- Procesní krok, činnost (rámeček) – symbol, který umožňuje sdělit, jaké posloupné kroky v daném postupu existují.
- Posloupnost, vazba – symbol šipky ukazuje návaznost a posloupnost jednotlivých kroků.
- Rozhodování (kosočtverec) – téměř vždy v každém postupu nastanou situace, kdy je potřeba podle nějakého kritéria rozhodnout, zda má nastat nějaká změna v postupu (např. dostatečné množství materiálu ve skladě, uplynutí doby do schválení dokumentu)
- Vstupy / výstupy (kosodélník) – nemůže existovat proces, který nemá žádný vstup a současně který nic nevytvoří, proto existují i značky toto odrážející např. značka pro dokument/záznam.

(Kocourek, 2010)



Obr. 5 Vývojový diagram rozhodování při zavedení sledování ukazatele CEZ

## 5. Metodika a cíle

V následující praktické části jsou nejprve stanoveny hlavní a dílčí cíle této diplomové práce. Hlavní cíl této práce spočívá v navýšení produkce na montážní lince MLBevo pro montáž podvolantových modulů, tedy ve zlepšení využití strojního výrobního zařízení. Tento cíl má být splněn prostřednictvím dílčích cílů. Dílčí cíle spočívají v navržení systémů pro sledování výkonového ukazatele celkové efektivity zařízení na montážní lince a efektivní vyhodnocování tohoto ukazatele operativně a dále v různých časových horizontech dle potřeby.

Jako první z dílčích cílů se musí provést analýza výchozího stavu sledování ukazatele CEZ před vlastním měřením dále uvedeném v této práci na zvolené výrobní lince. Jde tedy o délku časových intervalů měření prostoje, jejich četnost a pravidelnost měření. Jako další dílčí cíle jsou: navrhnout systematické měření a vyhodnocování stavu ukazatele CEZ a to nejen na operativní úrovni, ale i v delším časovém období minimálně do jednoho roku, aby trend byl reprezentativní a nebyl porovnáván jen s předchozím, nebo dvěma předchozími měřeními.

Při měření ukazatele CEZ na zvolené montážní lince bude měřit a následně vyhodnocovat tento ukazatel jeden pověřený pracovník, který bude měřit na stopkách a zaznamenávat příčiny a délku trvání jednotlivých prostoje do předem připraveného formuláře. Měření by se mělo provádět minimálně jednou a optimálně dvakrát týdně v délce měření od 3 do 5 hodin. Následně naměřené a zaznamenané údaje přepíše do tabulky v programu MS Excel s podporou maker, kde budou automaticky zobrazovány grafy prostoje, sčítány jednotlivé prostoje, vypočítávány jednotlivé součinitelé a ukazatel CEZ. Dále prostoje pracovník zaznamená do tabulky vedené jako databázi, ve které budou vedeny jednotlivá měření podle data měření a projektu. V této tabulce bude dle barvy pozadí buňky zaznamenána četnost. Tento soubor bude sloužit pro analýzy vývoje prostoje v čase.

## 6. Charakteristika společnosti

V této kapitole je nejprve uvedena v krátkosti historie celé společnosti a nejdůležitější události. Následně je přiblížena i historie v České republice. V druhé části je popsáno kde všude má dnes společnost pobočky a čím vším se zabývá. Blíže přiblížena je však jen část, ve které se nachází zařízení pro sledování celkové efektivity. U automobilových elektronických systémů bude tedy uveden stručný popis jednotlivých produktů.

### 6.1. Historie společnosti

Společnost Kostal byla založena dne 12. 06. 1912 v německém městě Lüdenscheid pod názvem Leopold Kostal. Založil ji p. Leopold Košťál (původem Čech), který se do německého Lüdenscheidu přestěhoval z Mnichova Hradiště. Firma po založení fungovala jako dílna pro technické izolační materiály a vyráběla soustružené díly z tvrzené gumy, galalithu a obdobných látek. Mezi produkty patřily objímky, zásuvky a zástrčky pro průmyslové, ale i domácí využití. Od roku 1926 byla zahájena výroba dílů elektrických zařízení pro automobilový průmysl, zejména ukazatele směru, které si firma Leopold Kostal sama vyvinula. Díky těmto směrovým světlům vstoupila firma do automobilové elektroniky. Tato rodinná firma neustále rozšiřovala sortiment automobilových dílů, kterých v roce 1935 bylo ve výrobním programu 160 druhů, mezi nimi různé spínače a spojky. ( Kostal CR; 2014)

V roce 1935 do firmy vstoupil Kurt Kostal a s ním tedy i druhá generace rodiny Kostalových. V režii těchto dvou generací došlo k jasnému zaměření společnosti Leopold Kostal na vývoj a výrobu dodávek pro automobilový průmysl. Kolem roku 1937 zaměstnávala společnost okolo 240 lidí. Dalšími velice významnými produkty byly konektory pro automobilové aplikace, které firma poprvé dodala na trh v roce 1938. V roce 1961 zemřel ve věku 77 let zakladatel společnosti. Firmu tedy převzal Kurt Kostal. Po 11 letech, roku 1972, nastoupil do firmy vnuk zakladatele, Dipl.-Kfm. Helmut Kostal, jako zástupce třetí rodinné generace. První zahraniční závod byl založen roku 1973 v Mexiku. Druhý zahraniční závod byl založen v Brazílii roku 1978. Poté roku 1981 zemřel i Kurt Kostal a vedení společnosti se ujal jeho syn Helmut, který orientoval společnost na mezinárodní trhy a založil mnoho nových závodů v různých zemích a na různých kontinentech. Například Kostal v USA a v Irsku byly založeny roku 1981 a v dalších zemích: ve Španělsku 1987, ve Velké Británii 1990, Japonsku 1992, v České republice 1993. O dva roky později se transformovala společnost podle obchodního zaměření a došlo k rozdělení na čtyři části a to Automobilové elektrické systémy,

Průmyslová elektronika, Kontaktní systémy a zkušební systémy (SOMA GmbH). V tomto roce byl ještě založen výrobní závod v Číně a Itálii. Další závody byly založeny: ve Francii 1999, v Jižní Korei 2006 a na Ukrajině 2007. Nyní společnost vede Andreas Kostal, již čtvrtá generace rodiny Kostalových. (Kostal com; 2010)

Nyní bude podrobněji popsána historie společnosti v České republice, zejména v závodě Černín u Zdic, ve kterém se nachází výrobní linka, na které byla sledována celková efektivita zařízení. Společnost KOSTAL CR byla založena 21.10.1993 jako společnost s ručením omezeným se sídlem v Hořovicích v okrese Beroun. V roce 1996 byla zahájena výroba koncernových spínačů a kabelové konfekce v provozovně Čenkov, která se stala z hlediska rozsahu výroby hlavním výrobním provozem KOSTAL CR. Od roku 1998 zde byla zahájena nová výroba vlastních vstříkovaných dílů, určených pro další výrobu. (Kostal; 2014)

Od roku 1998 postupně docházelo k převodu nákupních dispozic z mateřské společnosti na KOSTAL CR. Základní zaměření provozoven v Hořovicích a v Čenkově bylo zajišťování výroby dílů, konstrukčních skupin, modulů a montáž hotových výrobků dle výrobních a konstrukčních dispozic mateřské společnosti. (Kostal; 2014)

V jubilejním desátém roce činnosti KOSTAL CR, v roce 2003 byla zahájena výroba na nově postavené provozovně Černín v blízkosti Zdic. Rovněž bylo převedeno sídlo společnosti do tohoto závodu. V závěru roku 2003 byla ukončena výrobní činnost v provozovně Hořovice. Následně v dubnu roku 2005 byla dokončena výstavba druhé výrobní haly v provozovně Černín a současně s nárůstem pracovníků bylo rozšířeno i parkoviště před závodem pro osobní automobily. (Kostal; 2014)

Od 1. 1. 2009 došlo k oddělení divize kontaktních systémů z KOSTAL CR do samostatné organizace KOSTAL Kontakt Systeme. Jde o výrobní závod v Čenkově v okrese Příbram. Tato firma je zaměřena na výrobu kontaktních / konektorových systémů. (Kostal KKS CR; 2014)

## 6.2. Popis společnosti

Společnost Kostal je nezávislá rodinná společnost se sídlem v německém městě Lüdenscheid. Jak již bylo zmíněno, během 103 let se stala z malé německé firmy globální výrobce automobilových dílů. Dnes má Kostal 38 provozoven v 17 zemích světa. (Kostal CR; 2014). Jednotlivé země jsou znázorněny na mapě se zkratkou a vlajkou země viz. Obrázek 6.

KOA – KOSTAL Amerika

KOMEX – KOSTAL Mexiko

KOBRA – KOSTAL Brazílie

KOI – KOSTAL Irsko

KOSPA – KOSTAL Španělsko

KOFRA – KOSTAL Francie

KOB – KOSTAL Británie

KITA – KOSTAL Itálie

LK – Leopold Kostal

KOBU – KOSTAL Bulharsko

KOCR – KOSTAL Česká republika

KSE-GR - KOSTAL Řecko

KOU – KOSTAL Ukrajina

KOIN – KOSTAL Indie

KOCHI – KOSTAL Čína

KOKOR – KOSTAL Korea

KOOJA – KOSTAL Japonsko



Obr. 6 Umístění provozoven společnosti Kostal na mapě (Kostal CR; 2014)

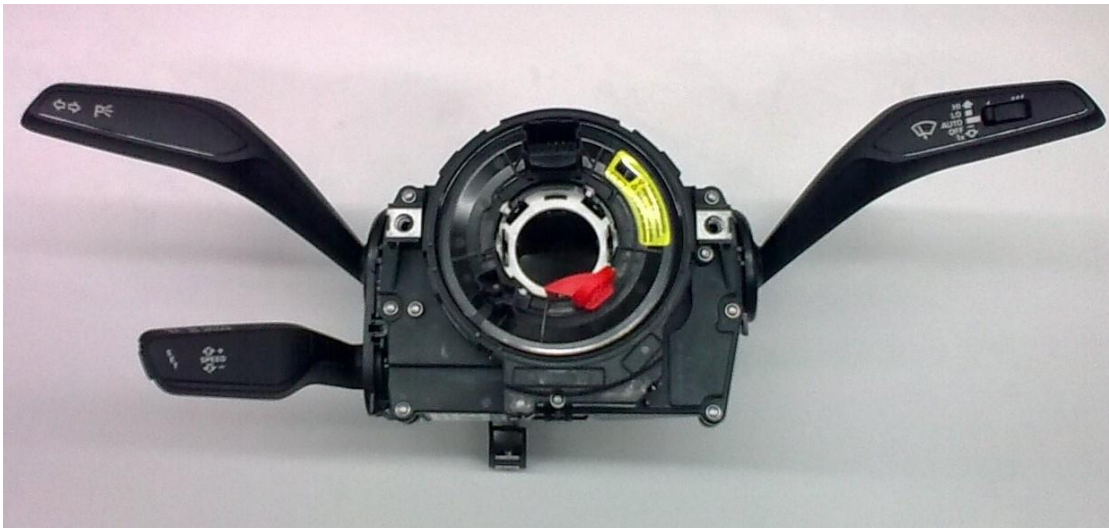
Celá společnost zaměstnává okolo 15 000 lidí. Společnost je rozdělena do čtyř obchodních divizí: Automobilové elektronické systémy, Průmyslová elektronika, Kontaktní systémy, Testovací systémy SOMA a solární elektronika. (Kostal com; 2010)

Při objednávce jakéhokoliv produktu ze sortimentu první divize, tedy Automobilových elektronických systémů se daný produkt realizuje přímo na specifické požadavky zákazníka a je tedy dle domluvy podobný produkt upraven, nebo přímo vyvíjen pro danou zakázku konstruktéry firmy.

Podrobněji bude popsána pouze první divize a to Automobilové elektronické systémy, jelikož tato práce se zabývá strojním výrobním zařízením z této divize. V této divizi je poskytována široká škála produktů nejrůznějšího typu. Většina produktů tohoto typu se vyrábí ve výrobních závodech v Evropě. Nyní budou uvedeny jednotlivé typy produktů:

### **Podvolantové pákové ovládací moduly:**

Tento typ produktu se nabízí velmi široký sortiment dle přání zákazníka. Co do objemu na evropském trhu firma dodává přes 30 % výrobků z celkové potřeby. Moduly jsou vyráběny ve variantách se dvěma pákovými ovladači, třemi pákovými ovladači a čtyřmi pákovými ovladači. Celý modul se skládá z plastového výlisku s aretační kovovou objímkou pro uchycení na volantovou tyč, dále z ovládacích pákových ovladačů a různých rastrových vložek, pružin a dalších nezbytných komponent pro správnou funkci těchto ovladačů. V ovladačích jsou integrovány různé ovládací prvky jako třeba tlačítka, ozubená kolečka a posuvné přepínače. Dále jsou v modulu plastové kryty, deska s tištěnými spoji a s různými elektronickými obvody a prvky. Shora modulu je umístěna kazeta pro přenos signálů na ovládací prvky na volantu a k ovládání airbagů. Jeden modul je zobrazen na obrázku 7.



*Obr. 7 Podvolantový modul Audi B9*

### **Středový modul řadicí páky:**

Kostal vyrábí celé moduly pro automatické převodovky i s okolními panely pro ovládání jízdy. Modul má v sobě integrovanou vlastní elektronickou řídicí jednotku a lze jej propojit přes PT CAN a LIN k dalším prvkům. Firma má vlastní patent na 3D kulisu s jednotlivými polohami pro řadicí páku. (Kostal com; 2010)

### **Kontrolní a ovládací panely:**

Tato skupina produktů je velmi rozmanitá a nabízí širokou škálu uplatnění pro různé umístění v automobilu. Patří sem například ovladače na elektrické otevírání a zavírání oken umístěné ve dveřích automobilů, uzamykání dveří a nastavení sklonu zpětných zrcátek. Dále se do této skupiny řadí ovládací panely, ve většině případů umístěvané v přední části palubní desky uprostřed automobilu, které obsahují ovládací tlačítka a vizuální kontrolou

(podsvícení) aktivního stavu. V tomto panelu bývají nejčastěji integrována tlačítka varovných světel, vyhřívání oken, ovládání klimatizačních jednotek, ventilátorů a další ovladače dle přání zákazníka. Také ovládací panely autorádií lze zahrnout do této skupiny produktů. (Kostal com; 2010)

#### **Asistenční kamery:**

Další typ produktů jsou asistenční kamery, slouží jako senzor pro zamlžené okno, rozpoznávají, zda po skle stéká voda při dešti. Oproti tomu při slunečných dnech sensor hlídá, zda nemůže dojít k oslnění řidiče. Další velmi užitečnou funkcí je rozpoznávání překážek při jízdě a hlídání bezpečné vzdálenosti při jízdě. Nyní je ve vývoji asistenční služba pro přímou jízdu v jízdním pruhu. Pokud by vozidlo mělo vybočit, popř. jet po dělicí číře na vozovce, asistent zareaguje a vrátí vozidlo zpět do pruhu. (Kostal com; 2010)

#### **Kontrolní jednotky:**

Výroba kontrolních jednotek do dveří, kde má firma vlastní bezpečnostní patent proti v podobě reverzace chodu při zavírání okna a při zvýšení odporu posuvu okna směrem nahoru. Dále jednotky zajišťují funkce, jako centrální uzamykání dveří zevnitř i vně. Jednotka v interiéru zajišťuje nastavení polohy sedadla a opěrky hlavy. Další funkce jsou pro řízení vozidla a navádění jej zpět při vybočení a hlídání pozice Hallova snímače.

(Kostal com; 2010)

#### **Nabíjecí jednotky pro elektromobily a hybridní pohony:**

Tyto jednotky se dodávají ve výkonových třídách do 3,3 kW, s maximálním výstupním proudem 12A a maximálním výstupním napětím 450A. Nabíjecí jednotky od společnosti Kostal slouží k nabíjení automobilových akumulátorů, které mají jako elektrolyt podchlazenou kapalinu. Jednotky musí tudíž zajišťovat i stálé chlazení a dokonalou izolaci, aby posádka vozu nedostala elektrický výboj, jelikož jde o docela vysoké výstupní proudy.

(Kostal com; 2010)

#### **Další produkty:**

Mezi produkty společnosti patří také tlačítka Start- stop, dálkové ovladače na odemykání a uzamykání dveří a jiné funkce, rozhraní pro diagnostiku vozidla (hardware i software) a esenční jednotka, jež lze napojit na klimatizační zařízení pro lepší pohodu prostředí v automobilu. (Kostal com; 2010)

Mezi hlavní zákazníky výrobků automobilových elektronických systémů společnosti Kostal patří především BMW, Audi, Škoda, Porsche, PSA Peugeot, Citroën, Ford, FIAT, Alfa Romeo, Volkswagen-Koncern a jejich dodavatelé. Procentuální zastoupení zákazníků je znázorněno v příloze 1.

Pokud se bude hovořit o kvantitativním zastoupení výrobků, tak podvolantové moduly tvoří nejčetnější skupinu a společně se středovými moduly řadicí páky tvoří okolo 46 % produkce. Dále pak elektronické kontrolní jednotky, které zastupují 16 % produkce a různé tlačítkové ovládací panely okolo 36 %. Ostatní produkty tvoří jen 2 % výrobků. (KOCR prezentace). Z těchto dat je zřejmé, že moduly, především podvolantové, tvoří nejvyšší část produkce a díky této skutečnosti je jim věnována značná pozornost.

Výrobní závod v Černíně u Zdic se specializuje především na výrobu dílů, ze kterých se následně skládají jednotlivé komponenty pro konečnou montáž podvolantových modulů. V jedné části první výrobní haly se vyrábí plastové výlisky na 48 vstřikovacích lisech. Ve druhé části se z těchto plastových výlisků skládají komponenty pro celé moduly. Mezi těmito výrobními linkami jsou také linky, které kompletují ploché vodiče s kontakty, aby tyto sestavy mohli být dále skládány do jiných meziproductů. V druhé výrobní hale se nachází strojní výrobní zařízení (dále jen výrobní linky), které jsou z většiny určené pro koncovou montáž podvolantových modulů.



## **7. Definování počátečního stavu strojního výrobního zařízení**

V této kapitole je nejprve představeno strojní výrobní zařízení. Celkem podrobně jsou popsány jednotlivá pracoviště tak, jak jsou na montážní lince zařazeny. Podrobnější popis je zcela nutný, jelikož pokud se budou rozebírat v dalším textu jednotlivé prostoje, musíme vědět kde a na jakých mechanismech vznikají. V další části je popsán stav výroby, organizace a logistiky zásobování vstupními díly pro tuto linku. Dále samozřejmě také stav sledování celkové efektivity zařízení na této lince.

### **7.1. Popis strojního výrobního zařízení pro sledování celkové efektivity zařízení**

Pro sledování ukazatele celkové efektivity zařízení pro tuto diplomovou práci, byla po konzultaci se zaměstnanci zabývajícími se optimalizací výroby, zvolena produkční linka označovaná pod názvem SMLS B8/MLBevo. Tato výrobní linka je určena pro montáž modulů nejrůznějších variant. Název byl odvozen od prvních projektů, pro které byla linka určena. Jde tedy o projekty výrobce automobilů Audi A4 B8, který již dnes vystřídal model Audi A4 B9 a rodinu projektů MLBevo, který si klade za cíl nižší hmotnost celého vozidla.

Celá produkční linka SMLS B8/MLBevo je velmi specifická i z hlediska produkce. Jak je všeobecně známo, automobilový průmysl je specifický úzkoprofilovými produkčními linkami a to tato linka rozhodně není. Pod pojmem úzkoprofilové produkční linky si lze představit okolo dvaceti typů výrobků. Tato linka však nyní vyrábí 220 variant (typů) produktů rozdělených do 8 projektů. Nyní budou uvedeny výrobci, jejich projekty a v hranatých závorkách počty variant v projektu. Jde o projekty výrobce Volkswagen - Touareg [36]; Porsche – Cajun [10], Macan [51] (při zjišťování efektivity zařízení bráno jako jeden projekt); Audi - D4 [16] B8 [20], TT3 [26], B9 [40], R8NF [3] (podprojekty TT3, B9 a R8NF jsou zahrnuty v rodině projektů MLBevo) Corvette – C7 [18]. Zároveň ale v každém z projektů je mnoho typových variant, které se mohou lišit počtem pák v modulu, typem jednotlivých pák v modulu a projekty MLBevo se liší i konstrukcí modulu. V každém vyrobeném modulu se nachází minimálně dva pákové ovladače a to na ovládání směrových světel jeden a druhý na ovládání stěračů. Může být v modulu i třetí pákový ovladač převodní pro ovládání počítače.

Linka SMLS B8/MLBevo je rozčleněna do 15 pracovišť, u kterých bude nyní popsána jejich funkce. Schematicky je celá linka vyobrazena v příloze 2 i s popisky jednotlivých stanovišť. Po obvodě celé linky je nainstalován řetězový dopravník z válečkových řetězů, jenž jsou kryty gumovými destičkami kvůli bezpečnosti. Na dopravníku se nachází unašeče s různými přípravky pro uchycení a montáž modulů. Unašeče jsou ve firmě označovány jako paletky. Pod dopravníkem jsou pneumatické zvedače ovládané elektronickými kontaktními čidly pro zastavení unašeče (paletky). Na každém pracovišti dle schématu v příloze 2 je vlastní terminál, přes který lze manuálně ovládat přednastavené operace, nebo lze zastavit aktuální operaci ve stanici.

První stanoviště označené v příloze 2 jako AG 10 je manuální pracoviště. Pracoviště obsluhují dva operátoři. První zakládá na paletku plastovou konzolu, do které se následně musí usadit výlisky s rastrovacími plochami pro polohu pákových ovladačů. Tlačítkem zeleně podsvíceným při stisknutí se zasune zvedač a paletka odjede do další stanice. Před odjezdem z jakéhokoliv manuálního pracoviště jsou nad paletkou umístěny optické kamery, které hlídají prostor nad ní, z bezpečnostních důvodů, aby nedošlo k situaci, že operátor zakládá díly, nechtěně zmáčkne tlačítko, paletka začne odjíždět a operátorovi by se mohl stát úraz horní končetiny. Pokud kamera odhalí cizí objekt v kontrolní oblasti, zeleně podsvícení tlačítka se změní na červené podsvícení a obsluha musí opět zmáčknout pro opakování bezpečnostního testu. Druhý operátor na paletku založí dle zrovna vyráběné varianty dva nebo tři pákové ovladače a pomocí páky přitlačované pružinou se ovladače ukotví a znehybní jej pro další operace.

Druhé pracoviště je rozděleno do tří částí a je označováno jako AG 20A, AG 20B a AG 20C. Všechny tři stanice jsou plně automatické. Na prvním stanovišti AG 20A je zařízení na nalepení etikety na plastovou konzolu s informacemi jako logo zákazníka, země původu, značení certifikace CE pro uvedení na trh a z hlediska výroby nejzajímavější čárový kód, který na stanici AG 120 slouží pro identifikaci správných komponent. Druhé stanoviště AG 20B je automatický robot pro aplikaci plastického maziva (někdy označováno jako mazací tuk) na rastrovací plochy, po kterých se bude posouvat protikus usazený v pákovém ovladači. Třetí stanice AG 20C je také automatický robot, který také aplikuje mazivo na druhé straně modulu na rastrovací plochy a na kontaktní plochy ovladače, které se zasunou do plastové konzoly.

Jako další pracoviště pod označením AG 30A a AG 30B jsou opět plně automatizovaná robotická pracoviště. První pracoviště AG 30A je určeno pro zakládání speciálních kovových odlitků, které slouží pro převod pohybu páky na axiální pohyb kontaktu na kontakty desky s tištěnými spoji. Odlitky (ve firmě označovány jako hrazdičky) se zakládají do vibračního

zásobníku ve tvaru komolého kužele, v němž je po obvodě spirálovitě vinutá dráha, po které probíhá pomocí vibrací, speciálních usměrňovacích lišt jednocení. U zásobníku se zapínání a vypínání vibrací provádí automaticky pomocí čidla na konci vibrační lišty. Odlitky jsou dále dopravovány vodorovnou vibrační lištou a s podporou vzduchu nastřelovány a otáčeny do přesné polohy pro odběr automatických kleští na přemístění do odběrového lůžka pro robota. Správnou polohu v lůžku za vibrační lištou hlídají 2 kontaktní čidla a správnou polohu v odběrovém lůžku pro robota hlídá kamera upevněná na manipulátoru s manipulačními kleštěmi. Tyto kleště jsou zde umístěny pro odměr maximálně 3 hrazdiček na jeden posuv z dvou symetrických trojlůžek zakončujících vibrační dráhy kde v ose symetrie je umístěno odběrové lůžko pro robota. Je zřejmé, že linka disponuje 6 vibračními zásobníky. U druhé stanice robot zakládá namazaný plastový výlisek, jako vedení, ve kterém je usazena pružina do pákových ovladačů. Pod zásobníky na hrazdičky jsou umístěny dva větší zásobníky stejného provedení i funkce. Jeden zásobník je na pružiny a druhý na plastové výlisky. V zásobníku na plastové výlisky je optická kamera, která snímá polohu výlisků, aby byly v přesné poloze, pokud se odchyľují (jsou v jiné poloze), jsou vzduchovou tryskou odfouknuty zpět do spodní části zásobníku. Dále jak pružiny, tak plastové výlisky jsou jednotlivě dávkovány do potrubí, kde probíhá pneumatická doprava materiálu k vlastní dávkovací hlavici. Pružiny i výlisky mají svojí vlastní pneumatickou dopravu a trubice jsou zakončeny v jediné dávkovací hlavici samostatnými otvory. Před výstupními otvory jsou umístěna čidla na detekci přítomnosti dopravovaných materiálů a ovládají se tak vstupy do pneumatického potrubí. Dávkovač nejdříve založí na podávač pro robota pružinu, dále plastový výlisek a nakonec výlisek namaže plastickým mazivem. Dále se tato sestava s pomocí robota usadí do pákových ovladačů.

Na pracovištích s označením AG 40A a AG 40B obsluhují dva operátoři. Jedná se tedy o manuální stanice, kde operátor na první stanici uvolní pákový ovladač z přípravku a založí jej do plastové konzoly. Je velice důležité, aby operátor po založení ustavil ovladač do nulové polohy. Po dokončení operace operátor stiskne zeleně podsvícené tlačítko, provede se bezpečnostní test stejným způsobem, jako na stanici AG 10 a na všech jiných manuálních stanicích. Paletka dále odjede do vedlejší stanice AG 40B, kde se tato operace provádí s dalšími dvěma pákami.

Paletka dále dojede do stanice AG 50. Zde se nachází opět plně automatizovaná stanice, kde se ukládají plastové kryty na předem nasazené pákové ovladače. Kryty jsou doplňovány do dvou vibračních zásobníků. Do jednoho zásobníku se doplňují otvorem shora a do druhého se ukládají na dávkovací dopravník. Opět jsou tyto kryty pomocí vibračních lišt

dopravovány na odběrové lůžko, kde si je manipulační hlavice pomocí podtlakových přísavek nabere a usadí na pákové ovladače. Správná poloha je opět kontrolována kamerou.

Následujícím pracovišti AG 60 je umístěna vpravo na zadní straně linky viz. Schéma příloha 1. Jedná se o automatické šroubovací stanice. Celé pracoviště se skládá ze dvou částí sériově řazených, z nichž každá část má dva automatické šroubováky. První část šroubuje všechny varianty kromě rodiny projektů MLBevo, jelikož ostatní projekty mají kratší šrouby. Druhá část stanice šroubuje jen projekty zahrnuté pod rodinu MLBevo. Šrouby jsou opět ve vibračním zásobníku a dávkuje se pomocí pneumatické dopravy. Po aretaci paletky se nejprve pomocí kamery zkontroluje poloha krytu pákového ovladače a následně se přišroubuje dle varianty 2 až 4 šrouby.

Následující stanice je označena jako AG 70. Tato stanice ukládá na hrazdy axiální kontakty pro možnost převodu elektrického náboje při různém vychýlení pákového ovladače. Na první pohled je tato stanice odlišná, jelikož bezpečnostní kryty linky jsou zde polepeny tmavě hnědou folií kvůli kontrole kamery pod červeným světlem, aby vyhodnocení neovlivňovalo okolní osvětlení. Ještě před zvedačem ve stanici je předřazen zvedač, který u některých variant po zdvihu překlopí držák, na kterém je usazena konzola s pákovými ovladači. Nejprve dojde k otočení o 180° v horizontální rovině a následně o 180° ve vertikální rovině. Takto je modul připraven pro usazení axiálních kontaktů ve stanici. Paletka tedy vjede do stanice, zvedač ji zvedne a kamera pod červeným světlem zkontroluje, zda je pákový ovladač v nulové poloze a tím i hrazdy. Dále se osadí axiální kontakty s pomocí automatického robota, který má dvoje manipulační kleště na rameni a může tedy zakládat po dvou kontaktech. Robot nabírá kontakty postupně ze 4 karuselů, kde každý karusel má jedno vybrání pro kontakty, do kterého se kontakty dostávají ze 4 rotačních zásobníků, z nichž každý má 4 tuby s kontakty. Po založení kontaktů se opět zkontroluje kamerou s červeným světlem, zda jsou kontakty správně založeny.

Pracoviště označené jako AG 80A obsluhuje jeden operátor. Ve stanici se do konzoly usazují desky s tištěnými spoji s elektronickými prvky a piny. Dále se zde zapojují konektory pákových ovladačů. Musí se rozlišovat projekty, jelikož některé projekty mají delší piny pro zasunutí konektorů a manuálně se zakládají do otočného karuselu, který je podá posuvnému manipulátoru a ten jej uloží do konzoly. Následně na druhém zvedacím zařízení operátor připojí konektory ovladačů k desce. U ostatních projektů se manuálně zakládají desky a zapojují se konektory na druhém zvedacím zařízení.

Stanice s označením AG 80B je rovněž manuální stanice, kde obsluhuje jeden operátor. V této stanici se na pákové ovladače z boční strany nasazují dekorativní přechody z konzoly

na ovladač. Dále u několika variant se na pákové ovladače nasazují speciálně leštěné prvky. Tento operátor u některých variant MLBevo musí zakládat plastovou vložku do otočného karuselu s 15 místy pro založení ve stanici AG 80C.

Automatická stanice AG 80C slouží k založení plastové vložky. Nad otočným karuselem je manipulátor, který zakládá ocelové plíšky, jenž jsou umístěny ve vibračním zásobníku a k manipulátoru jsou dopravovány vibrační lištou, jako pojistku proti pootočení plastové vložky a robot tuto sestavu založí opět do konzoly.

Pracoviště AG 90 je rovněž plně automatická šroubovací stanice. Šroubují se zde desky s tištěnými spoji ke konzole. Princip dopravy šroubů i šroubování je shodný s popisem ve stanic AG 60, dokonce i rozdělení částí dle projektů je shodné. Tato stanice má však ještě třetí část. Tato část kontroluje, zda jsou šrouby správně zašroubované. Na šroub se spustí přípravek, který se skládá ze dvou částí a to opěrné trubky, která při měření opatrně dosedne na desku a další měřicí tyčinky, které dorazí na hlavu šroubu a vyhodnotí správná poloha zašroubování.

Jako další pracoviště je kontrola potisku pákových ovladačů a etiketovací stroj označované jako AG 100. Kontrola potisku probíhá pomocí čtyř kamer, které kontrolují úplný a správný potisk na pákových ovladačích dle odpovídající varianty výrobku. Etiketovací stroj je činný jen v případě, pokud se vyrábí projekty rodiny MLBevo, u kterých se konzola na stanici AG 40 ještě přiklápí protikusem. Etiketa je totiž nalepena na obou částech konzoly.

Manuální stanice AG 110 je obsluhována jedním operátorem. Ten má za úkol založit a správně zacvaknout pomocí klipů kazetu. Kazeta, jak bylo již dříve popsáno, slouží pro převod signálu z ovladačů umístěných na volantů a airbagu na desku s tištěnými spoji, aby však bylo možné používat ovladače a současně i zatáčet volantem. Tento operátor u projektů MLBevo musí místo vlastního ukládání kazety pouze zakládat tyto díly do rotačního karuselu stanice AG 120.

Stanice AG 120 se skládá ze dvou částí. První část je automatické ukládání kazet do modulu, jenž ukládá manipulátor s kleštěmi. Druhá část stanice je automatický šroubovák, který je řešen obdobně jako jedna část šroubováků AG 60 a AG 90. Po zafixování modulu se však nejdříve pomocí pneumatických přípravků dorazí klipy a následně je načten čárový kód a porovnán s kódem na konzole. Kazeta je našroubována pokud splňuje požadované parametry. Touto stanicí se stává podvolantový modul kompletní a zbývající stanice jsou zařazeny jen pro nastavení a kontrolu funkce.

Pracoviště označená jako AG 130A, AG 130B a AG 130C jsou odlišná od ostatní tím, že jsou jako jediná řazeny paralelně. Všechny tři pracoviště kalibrují kazety do správné nulové polohy, aby při maximálním natočení volantu nedošlo k poruše plochého vodiče uvnitř. Po zvednutí zvedacího zařízení se modul zajistí polohu spuštěním přípravku. Dále se automaticky vysune aretační pojistka kazety a modul se kalibruje do nulové polohy. Po kalibraci se zpět zasune pojistka a přípravek pro zajištění polohy se vysune.

Pracoviště AG 140A a AG 140B jsou kalibrační stanice. Ve stanici AG 140A se kalibrují a zkouší pákové ovladače modulu. Pomocí mechanických ovladačů se pákové ovladače vychylují v různých směrech a současně se kalibruje a po té testuje jejich funkce. Ve stanici AG 140B se zkouší funkce pro airbag a jiné ovládací prvky na volantu.

Poslední pracoviště AG 150 slouží pro finální kontrolu pákových ovladačů, kde se operátorovi na obrazovce ukazují funkce, on je vykoná a testovací stanice pozoruje, zda je vše vykonané v pořádku. U některých chyb se na obrazovce chyba vypíše a u některých se pouze rozsvítí červené pole pro chybný modul a povysune se zásuvka pro neshodné výrobky. Operátor na této stanici mění pojistky kazet, aby nebyly otlačené ani jinak poškozené od manipulačních nástrojů linky a provádí vizuální kontrolu kabelů, ovladačů a povrchu modulů. Pokud je vše v pořádku, operátor uloží modul do přepravovacího boxu.

## 7.2. Popis výchozího stavu

Výroba na montážní lince probíhá nepřetržitě 24 hodin denně. Tato pracovní doba je rozdělena do dvou směn po 12 hodinách. Střídání směn probíhá vždy v intervalu od 6:05 do 6:10 hodin a od 18:05 do 18:10 hodin. Na výměnu je plánovaná přestávka linky 5 minut. Celkem na lince pracují čtyři směny. Během směny jsou určeny dvě 30 minutové přestávky na oběd a tři 5 minutové přestávky, aby operátoři mohli doplnit tekutiny a dojit si na toalety. Disponibilní doba pro linku po odečtení povinných přestávek je tedy 640 minut za směnu.

Montážní linka SMLS B8/MLBevo je kapacitně z hlediska personálního stavěna na 8 operátorů a vždy je zde přítomen jeden seřizovač. Plně bývá obsazená linka operátory jen velice málo a to při výrobě rodiny projektů MLBevo. Nejčastěji obsluhuje linku 7 operátorů a v některých případech u dvoupákových modulů i 5 operátorů. Pokud operátoři nejsou v plném počtu, vždy bude neobsazené místo prvního operátora na pracovišti AG 40, jelikož mimo rodiny projektů MLBevo na tomto pracovišti stihá nasazovat pákové ovladače na konzolu jeden operátor, aniž by zpomaloval okolní pracoviště. Pokud obsluhuje linku 6 operátorů, nebude obsazené první místo na pracovišti AG 40 a dále místo operátora na pracovišti AG 80B.

Náplní práce seřizovače je především odstraňovat poruchy na lince, ale musí také odebírat naplněné boxy s finálními výrobky, jejichž kapacita na válečkovém regálu je 6 boxů což činí dle variant 36 až 48 výrobků. Dále pomocí vysokozdvizného paletizačního vozíku přivážet na místo k lince prázdné obaly na paletě (cca. 8 metrů) a plné palety odvázet před linku na manipulační prostor (cca. 3 metry), kde si je odeberou skladníci externí firmy. Náplň práce operátorů na lince byla již popsána s tím, že pokud musí nějaké díly zakládat do linky, starají se o to, aby tyto díly byly na skladových pozicích, a sami si je doplňují z těchto pozic do prostor k lince a odnáší prázdné obaly. Pokud materiál na skladových pozicích není, musí operátor nahlásit chybějících dílů organizátorovi směny a ten vystaví elektronicky kanbanovou kartu. Externí firma, která zajišťuje logistiku jak vstupního materiálu, tak i hotových výrobků (výstupního) materiálu má na doplnění interval 120 minut. V případě nedodání do 60 minut od vystavení kanbanové karty se upozorňují opakovaně skladníci externí firmy a kanbanová karta dostane status vysoká důležitost. Pro lepší pochopení logistických tras materiálu u linky je v příloze 3 přiloženo schéma s vyobrazením jednotlivých skladovacích prostor. Ve skladovacích prostorech před linkou, které jsou označeny  $\frac{M}{V}$  jsou umístěny dva válečkové regály, ve kterých se skladují pákové ovladače s vysokými požadavky na spotřebu (často používané) pro stanici AG 10. Pákové ovladače, kterých se spotřebuje ve výrobě výrazně méně, se skladují v prostoru za linkou ve dvou regálech označených jako VV.

Pákové ovladače, jejichž spotřeba činí jednotky kusů za týden, se skladují v prostoru za linkou v zadním regálu na schématu označeném černě. Na další skladové pozici na schématu označené jako Regal 53 se skladují kovové odlitky (hrazdy), pružiny a plastové výlisky pro pracoviště AG 30A a AG 30B. Dále se zde ještě skladují plastové kryty pro stanici AG 50. Za linkou napravo s označením Regal 1 se skladují desky s tištěnými spoji a axiální kontakty pro stanice AG 70 a AG 80A, AG 80B, AG 80C. Dále se zde skladují šrouby do automatických šroubováků. V nejbližším skladovacím místě u stanice AG 120 se skladují kazety pro manuální i strojní zakládání. Z hlediska rozmístění vstupního materiálu v okolí linky lze konstatovat, že je v docela vhodných pozicích vzhledem k doplňování jej do linky.

Výchozí postup při plánování výrobních dávek pro výrobu na montážní lince SMLS B8/MLBevo probíhá podle následujícího postupu. Plánování potřeb vstupního materiálu, počet vyrobených výrobků a zároveň i časovou organizaci výroby dle jednotlivých variant během směny ve společnosti zajišťují disponenti z oddělení logistiky. Disponenti mají mezi sebou rozdělené jednotlivé výrobní projekty a ty si každý disponent plánuje sám. Na lince SMLS B8/MLBevo plánují tři disponenti, kteří se musí předem domluvit, aby zaplnily celý čas směny a zároveň uspokojily počty vyrobených kusů dle přání zákazníka. V programu Microsoft Excel, který je umístěn na sdíleném disku pro disponenty a organizátorem směny, se vytvoří tabulka pro jednotlivé směny, nejdéle však na čtyři dny před dnem výroby, kde jsou údaje jako datum, disponent, projekt, číslo varianty, čas kdy nejpozději musí být výrobky vyrobeny a další. Organizátor směny se orientuje dle barvy pozadí jednotlivých řádků: červené pozadí znamená vysokou důležitost a musí se přednostně vyrobit, oranžové pozadí znamená, že se musí vyrobit, žluté pozadí označí organizátor směny, pokud se už vyrábí a zelené pozadí rovněž označí organizátor, pokud je výrobní dávka vyrobena. Vlastní princip plánování výroby je založen čistě jen na zákaznickém tahu, nevyrábí se tedy žádné výrobky na sklad, což je bez pochyby přednost z pohledu finančního, jelikož se nemusí platit za skladování výrobku a ten je tedy levnější. Oproti tomu když si zákazník objedná nějakou mimořádnou dávku a spěchá s dodáním, na lince se třeba jen pro řádově jednotky výrobků musí přestavovat unašeče a měnit na nich trny pro nasazení konzoly a u rodiny projektů MLBevo se musí vyměnit přípravek pro aretaci modulu při kalibraci, což činí nezanedbatelné prostoje linky.

Na lince SMLS B8/MLBevo se celková efektivita zařízení téměř nesledovala. Za celý rok 2014 se ve firemní databázi nacházelo jen šest souborů Microsoft Excel s měřením této linky. Jednalo se o sedm měření. Nyní budou popsány protokoly z prvních dvou měření. První měření proběhlo 4. 2. 2014 a doba sběru dat trvala 165 minut, z čehož 30 minut byla ještě přestávka. Disponibilní doba byla tedy 135 minut. Protokol z měření je v příloze 4 a



v následujícím obrázku v příloze 5 je vyhodnocení ukazatele celkové efektivity zařízení. Pokud se vrátíme k protokolu z měření, v horní části jsou nezbytné údaje pro definici měření jako datum měření, projekt a především číslo varianty. Níže jsou uvedeny plánované přestávky, čas sběru dat a produkce shodných (I.O.) a neshodných (N.I.O.) výrobků. Tyto výrobky jsou odečteny na automatickém počítadle na poslední stanici linky. Hodinová produkce výrobků je dopočítána. Vlastní prostoje se zaznamenávají do tabulky, kde se uvede důvod prostoje a zaznamená se do příslušného sloupce, každá sloupec představuje časový úsek 15 minut, aby se přibližně s odpovídající přesností mohl definovat čas prostoje. Spodní část tabulky se zabývá příčinami a počty neshodných výrobků, kde ale nejsou ani u jednoho měření uvedeny příčiny. Jako další příloha je vyhodnocení ukazatele celkové efektivity zařízení. V příloze 5 pro výpočet celkové efektivity zařízení si musíme povšimnout nesrovnalosti v zaznamenání celkové disponibilní doby. Další hodnoty již odpovídají reálnému vyhodnocení měření. Druhé měření proběhlo 7. 2. 2014 a data se sbírala jen 45 minut, což je velmi krátká doba.

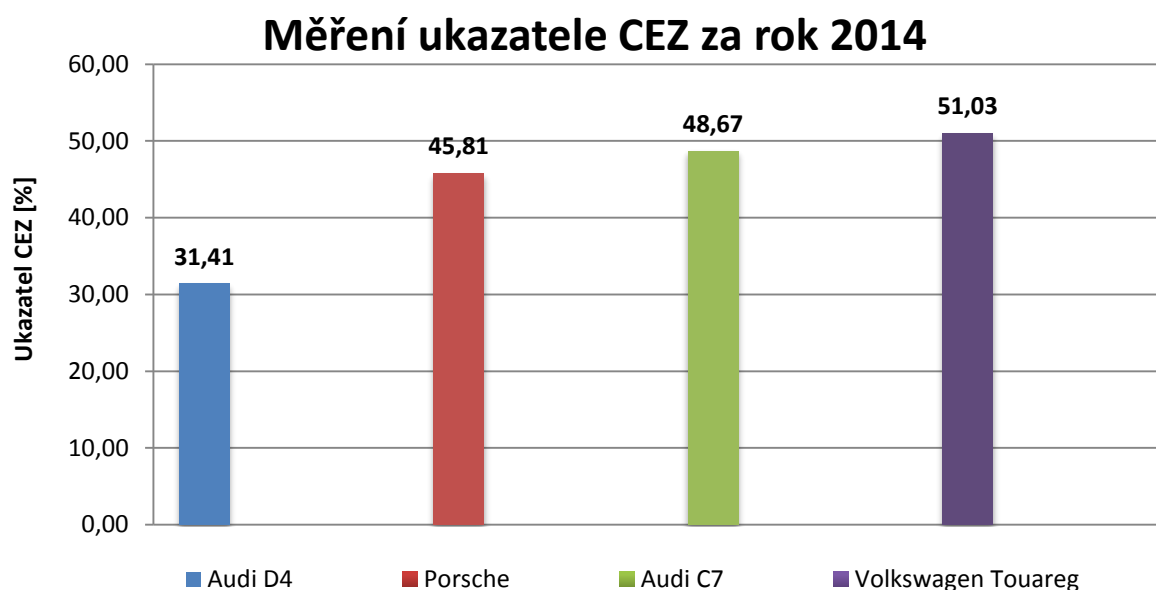
V protokolu z měření by zcela určitě měla být uvedena odpovědná osoba, která data sbírala, pokud by vyhodnocoval data někdo jiný a nepřčetl by třeba důvody prostojů, aby se mohl informovat o záznamu. Dále bylo zjištěno, že celková disponibilní doba je o plánované zastavení linky navyšována chybou nevhodně naprogramovaného makra v MS Excelu.

V následující tabulce 1 jsou shrnuty výsledky ze všech měření ukazatele CEZ za rok 2014. Tato tabulka byla zpracována pro účely této práce a ve firmě se takto souhrnně data nezpracovávají. Používají se jen k okamžitým řešením jednotlivých prostojů. Pro vyšší vypovídací schopnost jsou v tabulce uvedeny hodnoty dílčích ukazatelů pro výpočet CEZ. Z tabulky je zřejmé, že nejmenší ztráty jsou v oblasti kvality produktů a toto tvrzení je podloženo součinitelem kvality. Oproti tomu součinitel pohotovosti a součinitel výkonnosti vykazují nižší hodnoty s velkým rozpětím. Hodnota průměrných hodnot je samozřejmě ovlivněna tím, že nejsou zastoupeny všechny projekty stejnou měrou, ale pro vstupní analýzu, v jaké oblasti by se mělo provádět optimalizační opatření (zlepšující opatření) by tabulka měla dobře posloužit, jelikož hodnoty je možné zpracovávat podle projektů. Jako další vnesená chyba do součinitele výkonnosti z hlediska výpočtu, jelikož teoretický čas cyklu je ve výpočtu dosazena maximální kapacita plánování výroby 22 sekund, podle konstrukční dokumentace. Tato výkonnost však na lince nelze dosáhnout, jelikož když se jí chtěli přiblížit na čas cyklu 23 sekund, na pracovišti AG 70 došlo k poškození robota tím způsobem, že došlo k lomu na hřídeli z důvodu přetížení.

Tab. 1 Naměřená data ukazatele CEZ za rok 2014

Projekt	Datum měření	Ukazatel CEZ	Součinitel pohotovosti	Součinitel výkonnosti	Součinitel kvality
		[%]	[%]	[%]	[%]
Audi C7	4.2.2014	48,67	92,12	53,55	98,65
Audi D4	7.2.2014	24,44	34,44	75,70	93,75
Audi D4	18.8.2014	34,89	83,03	46,03	91,28
Audi D4	19.8.2014	34,89	56,36	67,81	91,28
Porsche	19.8.2014	42,43	77,14	57,72	98,82
Porsche	22.9.2014	49,19	65,00	77,56	97,58
Volkswagen Touareg	18.9.2014	51,03	71,67	71,63	99,40
<b>Průměr:</b>		<b>40,79</b>	<b>68,54</b>	<b>64,29</b>	<b>95,82</b>

Pro lepší názornost je ukazatel CEZ zobrazen v grafu na obrázku 8. A je rozdělen podle jednotlivých projektů. Na svislé ose jsou znázorněny průměrné hodnoty ukazatele CEZ. V grafu je názorně vidět, že potřeba rozlišovat měření dle jednotlivých projektů je aktuální a projekty se od sebe velmi liší.



Obr. 8 Graf měření ukazatele CEZ za rok 2014

## **8. Popis navrženého systému pro měření ukazatele CEZ**

V této kapitole je podrobně popsán celý nově navržený systém pro sledování ukazatele CEZ. Kapitola je rozdělena na části měření a sběr dat, vyhodnocování záznamů včetně výpočtů a výsledky měření. U popisu jednotlivých částí jsou doplněny praktické zkušenosti a poznatky z měření autora.

### **8.1. Měření a sběr dat**

Navržený systém pro měření na montážní lince SMLS B8/MLBevo a získávání záznamů pro vyhodnocování ukazatele CEZ se sestává z následujících činností. Po konzultaci s pověřeným pracovníkem společnosti Kostal s.r.o. panem Ing. Václavem Silbernáglem, který je odpovědný za oddělení optimalizace výroby, byla vybrána tato montážní linka. Po výběru linky byl vznešen dotaz, zda se do budoucna uvažuje s možností neustálého sledování tzv. online sledování a vyhodnocování ukazatele CEZ na této lince. Odpověď byla zcela jednoznačně zamítavá, jelikož tato linka není vůbec na online sledování prostožů připravena a nyní se již plánuje stavba podobné montážní linky pro stávající a nové projekty. Následně byl vznešen zcela logický požadavek, aby co nejdříve po měření byla data zpracována a poslán report popř. konzultace stavu a návrhy na zlepšení. Jde tedy o operativní řízení a optimalizování této linky.

Jelikož automatické online měření a vyhodnocování ukazatele CEZ nepřichází v úvahu, musí být zvoleno manuální (ruční) měření a pořizování záznamů. Pro vlastní měření je zapotřebí jeden pracovník se znalostí výpočtu ukazatele CEZ. Tento pracovník musí mít pro měření minimálně vybavení: stopky, psací potřeby (2 ks), psací kancelářskou podložku s klipem a vytištěný formulář, který slouží pro zaznamenávání záznamů při měření a je zobrazen v příloze 6. Četnost měření, tedy sběru dat na lince, se stanovila optimálně dvakrát týdně po dobu 3 až 4 hodiny nepřetržitého sledování. V případě nějaké zvýšené potřeby jako třeba po softwarovém zásahu do nějaké pracovní operace, snížení taktu výroby, interním auditu a dalších činnostech, však musí být v rámci ověření účinnosti opatření měřeno zcela výjimečně ale toto měření, až na interní audit by nemělo nahrazovat předem stanovené měření. Při stanovení doby měření se musí brát v potaz již naměřená data, aby jednotlivé projekty byly rovnoměrně zastoupeny, musí se tedy operativně každý týden dle výrobního plánu naplánovat daná měření.

V této části je popsán postup a doporučení k vyplňování formuláře. Tento formulář má v záhlaví údaje, které je nutné vyplnit ihned po příchodu na pracoviště, na kterém se budou měřit prostoje. Jako první údaj je ve formuláři uvedeno jméno a příjmení pověřeného pracovníka. Tento údaj je nezbytný v případě, že by naměřená data zpracovával jiný pracovník optimalizace a nemohl třeba přechíst, o jaký prostoje se jedná, nebo zda by bylo zapotřebí objasnit jakýkoliv dotaz pro optimalizaci linky. Další údaje v záhlaví jsou začátek a konec měření, z čehož lze na první pohled určit délku měření, dále je uveden datum měření, projekt a variantu produktu, které se musí zcela bez pochyby vyplňovat, jelikož při zpětném dohledávání přiřadí právě jeden formulář k danému protokolu z měření. U vyplňování variant produktů z vlastní zkušenosti autora se doporučuje zapsat si čas, kdy byla výroba varianty zahájena, jelikož některé projekty mají až 36 variant a při problematickém přechodu variant lze ihned a jednoduše stanovit mezi kterými variantami je nepřiměřený prostoje a lépe se odhalí příčina. Aby byla jednotlivá měření přehledná, je vhodné vždy při změně projektu založit nový formulář, jelikož se následně při vypracování protokolu z měření nemusí pracovník složitě dohledávat, jaký prostoje byl ještě na předcházejícím projektu a jaký na novém. Toto dohledávání se týká především intervalu, při kterém změna proběhla. Tabulka ve formuláři je rozdělena na dvě části. Ve druhé spodní části tabulky se do levého nejširšího sloupce s popisem neplánované zastavení linky píše poruchy a prostoje společně s označením pracoviště, aby bylo zřejmé, kde a jaký prostoje se vyskytl. Do úzkých sloupců dle správného časového intervalu v daném jednom řádku se píše délka prostoje v sekundách kvůli lepší přesnosti. První řádek z tabulky s popisem čas značí základní časový interval v délce trvání 900 sekund, tedy 15 minut. Celá doba měření je tedy rozdělena na 900 sekundové intervaly pro lepší orientaci při identifikaci prostoje. Dle zkušeností z měření je vhodné zapsat si první interval od času při začátku měření do nejbližší 15., 30., 45. minuty, nebo celé hodiny a dále pak pokračovat po čtvrt hodinových intervalech. Pro lepší názornost je popsána situace uvedena ve formuláři v příloze 5. Pokud však nastane situace, že se zapíše do prostoje (neplánované zastavení linky ve formuláři) na odpovídající řádek podle typu prostoje a následně se během měření, v předem stanoveném 900 sekundovém intervalu, tento prostoje opakuje, musí se druhý, třetí a další výskyty prostoje zaznamenat do jednoho sloupce na odpovídajícím řádku např.: prostoje z důvodu páky pod paletkou jsou ve formuláři zaznamenány dva prostoje o délce trvání 96/5, nikoliv však uvést pouze celkový součet. Pokud by se uváděl jen celkový součet, tak by docházelo ke zkreslování dat, jelikož by data neodpovídala skutečnému výskytu a ani střední doba mezi poruchami, střední délka prostoje a jiné parametry dle potřeby by byly nepoužitelné. Dále se při začátku měření musí zaznamenat počáteční stav počítadla. V řádku s popisem vyrobené kusy celkem (poč.) I.O. se uvádí počet vyrobených shodných výrobků a o řádek níže s popisem vyrobené kusy celkem (poč.) N.I.O. se uvádí počet vyrobených neshodných výrobků. Obě hodnoty se pouze odečtou

na monitoru stanice AG 10. Při odečtení hodnot je zapotřebí si zapsat do stejného sloupce ale o řádek výše čas. Poslední řádek v horní části tabulky formuláře s popisem plánované zastavení linky je zde uveden proto, aby byla možnost během měření zaznamenat plánované přestávky na oběd, svačinu, nebo na toaletu. Dále by v tomto řádku mohl být zaznamenán prostoj na preventivní údržbu. Plánované zastavení linky se rovněž uvádí v sekundách.

Nyní jsou popsány organizační věci při vlastním sběru dat měření na lince. Je velice vhodné, aby někdy v průběhu měření pověřený pracovník při měření CEZ spočítal a do formuláře někam, kde je volné místo poznamenat, kolik unašečů je při měření v lince. Optimální počet je 25, nebo 26 unašečů. Dále by měl pracovník vždy přeměřit, zda úzké místo je neustále v předpokládaném taktu výroby a během měření by se měla vizuálně kontrolovat jednotlivá pracoviště, zda není úzké místo na jiném pracovišti, než se předpokládá. Při prvních čtyřech měření byl zvolen časový interval pro jedno měření v délce 5 hodin pro věrohodná data, která nejsou příliš ovlivněna náhlými delšími poruchami a opravami po poruše, jakož i důsledky chybějícího materiálu a špatného nastavení výrobního plánu. Jelikož tento interval je pro jednoho pracovníka příliš dlouhý a po 4 hodinách se není schopen plně věnovat a zachycovat veškeré prostoje byl tento interval zkrácen na 3 až 4 hodiny nepřetržitého sledování. Při měření montážní linka SMLS B8/MLBevo sama signalizuje některé prostoje pomocí dvou základních způsobů. První způsob signalizace je pomocí třech monitorů, které slouží pro komunikaci a nastavování linky. Tyto monitory jsou umístěny na pracovištích AG 10, AG 130C a poslední je umístěn na rohu linky pro seřizovače. Na monitorech je vyobrazena tabulka s jednotlivými pracovišti a pomocí barevné signalizace na pozadí se určuje stav pracoviště. Pokud je pozadí pracovní operace probíhají dle plánu, modré pozadí signalizuje, že pracoviště neprovádí žádnou operaci, ale je připravené a čeká na unašeč (na materiál). Pokud se ale rozsvítí červené pozadí, signalizuje to poruchu (prostoj) na daném pracovišti. Hlavní výhodou tohoto indikátoru poruchy spočívá v tom, že pracovník ihned vidí, na jakém pracovišti se porucha vyskytla. Druhý způsob identifikace poruchy je v levém rohu nad linkou pomocí barevných světel. Zelené světlo signalizuje, že linka vyrábí. Oranžové světlo signalizuje, že chybí materiál na některém pracovišti a červené světlo upozorňuje na poruchu. Ovšem při této signalizaci musí pracovník sám odhalit pracoviště s poruchou. Oba tyto způsoby však neodhalí všechny prostoje, především ty co jsou způsobeny chybějícím materiálem, nevhodnou organizací a dokonce i chybou operátora při nevhodném založení dílu, proto se na ně pracovník při měření nemůže úplně spoléhat.

Pracovník neprodleně po zjištění výskytu prostoje ať už z monitoru, ze světelné signalizace nad linkou, ze zastavení automatické stanice při pracovní operaci a chybovou hláškou na terminálu dané stanice, či nepřítomnosti operátora na pracovišti musí spustit stopky a měřit

dokud se linka opět nevrátí do provozuschopného stavu. Během poruchového stavu je možno příčinu prostoje, v případě nejasností, vhodné zaznamenat stanici a délku prostoje odečtenou ze stopek, a když bude mít seřizovač čas, tak se ho zeptat a doplnit příčinu. Pokud se vyskytne více prostojů najednou, je vhodné změřit celkovou dobu prostoje a tu rozpočítat mezi všechny.

Pokud se zrovna nevyskytl žádný prostoj, musí se změřit takt pracoviště úzkého místa, tedy pracoviště, na kterém unašeč setrvá nejdelší dobu, než se vykonají všechny potřebné pracovní operace. Spustit stopky je vhodné ihned po příjezdu unašeče a jeho zdvihnutí. Zastavení stopek je vhodné ve stejný okamžik alu na dalším unašeči v pořadí. Nutné předpoklady pro správné naměření taktu jsou hned dva. První předpoklad je, že při měření je volné minimálně jedno následné místo, aby unašeč měl kam odjet po ukončení poslední pracovní operace, a druhý předpoklad spočívá v tom, že před daným pracovištěm je připraven jiný unašeč, který ihned přijede. Takt je nutné během jednoho měření naměřit alespoň šestkrát. Tyto údaje lze psát na spodní část formuláře s označením pracovišti jako na formuláři v příloze 6.

## **8.2. Vyhodnocování záznamů**

Tato kapitola se zabývá vyhodnocením naměřených dat a interpretací výsledků. Jako vstupní data zde slouží vyplněný formulář z měření CEZ na lince. Vyhodnocení naměřených dat, dle předem dohodnutých požadavků musí být realizováno co možná nejdříve po ukončení měření. Pro vyhodnocení ukazatele jsou zapotřebí tyto pomůcky: vyplněný formulář, psací potřeby, počítač s přístupem na sdílené disky a dva soubory v programu MS Excel, které byly vytvořeny pro účely této práce a slouží k tabulkovým a grafickým výstupům z měření. Z praxe při vlastním vyhodnocování během měsíců leden a únor byl postupně optimalizován a následně stanoven postup, při kterém se zaznamenají všechna data do tabulky Databáze prostojů a následně se udělá protokol z měření v dosud co nejkratším zjištěném čase. Tato doba se pohybuje v rozmezí 0,75 až 1,5 hodiny. Z tohoto poznatku lze tedy konstatovat, že čas potřebný pro vyhodnocení je 1,25 hodiny. Tato časová dotace se však nevztahuje na vytváření grafů poruch, ukazatele CEZ dle jednotlivých projektů a jiných parametrů v delším časovém období kolem 1 roku.

V následujících odstavcích bude uveden již optimalizovaný postup při vyhodnocování naměřených dat. Bude zde přesně popsán sled operací a u každé operace, která by mohla být nejasná, bude vysvětlen princip a účel. Samozřejmě budou popsány i oba soubory, jejichž ukázky jsou přiloženy v přílohách.

Při vyhodnocování naměřených dat se vychází z předpokladu, že je k dispozici vyplněný formulář se všemi potřebnými daty a na stole je vhodné mít nějaké pero, nebo propisovací tužku, aby se při přepsání daného záznamu viditelně tento záznam označil (třeba jej přeškrtnout) a nedocházelo ke zdvojení záznamu. Nyní by měly být otevřeny oba soubory, jsou umístěny na sdíleném disku, aby v případě potřeby s nimi mohl kdokoliv pracovat, především pokud pověřený pracovník bude nepřítomen.

Nyní jsou nejprve představeny oba soubory, kvůli přehlednosti následujícího postupu. Nejprve tedy je popsán soubor MS Excel s názvem Databáze prostojů, v němž je více listů sloužících pro znázornění grafu nejzávažnějších prostojů, tabulka s grafem výsledků měření ukazatele CEZ v delším časovém intervalu, kde jsou výsledky rozděleny dle projektů. Tato tabulka i s grafem však je součástí výsledků této práce a bude popsána později. Nyní bude zaměřena pozornost na Tabulku prostojů, který slouží jako databáze všech prostojů na montážní lince, které byly při měření zaznamenány. Tato tabulka je zobrazena v příloze 7. Celá tato tabulka se skládá ze tří částí a to identifikační, vlastních měření a souhrnného vyhodnocení. První část je tedy identifikační část. V této části jsou v záhlaví u názvů sloupců umístěny filtry, aby byla možnost získat z tabulky požadovaný výstup. Tuto část tvoří první tři sloupce. První sloupec v tabulce pojmenovaný jako Ztrátový čas je vlastně typ prostoje. Zde by měl být vyplněn důvod prostoje, aby z něj bylo patrné, co se na lince stalo, že byla neplánovaně zastavena. Ve druhém sloupci s jednoznačným názvem Projekt jsou uvedeny jednotlivé projekty, při kterých se vyskytl daný prostoj. Tento sloupec byl do tabulky vložen pro to, jelikož firma při sledování ukazatele CEZ rozděluje jednotlivá měření právě podle projektu a tato dále lze tedy použít podle tohoto kritéria. Třetí sloupec s názvem Pracoviště uchovává informaci, na kterém pracovišti se prostoj vyskytl. Tento sloupec byl do tabulky zařazen, jelikož některá strojní zařízení, jako třeba automatické šroubováky, jsou naprosto shodná a jsou umístěna na třech pracovištích. Bez tohoto sloupce by nebyla možnost jednoznačného určení. Druhá část tabulky jsou zaznamenána ve sloupcích jednotlivá měření. V této části jsou rovněž umístěny v záhlaví filtry pro případ, že by byla potřeba vyhodnocovat jednotlivá měření. V záhlaví druhé části je datum měření. U každého měření se ve sloupcích zaznamenává celkový čas za dané měření u vyskytujícího se prostoje, jemuž musí odpovídat sloupec z první části, tedy Ztrátový čas, Projekt a Pracoviště současně. Jak je z Tabulky prostojů na první pohled patrné, jednotlivé záznamy mají různě barevná pozadí. Toto zbarvení pozadí neslouží pro zviditelnění záznamů, ale pro stanovení četnosti výskytů daného prostoje během odpovídajícího měření. Jednotlivá barevná pozadí znázorňují počet výskytů za měření. V tabulce 2 jsou znázorněny jednotlivé barevné pozadí buňky v levém sloupci a k nim odpovídající četnost výskytu v pravém sloupci. Celkové četnosti u jednotlivých řádků jsou sečteny ve třetí části ve sloupci Četnost výskytu. Sčítání však musí

provést pracovník manuálně a výsledný počet musí být rovněž zapsán manuálně, což je časově náročné a musí se ve stanovených intervalech vše přepočítat. Tento interval se doporučuje maximálně dva měsíce dlouhý, pokud by měl být kratší tak dle potřeby, ale nikoliv delší. Při přepočítávání se však musí dávat pozor, aby na žádném měření (sloupci z 2. Části) nebyl aktivní filtr, a aby žádný sloupec nebyl skrytý. Při vyplnění sloupce Četnost výskytu je vhodné označit si již sečtené četnosti třeba silným orámováním všech sečtených měření, aby při následném sčítání pracovník nemusel sčítat všechna měření, ale pouze připočítal ta, která ještě nebyla do součtu zahrnuta, a tím celý postup zrychlil a snížil si pracnost. Pro přehlednost je vhodné, aby toto označení vždy po připočtení bylo odstraněno a bylo přemístěno na odpovídající pozici. Zkrátka aby v tabulce se toto ohraničení vyskytovalo vždy pouze jednou.

Tab. 2. Přiřazení četnosti výskytu prostoje k jednotlivým barvám na pozadí v tabulce prostojů

Barevné označení pozadí	Četnost výskytu při měření
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10

Třetí část tabulky lze označit jako souhrnné vyhodnocení. Tato část již nemá v záhlaví filtry, jelikož by zde byly zbytečné. Třetí část se skládá ze čtyř sloupců. První sloupec se nazývá Absolutní součet a je v něm nastavený vzorec, který automaticky sečte všechny záznamy na daném řádku. Následně pod tabulkou v tomto sloupci je nastaven vzorec, který automaticky sečte celý tento sloupec a tímto způsobem se zjistí prostoje za veškeré měření. Druhý sloupec s názvem Relativní součet má také nastavený vzorec, který vrátí hodnotu podílu absolutního součtu z daného řádku a vydělí ji hodnotou prostojů za veškeré měření. Ve třetím sloupci s názvem Kumulativní součet je opět vzorec pro kumulativní součet ze sloupce Relativní součet, který připočte hodnotu předcházejícího řádku v tomto sloupci a k ní připočte hodnotu ze sloupce Relativní součet na odpovídajícím řádku. Poslední sloupec s názvem Četnost výskytu musí pracovník sečíst četnost na jednotlivých řádcích a zapsat jej do tohoto sloupce. Tento sloupec je v tabulce zařazen, aby byla možnost vyjádřit parametry jako střední doba mezi poruchami, střední doba prostoje a další dle potřeby.



Nyní je popsán druhý soubor, který se nazývá Protokol z měření. Tento soubor obsahuje tři listy. Na prvním listu s názvem Data jsou umístěny dvě tabulky. Tento list je zobrazen v příloze 8. V horní části tohoto listu jsou uvedeny základní údaje z měření jako jméno a příjmení odpovědného pracovníka, čímž se myslí pracovník, který prováděl měření a sběr dat, nikoliv pracovníka, který vyhotovil tento protokol, pokud se liší. Při optimalizaci a přesném popisu problému na zařízení se může vyjádřit jen pracovník, který tento problém zaznamenal, nikoliv pracovník, který pouze data přepisuje. Další údaje jako začátek měření, konec měření a datum opět stejné jako na formuláři k měření. Pokud je přeměřen takt úzkého místa dle předpokladu a dokumentace, musí se uvést také. Pokud je však zjištěna skutečnost jiného úzkého místa, musí se za takt uvést ještě pracoviště podle layoutu př.: Úzké místo - 26,5 sekund AG 70. Dále je zde uveden i počet unašečů, který by mohl také ovlivnit výkonnost linky při nízkém počtu tj. pod 22 ks. Jako poslední údaj je zde uvedena směna, při které se měření provádělo, jelikož na pracovištích, které obsluhují operátoři, to má také určitý význam. Malá tabulka v dolní části tohoto listu slouží pro zařazení měření podle projektu a jsou zde uvedeny všechny vyráběné varianty daného projektu v levém sloupci a v pravém sloupci je uveden časový interval podle jednotlivých variant. Tato tabulka slouží také při identifikaci problémových změnách variant i projektů podle času změny, která musí odpovídat danému prostoji v časovém intervalu horní tabulky. Horní tabulka se velmi podobá tabulce ve formuláři na měření. V prvním řádku tabulky s názvem jsou již vyplněny časové intervaly po 900 sekundách (15 minutách) první interval začíná v 8:30 hodin a poslední interval končí ve 20:00 hodin. Všechny intervaly (sloupce) v příloze 7 nejsou vidět a prázdné sloupce jsou skryty, aby tabulka byla přehledná. Nejprve je zapotřebí vyplnit počáteční stav na počítadle, tedy odečtené hodnoty z počítadla na monitoru při zahájení měření. Následně se do odpovídajících sloupců podle časových intervalů jen přepíše hodnoty z formuláře a to z řádků Čas sběru dat, Vyrobené kusy celkem (poč.) I.O., Vyrobené kusy celkem (poč.) N.I.O. a Nepožadovaná doba ( ve formuláři Plánované zastavení linky). Řádek Kumulativní čas musí pracovník vyplnit manuálně. Pokud se ale bude již při měření respektovat doporučení, aby se data z počítadla sbírala v celou hodinu, nebo ve čtvrt, půl či třičtvrtě, lze si práci ulehčit a pracovník vyplní první časový interval, následně k němu přičte 900 sekund a k dalšímu rovněž přičte 900 sekund a následně poslední dvě hodnoty označí a roztáhne na celý řádek. V řádcích Vyrobené ks/hod I.O. a Vyrobené ks/hod N.I.O. jsou od druhého volného sloupce tabulky v tomto řádku nastaveny vzorce, které vypočítají hodinovou výkonnost v kusech stejně jako ve formuláři řádky s označením I.O. představují shodné výrobky a s označením N.I.O. neshodné výrobky. Princip vzorce je následující, v řádku Vyrobené kusy celkem (poč.) I.O. odečte od této hodnoty odečtenou z počítadla na konci tohoto intervalu hodnotu předcházející a tím je získán počet shodných výrobků vyrobených za 900 sekund. Tato hodnota se následně vynásobí 4 a tím se získá počet shodných výrobků,

pokud by linka s danými prostoji, stejné výkonosti a úrovně kvality vyráběla po dobu 3600 sekund, tedy 1 hodiny. U těchto řádků se tedy musí vždy vyplnit první naměřené hodnoty a zbylé se doplní automaticky. Při vyplňování spodní části tabulky se opět do levého širokého sloupce s názvem Neplánované zastavení linky uvede prostoj, do vedlejšího sloupce se žlutým pozadím se uvede pracoviště, kde se prostoj vyskytl, a do dalších sloupců se dle časových intervalů přepíše délky prostojů stejným způsobem, jako se zapisují na formuláři. Tabulka má kapacitu na 25 typů prostojů, ta by dle dosavadních zkušeností autora měla být dostatečná. Pokud by byla potřeba přidat řádky, musely by se upravit vzorce pro celkové součty řádků a vzorec pro součet ze součtu řádků. Prázdné řádky jsou v příloze 8 skryty. Poslední nepopsaný sloupec je označen symbolem součtu. V tomto sloupci se provádí celkové součty pomocí vkládání vzorců. Kumulativní čas se pouze přepíše, dále se napíše vzorec pro počet shodných a neshodných výrobků za celé měření. Tento vzorec pouze odečte první hodnotu z počátečního stavu počítadla od poslední zaznamenané hodnoty v odpovídajícím řádku. Při tomto postupu se však musí dávat pozor, aby během měření nedošlo k vynulování počítadla, jinak se stejným způsobem musí spočítat počet do vynulování a následně přičíst poslední zaznamenanou hodnotu. Ve spodní části tabulky jsou vloženy vzorce, které automaticky sečtou všechny časy jednotlivých prostojů v řádcích do tohoto sloupce. Pokud se však nějaký prostoj během jednoho intervalu opakuje dvakrát a vícekrát, musí se k automatickému součtu připočítat všechny tyto záznamy z daného řádku a přepsat vzorec jako hodnotu. Poslední vzorec na tomto listu je označen jako  $\Sigma$  Prostojů a je to vlastně součet všech sečtených prostojů v řádcích.

Na dalším listu souboru Protokol z měření jsou dvě tabulky a dva grafy. První tabulka obsahuje vlastní výpočet ukazatele CEZ, druhá tabulka znázorňuje typy prostojů a jejich délku trvání. Tyto tabulky jsou vyobrazeny v příloze 9. Z druhé tabulky je první graf a druhý graf znázorňuje výkonnost v počtech shodných výrobků za hodinu.

První tabulka se zabývá vlastním výpočtem ukazatele CEZ. Všechny hodnoty v tabulce jsou automaticky doplněny, nebo se odkazují na buňky z předchozí tabulky. Všechny časové údaje jsou v tabulce uvedeny v sekundách, počty výrobků v kusech a jednotlivé součinitele i celkový ukazatel v procentech. Tabulka je členěna na čtyři části, první tři části jsou výpočty jednotlivých součinitelů a poslední část je samotný výpočet ukazatele. Nyní bude uveden výpočet součinitele pohotovosti. Na druhém řádku je uvedena Celková disponibilní doba, která je automaticky doplněna, jelikož se tato buňka odkazuje na buňku Kumulativní čas v posledním součtovém sloupci z listu Data v tomto souboru. Rovněž i další proměnné se vždy budou odkazovat pouze na list Data v tomto souboru. Na třetím řádku tabulky se proměnná Nepožadovaná doba rovněž doplní odkazováním na celkový součet

Nepožadované doby v tabulce a stejným způsobem se doplní i řádek Neproduktivní čas jako  $\Sigma$  Prostojů. Čtvrtý řádek tabulky s názvem Provozní doba se automaticky vypočítá vzorcem jako rozdíl Celkové disponibilní doby a Nepožadované doby. Doba výroby se vypočítá jako Provozní doba, od které se odečte neproduktivní čas. Na dalším řádku je výpočet součinitele pohotovosti dle vzorce (3.10), kde je Doba výroby v čitateli a Provozní doba ve jmenovateli.

V druhé části tabulky je uveden výpočet součinitele výkonnosti. Na devátém řádku je uveden Počet vyrobených kusů. Tato hodnota se vypočítá součtem Vyrobené kusy celkem (poč.) I.O. a Vyrobené kusy celkem (poč.) N.I.O. v posledním pravém sloupci tabulky na listě Data. Další řádek s názvem Teoretický čas cyklu se odkazuje na stejný list a kopíruje hodnotu taktu úzkého místa. Na dalším řádku je vzorec pro součinitel výkonnosti (3.12). Pro připomenutí v čitateli se násobí počet všech vyrobených výrobků s teoretickým časem cyklu a ve jmenovateli je doba výroby.

Třetí část tabulky má jen jeden pomocný řádek a to Neshodné výrobky, kde je uvedena hodnota neshodně vyrobených výrobků. Výpočet součinitele kvality je počítán dle vztahu (3.14). Tedy od celkového počtu vyrobených kusů se odečte počet neshodných výrobků a tento rozdíl se vydělí počtem celkově vyrobených kusů.

Poslední řádek tabulky je výpočet ukazatele CEZ dle vztahu (3.7). Pokud se jednotlivé součinitelé dosazují v procentech, musí se výsledný součin vydělit 10 000 a výsledek bude rovněž v procentech.

Druhá tabulka se musí manuálně vyplnit do ohraničené oblasti. Již vyplněná je znázorněná v příloze 9. Širší sloupec obsahuje důvod neplánovaného zastavení linky a druhý užší sloupec k danému prostoji přiřadí délku trvání tohoto prostoje v sekundách. Tato tabulka se vyplní zcela jednoduše. Z listu Data se zkopíruje první sloupec ve spodní části tabulky s názvem Neplánované zastavení linky. Následně se zkopírují do druhého sloupce součty těchto prostojů v posledním řádku s oranžovým pozadím. Takto vyplněná tabulka se musí ještě seřadit, kvůli grafu prostojů, který je z této tabulky zhotoven pro lepší vizualizaci. Data se musí seřadit podle sloupce čas od nejvyšší hodnoty k nejnižší a při seřazení musí být označena celá tabulka, aby zůstaly jednotlivé časy u správných typů prostojů.

Horní graf s názvem Graf prostojů v příloze 9, je vlastně pouze vizualizace tabulky popsané v předchozím odstavci a byl zařazen jako jeden z výstupů pro jednoduchou představu, jakou část prostojů zaujímá každý z řešených prostojů vůči všem dohromady. Jedná se o výšečový graf s prostorovým efektem a popiskem velikosti daného prostoje v sekundách. Graf se automaticky zhotoví po vyplnění tabulky s prostoji. Pokud však je počet prostojů menší než 25, musí se upravit rozsah zdrojových dat. Po kliknutí na Graf prostojů se zobrazí popisky dat

ve fialovém ohraničení a data grafu v modrém ohraničení a tyto oblasti se posunou tak, aby ohraničovaly pouze vyplněná data jako v příloze na obrázku.

Druhý graf zobrazuje skutečnou výkonnost montážní linky v porovnání s maximální možnou výkonností (normovanou výkonností). Data pro skutečnou výkonnost jsou čerpána z tabulky v listu Data z řádku Vyrobené ks/hod. I.O. a pro normovanou výkonnost je ve stejném listě pod spodní tabulkou vyplněn stejný počet sloupců jako u skutečné výkonnosti a čísla jsou psána bílou barvou, aby nebyla vidět.

Poslední list s názvem Poznámky je do souboru vložen, aby pracovník po zpracování Protokolu z měření mohl dávat návrhy na zlepšení z hlediska logistiky, organizace, pracovního postupu a dalších oblastí. Na tento list je možno psát také prověřování taktu pracovišť úzkých míst a náměty pro zlepšení, resp. pro snížení taktu na daném pracovišti. Taky úzkých míst této linky se evidují v samostatném souboru rovněž na sdíleném disku. Pro účely této práce byla vytvořena tabulka s taktů potenciálních pracovišť s nejdelšími taktů a červeně jsou vyznačeny úzká místa jednotlivých projektů (sloupců).

Tab. 3 Tabulka taktů pracovišť s úzkými místy

Tabulka taktů pracovišť s úzkými místy								
Úzká místa [s.]		Projekt						
		Audi B8	Audi B9	Audi R8NF	Audi TT3	Porsche	Audi D4	VW Touareg
Pracoviště	AG 30A	24	25,9	26	29	24,3	24,3	26
	AG 30B	24,2	26,5	26,7	25,7	26,4	26,4	24,3
	AG 40	15	32	32	32	19,6	16	18,7
	AG 70	25	26,8	26,5	28	26,5	26,4	26
	AG 130 A/B/C		16,8	23,4	23,4	22		21,3
	AG 140A	21	21,7	22	29	25,5	25	21,8
	AG 140B	13,3	22	23,3	13,7	19	22,5	21,7
	AG 150	20,6	22	21,6	22	21,6	20,9	21,9

Po seznámení se soubory pro vyhodnocení měření bude uveden optimalizovaný postup pro rychlé vyhodnocení. Pokud je formulář s psacími potřebami nachystaný a otevřené oba výše popsané soubory může se začít s vyplňováním. Nejprve se vyplní datum měření v záhlaví prostřední části tabulky v souboru Databáze prostoje a následně se vyplní všechny údaje záhlaví v souboru Protokolu z měření. Na formuláři se vybere jeden prostoje, následně se v souboru Databáze prostoje na listě Tabulka prostoje nastaví filtr pouze na daný projekt a druhý filtr na dané pracoviště. Nyní se zapíše součtový čas do sloupce s datem měření. Pokud tento prostoje není v tabulce, na všech filtrech se nastaví vybrat vše a zkontroluje se, zda daný typ prostoje není v tabulce. Pokud není, musí se zapsat na nový řádek podle správného projektu i pracoviště. Nyní se název prostoje zkopíruje na list Data do druhého souboru, doplní se pracoviště a přepíše se prostoje do odpovídajících intervalů. Tímto

způsobem se pokračuje, dokud nejsou přepsány všechny prostoje. Následně se vyplní v listu Data horní část tabulky dle pokynů v popisu souborů a nakonec se ještě musí zkontrolovat poslední sloupec pro souhrnné součty. Horní část tohoto sloupce se vyplní a u spodní části se přepočítají manuálně všechny řádky, kde byl dvojnásobný a vícenásobný výskyt prostoje v jednom časovém intervalu (sloupci). Následně zkontrolovat tabulku výpočtu ukazatele CEZ a překopírovat prostoje a k nim odpovídající čas a celou tabulku seřadit, kliknout na graf prostoje a upravit oblast zdrojových dat. Nakonec přepočítat normovanou výkonnost a při odlišné hodnotě přepsat v listu Data. Dále zkontrolovat graf výkonnosti a uložit oba soubory, nebo protokol z měření odeslat ke konzultaci.

## 9. Výsledky měření a doporučení

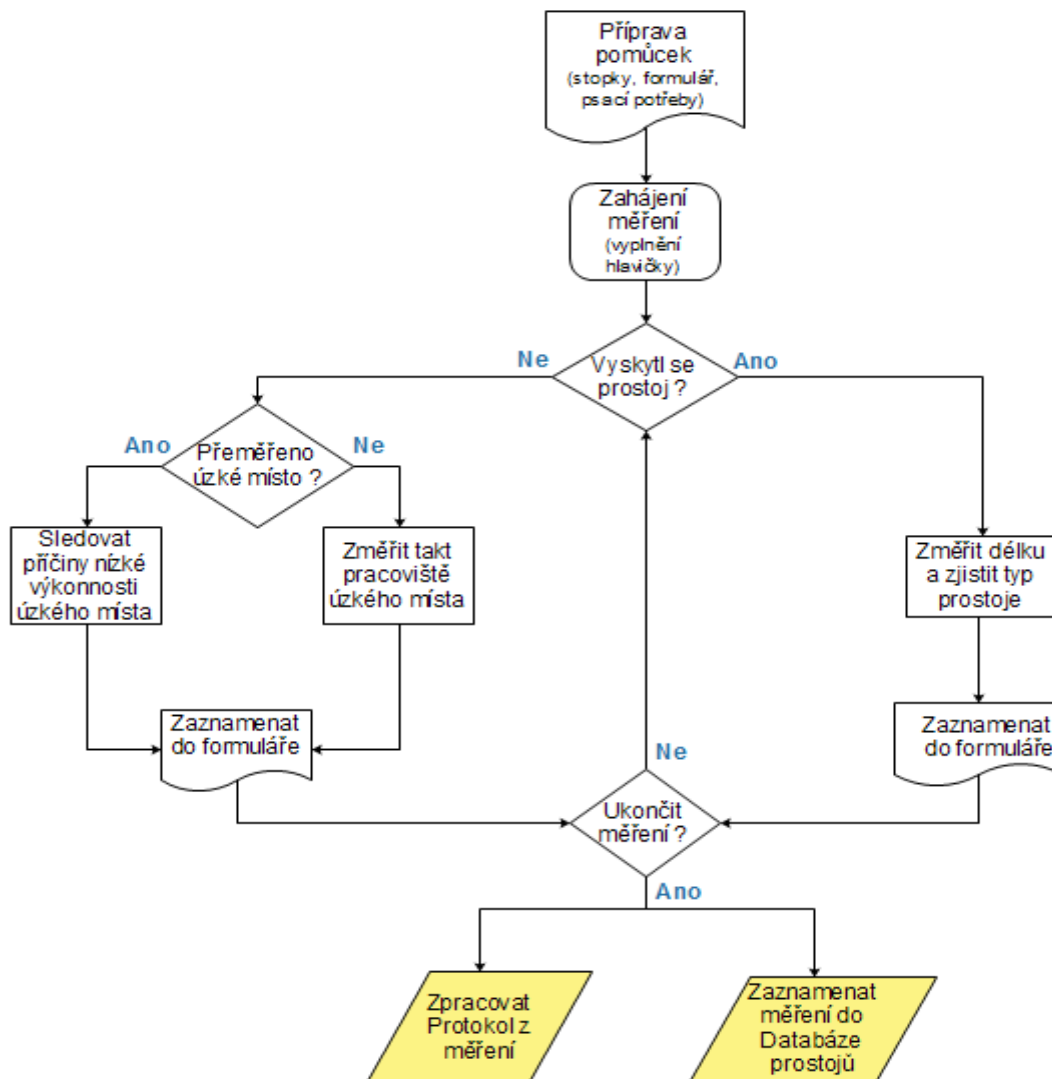
V předešlých kapitolách byl velice podrobně popsán nově navržený systém pro měření ukazatele CEZ společně s poznatky a implementací zlepšení v některých procesech během desetiměsíčního sledování zvolené montážní linky. V této kapitole bude uveden souhrnně celý systém sledování tohoto ukazatele a bude také uveden vývojový diagram základních procesů tohoto systému od začátku měření po zpracování protokolu a doplnění databáze prostoje. Dále bude prezentována tabulka naměřených výsledků během 10 měsíců sledování ukazatele CEZ společně s grafem pro lepší názornost. Následně bude uveden Ishikawův diagram příčin, které mohou způsobovat nízkou výkonnost úzkého místa linky. Nakonec bude v této kapitole uveden výřez Paretova grafu nejdelších prostoje a návrhy na optimalizaci a zamezení, nebo alespoň omezení výskytu těchto prostoje.

Nejprve je řeč o systému měření a vyhodnocování. Pokud se bude na tento systém nahlížet stejným způsobem, jako byl popsán v předchozích kapitolách, tak zcela bez pochyby budou zaznamenány všechny prostoje a jejich četnosti a délky trvání. Pro první součinitel a to součinitel pohotovosti budou zcela bez pochyby všechny potřebné podklady a lze jej velice přesně stanovit a spočítat.

Třetí součinitel kvality lze pro účely výpočtu také velmi spolehlivě stanovit, jelikož automatické počítadlo počty jak shodných, tak neshodných výrobků opouštějících linku na poslední stanici AG 150 zaznamenává a lze je na monitorech odečíst. Pokud by však byla potřeba optimalizovat úroveň kvality, tak tento způsob měření je zcela nevyhovující. Ani ve formuláři, ani v protokolu z měření není kolonka pro vady neshodných výrobků. Vady výrobků se v navrženém systému neřeší záměrně. Při vlastním měření totiž, pokud jde o chybu softwaru, kontaktování a jiné chyby v elektroinstalaci, vady tohoto charakteru nelze bezpečně rozpoznat a tudíž ani zaznamenat. Na monitoru stanice se rozsvítí N.O.K. kus (neshodný výrobek) a pootevře se elektronicky řízené uzavírání přihrádky pro tyto výrobky. Všechny neshodné výrobky mají automaticky pod svým kódem v databázi vad uloženou identifikaci, na které stanici nastala chyba a při jaké operaci. Z toho lze jednoznačně tedy

vyčíst chybovost linky. Tento postup však řeší pracovník pověřený za oddělení kvality a následně určuje co s neshodnými výrobky. Pokud by tedy byl požadavek o optimalizaci kvality na této lince, toto je vhodný způsob pro dosažení úspěch a nikoliv snažit se zaznamenávat vady na lince.

Poslední součinitel a to součinitel výkonnost se v dosud popsaném postupu také příliš nevyskytoval, nicméně tento součinitel se také sleduje a pro výpočet je postačující opět sečtené hodnoty na výstupu linky z počítačidla a další parametr je takt pracoviště úzkého místa. Tento takt je zapotřebí přeměřit při každém měření, aby nedošlo k chybnému výsledku při počítání ukazatele CEZ. Celý systém byl navržen tak, aby docházelo ke sběru dat a optimalizaci součinitelů pohotovosti a výkonnosti. Postup při měření byl navržen tak, aby během jednoho měření byla možnost sbírat data pro oba součinitele. Tento postup je naznačen pomocí vývojového diagramu na obrázku 9. Nosná myšlenka je v tom, že pokud se při měření vyskytne prostoj, pracovník ho změří a zaznamená a pokud zrovna linka vyrábí a žádná porucha není, pracovník buď přeměří takt úzkého místa a zaznamená jej, nebo pokud tak již učinil, měří dílčí operace pracovišť a zaznamenává jejich časy a možnosti optimalizace s tím, že je neustále připraven, kdyby se vyskytl nějaký prostoj, tak toto měření ihned přeruší a změří délku prostoje.



Obr. 9 Procesní schéma postupu při měření ukazatele CEZ

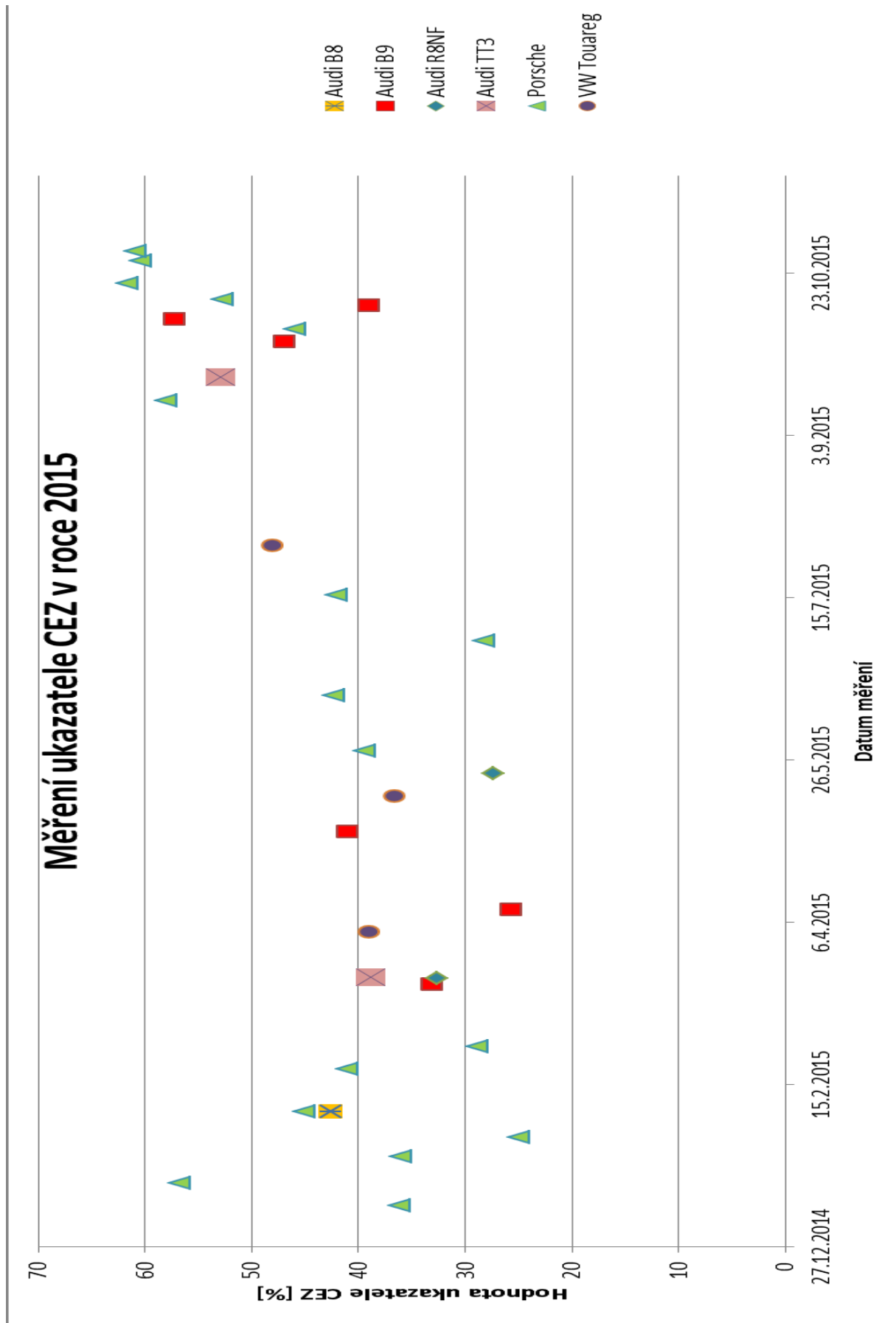
Nyní jsou uvedeny výsledky měření ukazatele CEZ získané v období od 9.1.2015 do 31.10.2015. Neměřená data jsou uvedena v tabulce 4 oddělena podle projektů. Jsou znázorněny i jednotlivé součinitelé, aby byla možnost stanovit, ve které oblasti jsou největší nedostatky a jaká část má být optimalizována přednostněji. Pro lepší názornost je uveden obrázek č. 11, kde jsou výsledky uvedeny podle jednotlivých projektů. V příloze 10 je uveden graf ukazatele CEZ pouze pro projekt Porsche a v příloze 11 je graf ukazatele CEZ pro projekt Audi B9, oba tyto grafy mají zobrazené lineární trendy, podle kterých je na první pohled vidět zlepšení sledovaného ukazatele. Na první pohled je vidět, že nejvíce zastoupený projekt Porsche ke konci měření skutečně dosahuje vyšších hodnot o 18,2 % z průměrné hodnoty 38,3 % na hodnotu 56,5%. Rovněž i projekt Audi B9 zaznamenal zlepšení o 12,2 % z hodnoty 35,5 na hodnotu 47,7 %. U projektu VW Touareg se zdá, že se ukazatel CEZ také zvýšil, ale společně s ostatními projekty nelze jednoznačně stanovit závěr, jelikož počet měření je velice

nízký a je zde velmi vysoká pravděpodobnost ovlivnění náhodnými poruchami a prostoji. Oproti tomu u projektu Audi R8NF hodnota ukazatele poklesla o 5,3 %, což může být způsobeno náhodným prostojem. Každopádně nyní by se pozornost měla zaměřit na ty projekty, jejichž hodnota poklesla a které byly měřeny méně než třikrát. Dále pečlivěji vybírat, jaké projekty měřit, aby jejich zastoupení bylo vyrovnané.

Tab. 4 Tabulka naměřených výsledků ukazatele CEZ s dílčími součiniteli za rok 2015

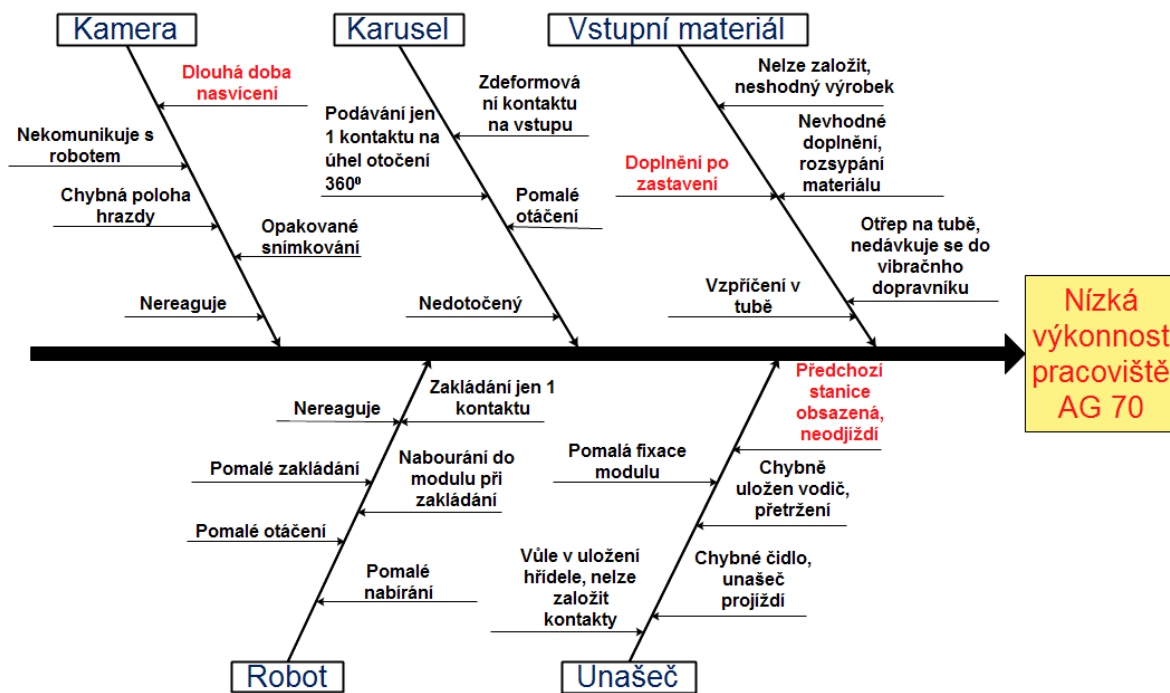
Projekt	Datum měření	Součinitel pohotovosti	Součinitel výkonnost	Součinitel kvality	Ukazatel CEZ
		[%]	[%]	[%]	[%]
Audi B8	7.2.2015	80,5	55,0	96,1	42,5
Audi B9	18.3.2015	65,6	62,9	80,3	33,1
Audi B9	10.4.2015	61,4	49,1	85,4	25,7
Audi B9	4.5.2015	65,9	74,8	83,2	41,1
Audi B9	2.10.2015	83,4	62,7	90,0	47,0
Audi B9	9.10.2015	66,0	93,0	93,2	57,2
Audi B9	13.10.2015	76,2	56,6	90,6	39,1
Audi R8NF	20.3.2015	64,7	64,2	78,4	32,6
Audi R8NF	22.5.2015	62,6	53,9	81,0	27,3
Audi TT3	20.3.2015	75,7	58,5	88,0	38,9
Audi TT3	21.9.2015	72,8	82,4	88,2	52,9
Porsche	9.1.2015	68,8	58,4	90,2	36,2
Porsche	16.1.2015	76,6	75,3	98,3	56,7
Porsche	24.1.2015	70,4	58,5	87,6	36,0
Porsche	30.1.2015	76,1	34,1	96,4	25,0
Porsche	7.2.2015	80,5	58,3	96,1	45,1
Porsche	20.2.2015	59,1	78,7	88,2	41,0
Porsche	27.2.2015	42,9	71,6	94,1	28,9
Porsche	29.5.2015	75,9	59,9	86,5	39,4
Porsche	15.6.2015	66,6	66,9	94,9	42,3
Porsche	2.7.2015	54,9	59,2	86,8	28,2
Porsche	16.7.2015	85,0	52,2	94,5	42,0
Porsche	14.9.2015	79,6	74,5	97,9	58,0
Porsche	6.10.2015	76,6	64,6	93,0	46,0
Porsche	15.10.2015	66,9	83,6	94,2	52,7
Porsche	20.10.2015	81,9	80,2	93,9	61,6
Porsche	27.10.2015	89,0	68,8	98,6	60,4
Porsche	30.10.2015	77,5	81,6	96,4	60,9
VW Touareg	3.4.2015	57,7	73,9	91,8	39,1
VW Touareg	15.5.2015	73,0	53,3	94,3	36,7
VW Touareg	31.7.2015	68,9	77,9	89,6	48,1
<b>Průměr:</b>		<b>71,1</b>	<b>66,0</b>	<b>90,9</b>	<b>42,6</b>





Obr. 10 Graf výsledků měření ukazatele CEZ v roce 2015

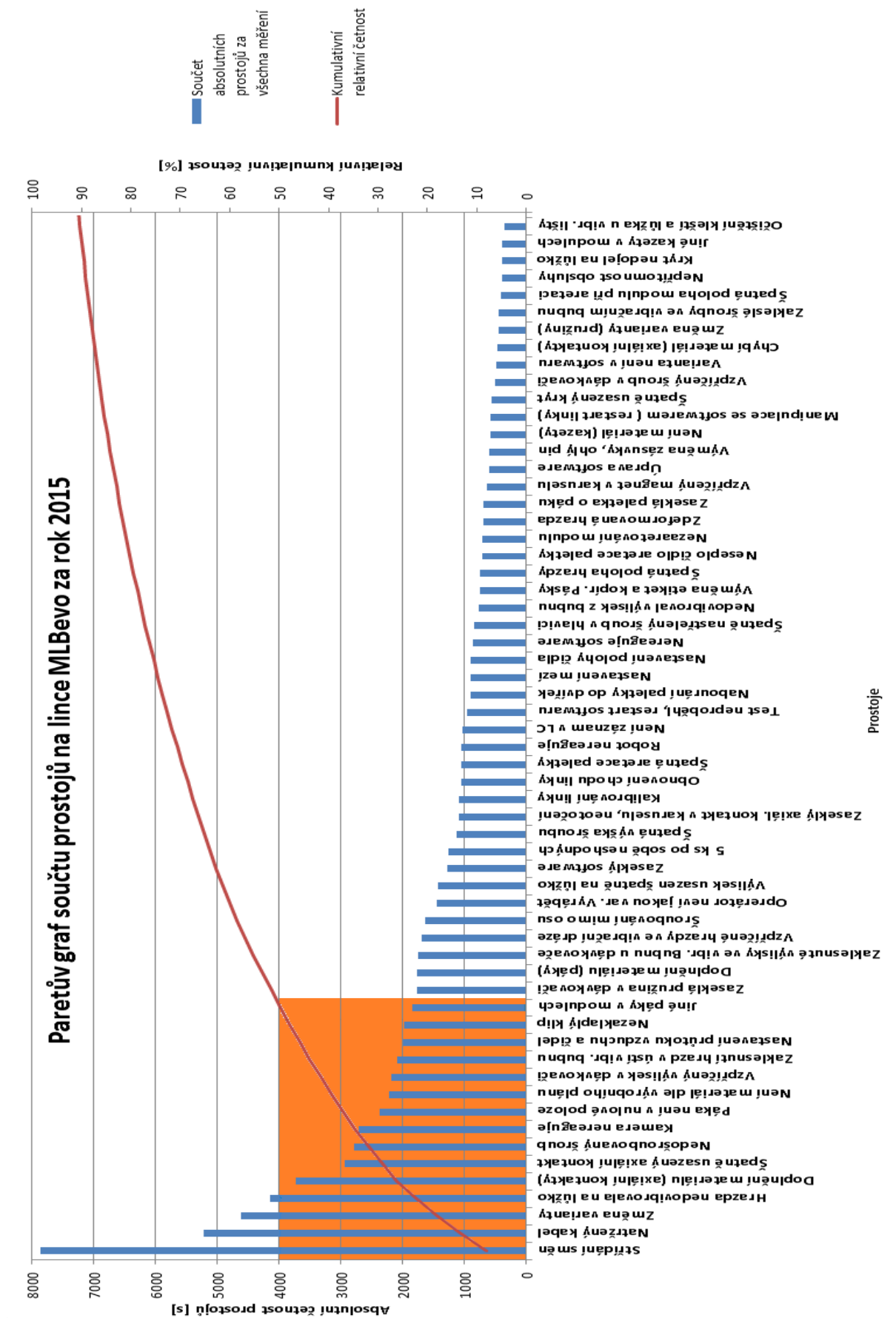
Po celkovém navržení systému, jeho zavedení a získání výstupů jako ukazatele CEZ a jeho dílčích součinitelů v dané organizaci je zapotřebí splnit hlavní cíl a to zlepšit výkonnost linky. Tento cíl předpokládá provést nějaké optimalizační procesy. V této kapitole již bylo zmíněno, že úroveň kvality optimalizována nebude tímto systémem. Nyní tedy bude zaměřena pozornost na výkonnost celé linky. Limitní článek při sériově řazených pracovištích je vždy ten nejslabší, v tomto případě ten s nejdelším taktem pracoviště, označovaný v běžné praxi jako úzké místo. Pokud se vychází z tabulky 3, kde se tyto takty evidují, na první pohled je zřejmé, že tato místa se liší dle jednotlivých projektů. Úplně nejvyšší takt je na pracovišti AG 40 u rodiny projektů MLBevo u projektů Audi B9, Audi R8NF a Audi TT3 s taktem 32 sekund. Po diskusi s odpovědným pracovníkem byla stanovena priorita na projekt Porsche, jelikož tvoří největší část produkce. Pracoviště AG 40 totiž mají obsluhovat dva operátoři, kdy takt pracoviště je kolem 18 sekund, ale v praxi je zde jen jeden operátor pro nižší náklady. Pokud by nastala potřeba, toto pracoviště bude plně obsazeno a úzké místo se přesouvá na jiná pracoviště jako AG 30B a AG 70, dle projektů. Kvůli tomuto závěru byl vypracován Ishikawův diagram příčin nízké výkonnosti na pracovišti AG 70 pro projekt Porsche, který je znázorněn na obr. 11. V diagramu jsou jako kategorie označeny jednotlivé strojní celky a vstupní materiál, u nich uvedeny skutečné i potenciální příčiny nízké výkonnosti. Červeně jsou označeny příčiny, které se vyskytují nejčastěji a ovlivňují tak nejvíce výkonnost úzkého místa. První příčina ztráty výkonnosti v podobě dlouhé doby potřebné k nasvícení hledaných objektů na modulu, která se vyskytuje u každého výrobku hned dvakrát, aby kamera mohla pořídit snímek a porovnat jej, by měl být vyřešen nasvícením kontinuálním a tím by se tento čas úplně eliminoval. Druhá příčina nízké výkonnosti se vyskytuje jen někdy a je závislá na operátorovi pracoviště AG 80A, zda je vložena deska s tištěnými spoji do rotačního podavače. Řešením této ztráty by zcela bez pochyby bylo nainstalovat mezi tyto dvě stanice zvedací zařízení a tím by stanici mohl modul opustit po dokončení a nemusel by čekat, než se založí deska. Třetí vybraná ztráta lze již považovat za prostoj, jelikož se linka zastaví. Doplnování axiálních kontaktů však je možné za provozu, když se zásobní tuby vyprázdní a ve vibrační dráze jsou zaplněny. Seřizovač však tento okamžik není schopen zjistit, jelikož by musel neustále kontrolovat terminál v této stanici. Zcela jistě by tento problém vyřešila světelná signalizace, umístěná u terminálu, aby cca. Při vyprázdnění kontaktů v tubách se rozsvítila oranžové světlo a byly připraveny naplněné zásobníky, alespoň jeden od každého druhu kontaktů a ty se jen vyměnily a linka může být ihned v provozu a seřizovač si doplní zásobník pro další výměnu.



Obr. 11 Ishikawův diagram – příčiny nízké výkonnosti úzkého místa AG 70 pro projekt Porsche

Pokud již byly zmíněny návrhy na optimalizaci výkonnosti linky, musí tedy ještě být uvedeny návrhy na optimalizaci k eliminaci prostojů, jak bylo již výše uvedeno. Pro optimalizaci tohoto typu je zapotřebí nejprve mít výčet prostojů, které nejvíce způsobují neproduktivní čas, tedy čas kde se na lince nevyrábí, ačkoliv by se vyrábět mělo. Pro tento účel je velice vhodný nástroj Paretův graf. Jako zdrojová data slouží tabulka v souboru Databáze prostojů. Pomocí nástroje kontingenční tabulka v MS Excel se vygeneruje tabulka, ve které budou uvedeny prostoje za celou montážní linku a souhrnný součet délky prostoje ze všech měření. Nástroj kontingenční tabulka poskytuje širokou variabilitu generování výstupů z Tabulky prostojů podle pracovišť, projektů a jejich kombinací. Následně se do této tabulky vloží sloupec relativní kumulativní četnosti, doplní se a vytvoří se Paretův graf. Z praktických důvodů je níže uvedený výřez tohoto grafu na obrázku 12, jelikož by celý graf byl nečitelný a tak byla zvolena zobrazená část z 90 % celkových prostojů. Pokud tedy má být řeč o zlepšení situace, musí se řešit prostoje postupně od nejzávažnějšího. Ačkoliv Paretovo pravidlo říká, že 80 % následků (nebo výsledku) tvoří 20 % příčin (činnosti k dosažení žádaného výsledku). V této práci se z důvodu velkého množství prostojů se bude řešit nejprve jen 50 % nejzávažnějších příčin a po jejich zdárném vyřešení se může tento poměr dále upravovat. Všechny nejdelší prostoje, které splňují podmínku, že jejich celkový součet ovlivňuje výsledek z 50 %, mají pozadí grafu oranžové do výšky zmíněného poměru na levé ose. Nejdelší prostoj, Střídání směn, již byl několikrát řešen v průběhu měření, nicméně operátoři napomenutí nerespektují a musí tedy být seznámeni s finančním postihem, který bude přesně stanoven podle délky tohoto prostoje za daný měsíc. Při zavedení bych však

první dva měsíce postih neuplatňoval, pokud by došlo k výraznému omezení celkově alespoň o 50 % a v dalších měsících by trend pokračoval. Natržený kabel byl problém u třech variant výrobku a již byly vydány nové pracovní instrukce pro zakládání kabelů u těchto variant na pracovišti AG 40. Třetí prostoje Změna varianty lze optimalizovat ze dvou hledisek. Z organizačního, aby při vlastním plánování se daná varianta vyráběla jen jednou nebo dvakrát za den a ne třeba pětkrát, jak tomu bylo dosud. Tato optimalizace však spočívá na oddělení logistiky, kde se tvoří výrobní plány. Druhé hledisko je již v projednávání a jedná se o změnu variant rozdílných projektů, kde je zapotřebí vyměnit pružiny a ty by nově měly být vysávány technickým vysavačem s akumulátorem, aby se nemusel vysavač připojovat ke zdroji elektrické energie a urychlil tuto výměnu. Box na výměnu trnů potřebný z přechodu projektů rodiny MLBevo na jiné projekty a opačně byl umístěn blíže k pracovišti AG 10, kde se používá. Prostoje pod názvem „Hrazda nedovibrovala na lůžko“ se začal řešit začátkem měsíce října tím, že na problematické místo byla nainstalována vysokorychlostní kamera, kterou lze online sledovat a záznam se ukládal na sdílený disk. Po dvouměsíčním sledování bylo zjištěno hned několik příčin tohoto prostoje. První příčina je špatně natočená hrazda pomocí podpory vzduchu a čidlo nezareagovalo, dále optické čidlo ve vibrační liště nevidí hrazdu a druhá pod ní zajede a dojde ke vzpříčení. Tento prostoje bude muset být řešen nastavením tlaku a směru vzduchu a přidáním čidla v optimální vzdálenosti od prvního ve vibrační liště, aby již nenastala situace, že jedno čidlo hrazdu nevidí. Doplnění materiálu v podobě axiálních kontaktů již bylo řešeno v optimalizaci výkonosti v této kapitole. Otázka špatného usazení axiálních kontaktů je na lince již dlouhou dobu problémem, nicméně tento prostoje mohou ovlivnit programátoři robotů v organizaci a požadavek by již opakovaně podáván k těmto pracovníkům. Nedošroubovaný šroub se zatím neřeší, jelikož se jedná o 6 automatických šroubováků a po rozdělení není prostoje tak důležitý. Prostoje typu Kamera nereaguje je občasné, každopádně pracovník pověřený počítačovým viděním aktivně spolupracuje na zlepšení a úplné eliminaci tohoto prostoje. Páka ve špatné poloze se po proškolení vyskytuje jen zřídka a chybějící materiál opět musí řešit oddělení logistiky. Vzpříčený výlisek v dávkovači, Nezaklaplý klip a Vzpříčený výlisek v ústí vibračního bubnu se dosud neřešily, nicméně do konce března by tyto prostoje měli být optimalizovány. Prostoje nastavení průtoku vzduchu a čidel je jednorázový a bude muset být řešen preventivní údržbou, jejíž zavedení a aktivní dohled do budoucna bude nutností. Jiné páky v modulech by se také neměly již objevovat, jelikož byly zavedeny karty s fotkami pro jednotlivé varianty modulů.



Obr. 12 Paretův graf součtu prostoju na lince SMLS B8/MLBevo

## 10. Ekonomické zhodnocení navrženého systému

V této části práce se bude řešit ekonomická stránka celého navrženého systému měření a vyhodnocování výkonového ukazatele CEZ na montážní lince SMLS B8/MLBevo.

Při stanovení nákladů lze vycházet z předpokladu, že společnost již vlastní všechno potřebné zařízení jako počítač, tiskárnu, softwarové vybavení, stopky a všechny další potřebné věci. Náklady spojené se systémem měření a následným vyhodnocováním se v tomto případě redukuje jen na placení mzdy pověřeného pracovníka a povinné odvody z této mzdy. Nyní se tedy bude vycházet z předpokladu, že společnost musí za zaměstnance se všemi poplatky zaplatit 134 Kč/hod. Na jedno měření je zapotřebí 4 hodiny na měření a následně 1,5 hodiny na vyhodnocení a prezentaci výsledků. Jak bylo řečeno, měření probíhalo a bude probíhat minimálně dvakrát týdně a za rok to činí okolo 104 měření. Pro vytvoření souborů s tabulkami a formuláře trvalo 35 hodin.

Pokud nyní jsou stanoveny výnosy ze zlepšení ukazatele CEZ na lince SMLS B8/MLBevo, bude se vycházet z následujících podmínek a zjednodušení. Tato linka vyrábí nepřetržitě, pouze o vánocích je plánovaná pauza od 24.12 do 27.12. Dále každý týden je plánovaná pauza 2 hodiny na provedení preventivní údržby. Dále se nepředpokládají dlouhé prostoje a náhlé okolní vlivy, které by mohly omezit produkci, zásobování, logistiku a další potřebné úseky, pro zajištění výroby. Pokud tedy zohledníme všechny tyto skutečnosti a ještě pauzy při běžném provozu, dostaneme roční provozní dobu 7 525 hodin. Jako další předpoklad je vyrovnaná produkce rodiny výrobků MLBevo s normou výkonu 112 ks/hod. a ostatních projektů z největší částí zastoupených projektem Porsche s normou výkonu 140 ks/hod. Průměrná norma, s kterou se nyní bude uvažovat je tedy 126 ks/ hod.

Celý výpočet se tedy omezí na projekty Audi B9 a Porsche při rovnoměrném zastoupení výroby, jelikož jen u těchto dvou projektů lze výsledky ukazatele CEZ považovat za reprezentativní. Průměry ukazatelů CEZ u výše zmíněných projektů ze začátku měření jsou 35,5 % a 38,3 % a na konci měření 47,7 % a 56,5 %. Z toho plyne průměrná počáteční hodnota ukazatele CEZ pro ekonomické výpočty je 36,9 % a na konci měření 52,1 %.

Dle zjištění se průměrný čistý zisk z jednoho prodaného modulu je 77 Kč. Nyní tedy můžou být spočítány výnosy. Nejprve je spočítán výnos, pokud by se celý rok vyrábělo jako při výchozím stavu, následně je spočítán výnos, pokud by se celý rok vyrábělo při stavu na konci měření. Pokud je znám počet hodin roční provozní doby, ukazatel CEZ, výkonová norma a zisk z jednoho modulu, tak prostým vynásobením těchto proměnných se získá výnos při dané úrovni výkonnosti. Dále se musí odečíst výnos po sledování ukazatele od výnosu před

sledováním a tím se získá výnos způsobený zlepšením (zvýšením produkce) na sledované lince. Jak stanovení nákladů, tak i výnosů je uvedeno v následující tabulce 5.

Tab. 5 Stanovení ročních výnosů a nákladů na montážní lince

<b>Stanovení ročních nákladů na sledování ukazatele CEZ na lince SMLS B8/MLBevo</b>		
Činnost:	Potřebný počet hodin	Náklady [Kč]
Vytvoření souborů a formuláře	35	4690
Náklady na měření a vyhodnocování	572	76 648
Náklady na optimalizaci		648 500
<b>Celkem:</b>	<b>607</b>	<b>729 838</b>
<b>Stanovení ročních výnosů ze zvýšení produkce na lince SMLS B8/MLBevo</b>		
Stav produkce podle ukazatele CEZ	Počet vyrobených kusů	Výnosy [Kč]
Výnosy při stavu po sledování	493 986	38 036 934
Výnosy při stavu před sledováním	349 867	26 939 786
<b>Výnos způsobený zlepšením (rozdíl stavů)</b>	<b>144 119</b>	<b>11 097 148</b>

Nyní se ještě odečtou náklady spojené se zavedením a provozováním sledování ukazatele CEZ a náklady spojené s optimalizací linky, jako softwarové změny, nastavení vibračních drah, výměny automatických šroubováků a další změny a výsledná hodnota je výsledný ekonomický efekt z navrženého systému, tento výpočet je znázorněn v tabulce 6.

Tab. 6 Výsledný ekonomický efekt způsobený zvýšením produkce na montážní lince

<b>Výsledný ekonomický efekt po zavedení a sledování ukazatele CEZ</b>	
Celkové výnosy ze zlepšení produkce sledováním CEZ	11 097 148 Kč
Celkové náklady na systém sledování CEZ	729 838 Kč
<b>Výsledný ekonomický efekt</b>	<b>10 367 310 Kč</b>

Z ekonomického hlediska je velice výhodné takovýto systém sledování zavést a udržovat, jelikož jde o neustálé zlepšování využití linky a tím i o vyšší příjmy a zisky společnosti.

## 11. Závěr

Diplomová práce se zabývá problematikou zvýšení výkonnosti na strojním výrobním zařízení ve společnosti Kostal pomocí navrhnutí a zavedení systému sledování ukazatele celkové efektivity zařízení na automatické montážní lince SMLS B8/MLBevo, kde se vyrábí podvolantové moduly pro automobilový průmysl. Tato montážní linka byla vybrána záměrně pro její velice nízkou výkonnost.

V teoretické části jsou nejprve popsány různé způsoby vyhodnocování ukazatele CEZ, následně jsou rozebrány jednotlivé ztrátové časy a časy potřebné k výpočtům. Úvodní část zároveň obsahuje výklad k výpočtům součinitelů pohotovosti, výkonnosti, kvality a ukazatele CEZ. Následně jsou uvedeny další vybrané ukazatele výkonnosti a některé nástroje používané pro optimalizaci výroby.

V praktické části práce jsou v úvodu stanoveny cíle diplomové práce. Hlavní cíl je zlepšit výkonnost montážní linky a mezi dílčí cíle lze zařadit navržení systému sledování a vyhodnocování ukazatele CEZ a jeho implementaci. Dále byla v práci popsána společnost a především montážní linka SMLS B8/MLBevo. Nejprve byla provedena vstupní analýza stavu měření s výsledkem 6 měření za rok 2014. Pomocí vstupní analýzy bylo zjištěno, že sledování klíčových ukazatelů výkonnosti je nedostatečné. Byly tedy vytvořeny formuláře pro sběr dat, dva soubory v programu MS Excel, jeden jako databáze prostoje a druhý jako protokol z měření. Protokol z měření slouží pro operativní řízení a databáze prostoje slouží pro stanovení nejzávažnějších prostoje z dlouhodobého hlediska. U navrženého systému jsou doplněny instrukce jak se soubory pracovat a poznatky z měření. Byl stanoven interval měření minimálně 2 krát týdně po 3 až 4 hodinách a postup měření je naznačen na vývojovém diagramu. Dále je uveden Paretův diagram s nejzávažnějšími prostoji a náměty na zlepšení již realizované, jako například upravení pracovních instrukcí pro zakládání kabelů, aby se nedocházelo k jejich přetržení. Dále bylo navrženo optimalizační řešení pro eliminaci úzkého místa pomocí Ishikawova diagramu do následujícího období nainstalovat světelnou signalizaci pro včasné doplnění a nasvícení musí být nepřerušované. Nakonec jsou uvedeny výsledky měření v grafu na obr. 10 a tabulce č. 4, z nichž je vidět zlepšení o 18,2 % a 12,2 % na 56,5 % a 47,7 % dle projektu, a proto lze konstatovat, že došlo ke zlepšení výkonnosti. V poslední kapitole je uvedeno ekonomické zhodnocení navrženého systému s výsledkem zisku 10 367 310 Kč, což je poměrně vysoká částka. Samozřejmě do budoucna je zapotřebí v dohodnuté frekvenci neustále sledovat ukazatel CEZ na této lince, realizovat navržená optimalizační řešení a neustále se snažit zlepšovat výkonnost a tím i zvyšovat hodnotu ukazatele CEZ.



## 12. Seznam použité literatury

ALEŠ Z., LEGÁT V., JURČA V.: Ukazatele efektivnosti zařízení. In: ÚDRŽBA 2012: SBORNÍK MEZINÁRODNÍ ODBORNÉ KONFERENCE. Praha: Česká společnost pro údržbu, 2012, s. 158-164. ISBN 978-80-213-2312-4.

EROX/DATA VISIOR MARQUEES, The Complete Guide to Simple OEE. [online] Ohio, Aktualizováno 1.5.2014 [cit. 2014-07-12]. Vytvořeno 14.3.2015 Dostupné z: [http://www.exorameric.com/docs/vw121/5A55D3F673BC774EC1257481004B6C93/\\$file/The+Complete+Guide+to+Simple+OEE.pdf](http://www.exorameric.com/docs/vw121/5A55D3F673BC774EC1257481004B6C93/$file/The+Complete+Guide+to+Simple+OEE.pdf)

GARZA REYES, J. A. Overall equipment effectiveness (OEE) and proces capability (PC) measures. International Journal of Quality & Reliability Management, 2010, roč. 27, č. 1, s. 48-62.

KOCOUREK, J. Vývojové diagramy [online]. Aktualizováno 9.5.2010, [ Cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/vyvojove-diagramy>

KOSTAL COM. Produkce [online]. Vytvořeno 2010[cit. 2015-09-10]. Dostupné z: <http://www.kostal.com/index.html>

KOSTAL. Firemní prezentace. 2014

KOSTAL CR. Kostal CR [online]. Aktualizováno 2014[cit. 2015-09-8]. Dostupné z: <http://www.kostal.cz/html/showdoc.dodocid=6458.html>

KOSTAL CR. Firemní literatura. 2013

KOSTAL KKS CR. Kostal Kontakte Systeme[online]. Aktualizováno 2014[cit. 2015-09-06]. Dostupné z: <http://www.kostal.cz/html/showdoc.dodocid=6503.html>

LEGÁT, Václav. Management a inženýrství údržby. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2013, 570 s. ISBN 978-80-7431-119-2.

NENADÁL, Jaroslav. Moderní management jakosti: principy, postupy, metody. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008, 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.

NEW, E. OEE – Learn HoW to Use It Right. Aktualizováno 20.8.2014[cit. 2015-10-07]. Dostupné z: <http://ezproxy.techlib.cz/login?url=http://search.proquest.com.ezproxy.techlib.cz/docview/1554445167?accountid=119841>

SAMAD, M. – HOSSAIN, M. – ASRAFUZZAMAN, M. Analysis of Preformance by Overall Equipment Effectiveness of the CNC Cutting Section of a Shipyard. ARPN Journal of Science and Technology, prosinec 2012, roč. 2, č. 11, s. 1091-1096.

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.

VAVRA, B. Tři pilíře celkové efektivity zařízení OEE. Řízení & údržba, květen 2014, roč. 7, č. 4 s. 40-42. ISSN

WANICHKO, J. Tři pilíře celkové efektivity zařízení OEE. Řízení & údržba, březen 2015, roč. 8, č. 1 s. 30-33.

ZAAL, Tim. Profit-driven maintenance for physical assets. Second edition. S.l.: Maj Engineering Publishin, 2011. ISBN 978-907-9182-107.

ANITHING STUDIO. Školení a implementace systémů OEE [online] [cit. 2016-01-28]. Vytvořeno 14.3.2015 Dostupné z: <http://www.act-in.cz/oee>

MILLER, E. OEE Dashboards. [online] Vytvořeno 11.2.2009. Aktualizováno 18.3.2013 [cit. 2016-01-13] Dostupné z: <http://www.hertzler.com/2009/02/oee-dashboards/>

MANAGEMENT MANIA. PPAP (Production Part Approval Process) [online]. Aktualizováno 25.6.2015, [cit. 4.10.2015]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/ppap-production-part-approval-process>

## 13. Seznam zkratek

AG	Označení pracoviště
CEZ	Celková efektivita zařízení
CMMS	Computerized maintenance management systém
ČEZ	Čistá efektivita zařízení
ERP	Enterprise Resource Planning
I.O.	Shodné výrobky
N.I.O.	Neshodné výrobky
OEE	Overall Equipment Effectiveness, česky: Celková efektivita zařízení
QFD	Quality Found Deployment
TEEP	Total Effective Equipment Performances
PPAP	Production Part Approval Process
TOC	Theory of Constrains

## 14. Seznam obrázků

- Obr. 1            Znázornění výstupu automatického sledování ukazatele CEZ
- Obr. 2            Rozklad celkové disponibilní doby
- Obr. 3            Znázornění Paretova diagramu
- Obr. 4            Ishikawův diagram ztráty efektivity výroby
- Obr. 5            Vývojový diagram rozhodování při zavedení sledování ukazatele CEZ
- Obr. 6            Umístění provozoven společnosti Kostal na mapě
- Obr. 7            Podvolantový modul Audi B9
- Obr. 8            Graf měření ukazatele CEZ za rok 2014
- Obr. 9            Procesní schéma postupu při měření ukazatele CEZ
- Obr. 10           Graf výsledků měření ukazatele CEZ v roce 2015
- Obr. 11           Ishikawův diagram – příčiny nízké výkonnosti úzkého místa AG 70 pro projekt Porsche
- Obr. 12           Paretův graf součtu prostožů na lince SMLS B8/MLBevo

## 15. Seznam tabulek

- Tab. 1 Naměřená data ukazatele CEZ za rok 2014
- Tab. 2. Přiřazení četnosti výskytu prostoje k jednotlivým barvám na pozadí v tabulce prostojů
- Tab. 3 Tabulka taktů pracovišť s úzkými místy
- Tab. 4 Tabulka naměřených výsledků ukazatele CEZ s dílčími součiniteli za rok 2015
- Tab. 5 Stanovení ročních výnosů a nákladů na montážní lince
- Tab. 6 Výsledný ekonomický efekt způsobený zvýšením produkce na montážní lince

## 16. Seznam použitých symbolů

A	Součinitel pohotovosti
$C_t$	Ideální čas cyklu
F	Součinitel poruchovosti
Q	Součinitel kvality
M	Součinitel preventivní údržby, přestavování a seřizování
N	Součinitel nepožadovaného provozu, organizačních a logistických prostožů
P	Součinitel výkonnosti
$t_{cdv}$	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
$t_{pp0}$	Doba technologických poruch
$t_{pp5}$	Doba funkčních poruch
$t_{pro}$	Provozní doba
$t_{ps}$	Doba přestavování a seřizování
$t_{pu}$	Doba preventivní údržby
$t_{vyr}$	Doba výroby
$t_{vyv}$	Využitelná doba výroby
$t_{zv}$	Ztrátová doba způsobená nižší výkonností v důsledku horšího technického stavu
$V_c$	Počet všech výrobků
$V_n$	Počet neshodných výrobků

## **17. Seznam příloh**

Příloha 1: Procentuální zastoupení zákazníků celé společnosti

Příloha 2: Rozmístění pracovišť na lince SMLS B8/MLBevo

Příloha 3: Umístění skladovacích prostorů u linky SMLS B8/MLBevo

Příloha 4: Tabulka naměřených dat z měření dne 4.2.2014

Příloha 5: Vyhodnocení měření ze dne 4.2. 2014

Příloha 6: Vyplněný formulář z měření dne 7.2.2015

Příloha 7: Ukázka tabulky s prostoji v souboru Databáze prostojů

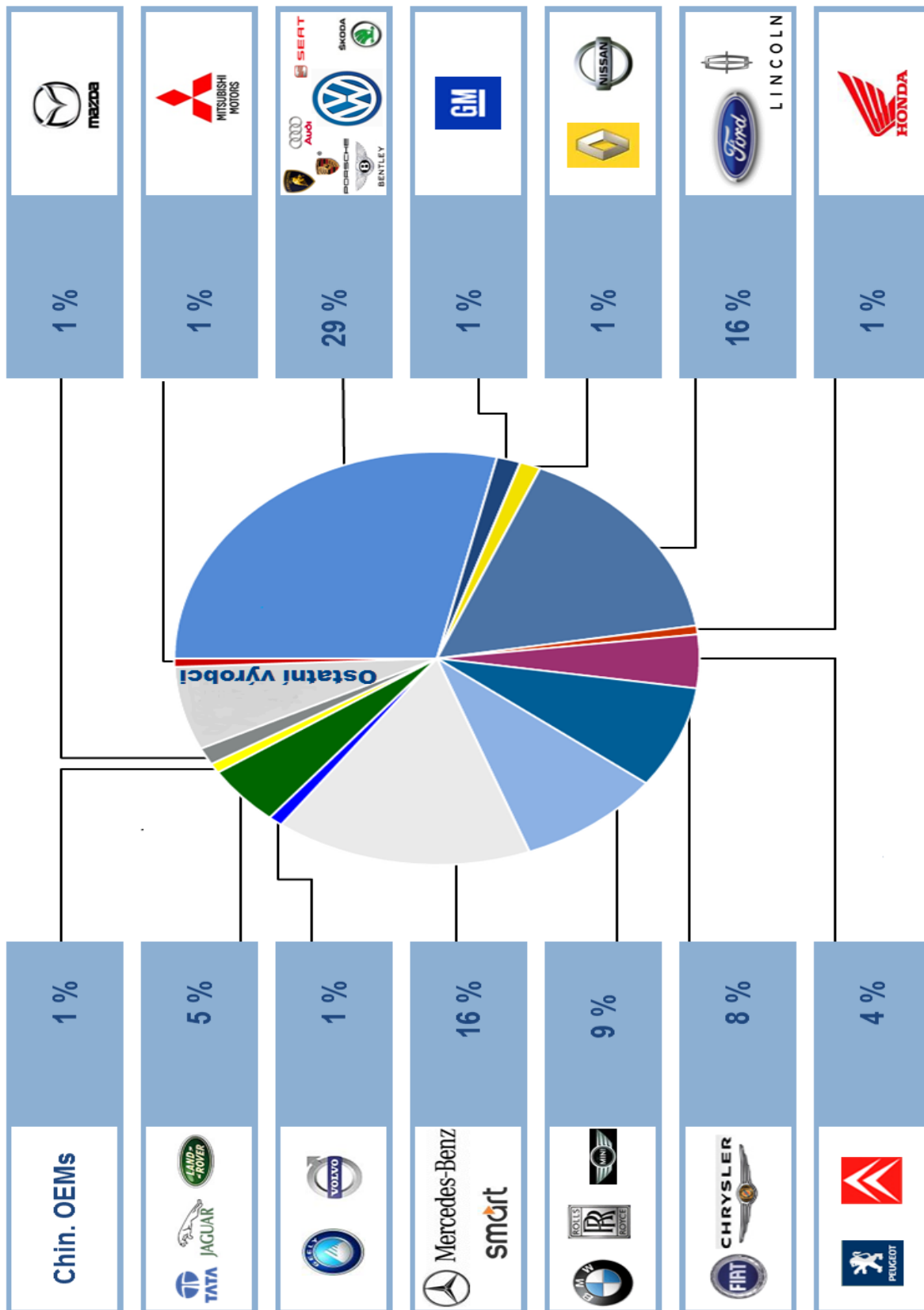
Příloha 8: Zpracovaná data z měření dne 7.2.2015 v Protokolu z měření

Příloha 9: Výsledné tabulky a grafy z Protokolu z měření dne 7.2.2015

Příloha 10: Měření ukazatele CEZ na projektu Porsche za rok 2015

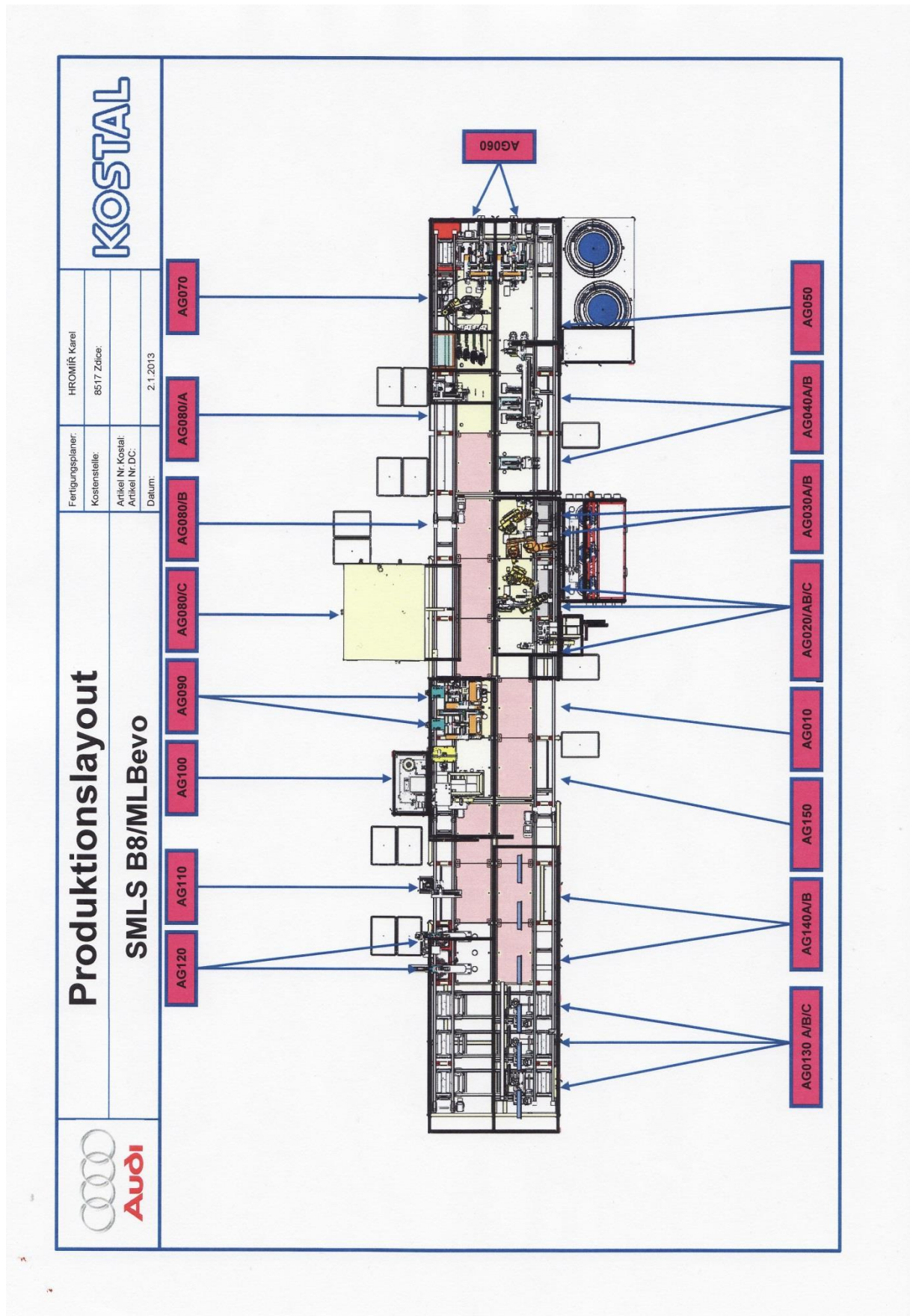
Příloha 11: Měření ukazatele CEZ na projektu Audi B9 za rok 2015

**Příloha 1: Procentuální zastoupení zákazníků celé společnosti  
(Kostal CR; 2014)**

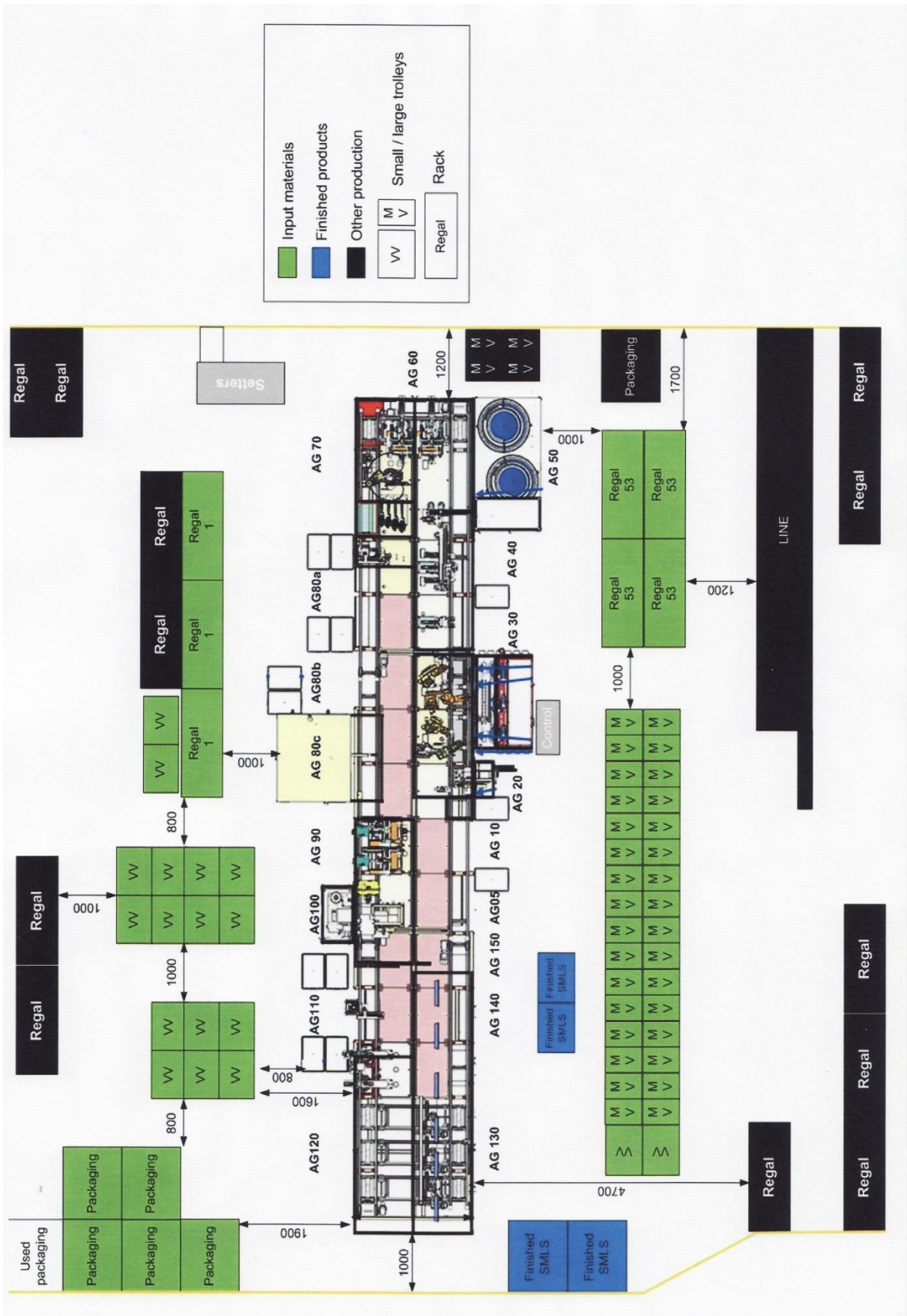




Příloha 2: Rozmístění pracovišť na lince SMLS B8/MLBevo (Kostal CR; 2013)



**Příloha 3: Umístění skladovacích prostorů u linky SMLS B8/MLBevo (Kostal CR; 2013)**





### Příloha 4: Tabulka naměřených dat z měření dne 4.2.2014 (Kostal CR; 2013)

Datum	4.2.2014												sec.																							
	Místní linka	MLBevo - automat C7	Skutečný začátek měření	9:35	Skutečný konec měření	12:20	Přítomný čas cyklu							22																						
Čas	6:10-6:30	6:45-7:00	7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00	9:00-9:15	9:15-9:30	9:30-9:45	9:45-10:00	10:00-10:15	10:15-10:30	10:30-10:45	10:45-11:00	11:00-11:15	11:15-11:30	11:30-11:45	11:45-12:00	12:00-12:15	12:15-12:30	12:30-12:45	12:45-13:00	13:00-13:15	13:15-13:30	13:30-13:45	13:45-14:00						
Čas sberu dat	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00					
Vyrobené kusy za hodinu	1.0	0	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	104	92	104	80	0	0	92	84	112	104	104	0	#####	#####	#####	#####	#####	#####				
Vyrobené kusy za hodinu	MLC														6	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Vyrobené kusy celkem (počítadlo)	1.0														284	310	359	379	379	402	423	451	477	503												
Vyrobené kusy celkem (počítadlo)	MLC														6	7	8	9	9	9	9	9	9	9												
Plánované zastávky linky (min)																		15	15																	
Měřířované zastávky linky - Příčina																																				
AG140B chyba servo os																																				
AG70 zář pozice hrazačky na VI																																				
AG30 nedrazil rasbozen																																				
AG50 nedocvaknutá pačka																																				
AG70 doplnenie mat. chyba senzoru																																				
AG90 chyba šroubování - mimo os																																				
AG140A zaseknutý adaptér																																				
AG20 zaseknutá paletka																																				
AG45 doplnenie dectel - vibrák																																				
AG10 doplnenie mat.																																				
MLC - příčina																																				

## Příloha 5: Vyhodnocení měření ze dne 4.2. 2014 (Kostal CR; 2013)

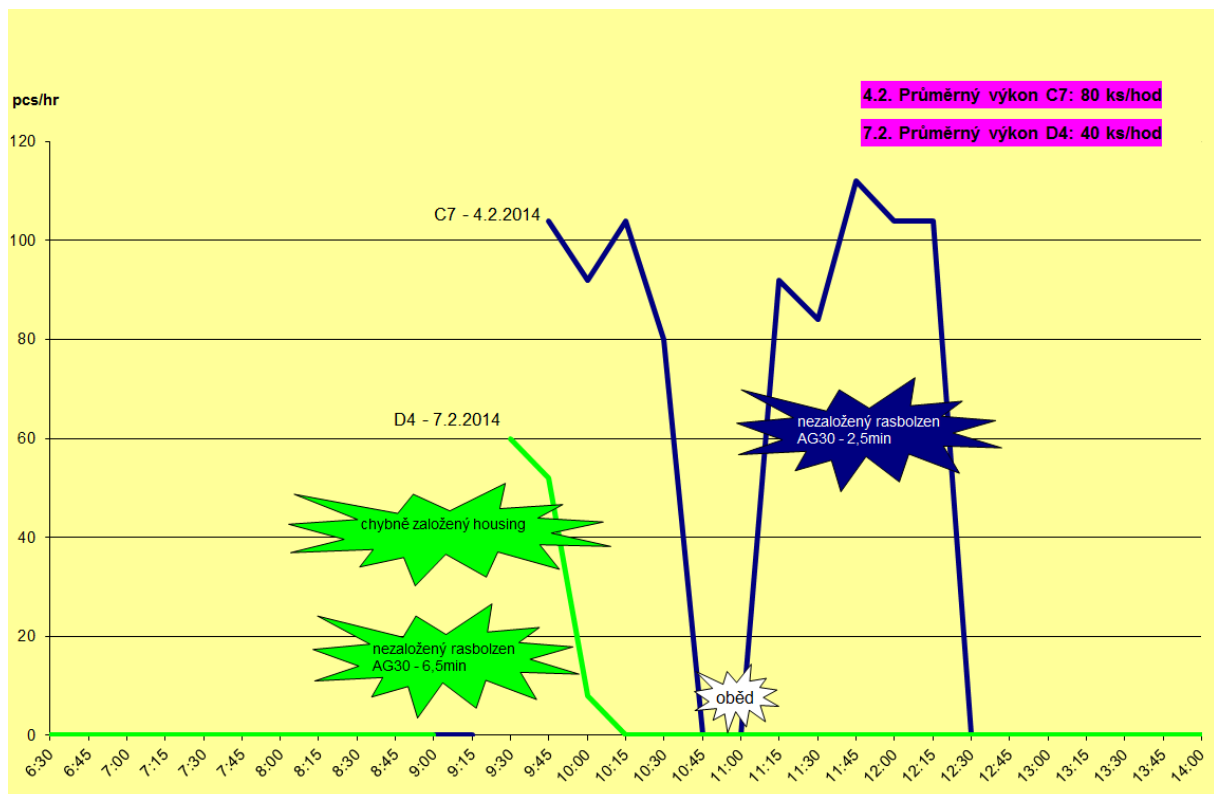
Gap Analysis - Required OEE vs Demonstrated, predicted Good Parts per Week

Date: 4.2.2014

		Formule	Value
<b>Equipment Availability</b>			
V	Total Available Time		195
W	Planned Downtime - lunches/breaks (minutes)		30
X	Net Available Time (minutes)	V-W	165
AB	Observed Unplanned Downtime (minutes)		13
AC	Operating Time	X-AB	152
AD	Equipment Availability	(X-AB)/X*100	92,12%
<b>Performance Efficiency</b>			
AE	Total Parts Run (Good, Scrapped)		222
AF	Planned Net Ideal Cycle Time (seconds/part)		22
AG	Performance Efficiency	AE*AF/AC	53,55%
<b>Quality Rate</b>			
AJ	Parts Scrapped		3
AL	Quality Rate	(AE-AJ)/AE	98,65%
<b>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</b>		<b>AD*AG*AL</b>	<b>48,67%</b>

Kostal calendar: 250 Days, 5 Days per week, 3 shift, 22,5 hours per day

<b>Good Parts per Week (pcs)</b>	<b>8 959</b>
----------------------------------	--------------



Příloha 6: Vyplněný formulář z měření dne 7.2.2015

Jméno a příjmení pověřeného pracovníka: MILOŠ KONVALINKA		Začátek měření: 8:43		Konec měření: 10:19		Datum: 7.2.2015		Projekt / varianta: PORSCHE / 10114621	
Čas	Počáteční stav počítačů	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15
Čas sběru dat		8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30
Vyrobene ks celkem (poč.) I.O.	156	160	182	200	210	227	235	240	254
Vyrobene ks celkem (poč.) N.I.O	9	9	9	11	11	13	13	13	13
Plánované zastavení linky									
Neplánované zastavení linky									
A610-	CHYBNĚ USAZENÁ KONZOLA		25						
A660-	ŠPATNĚ NASTAVĚNÝ ŠROUB			48/37	28	21			
A660-	SEŘÍZENÍ POSUVNÝCH OS			31					
A670-	CHYBNĚ VLOŽENÝ KONTAKT			30					
A690-	NEODŠROUBOVÁNÍ ŠROUB			52					
A61408-	NEBEROUJE - ZRESTART				109				
A670-	ZMĚNA NEBÍ UKADENT NA KONTAKTY				76				
A6120-	PAKKA VE ŠPATNĚ POLOZE				16				
A6308-	ZASEKLY VTLISEK V PAVILAVACĚ				43				
A690-	ŠPATNÁ VÍŠKA ŠROUBU					91			
A6120-	NEBÍ ZÁŽNAN VLČ					47			
A6120-	ZASEKLY ŠROUB V OBKRUHU					19			
A6150-	NEVLADISTĚNÁ PALETKA -> ČÍDLO						100/53		
A6308-	VTLISEK ŠPATNĚ NA LŮŽKU							43	
A660-	NEODŠROUBOVÁNÍ ŠROUB								25
A6308-	PAKKA PAD PALET K20								96/5

25 UNAŠEČŮ

ÚZKÉ MÍSTO A670: 26,63  
 26,54  
 26,04  
 27,11  
 26,89  
 27,12  
 26,79



## Příloha 7: Ukázka tabulky s prostoji v souboru Databáze prostojů

Ztrátový čas	Projekt	Pracoviště	9.1.2015	16.1.2015	24.1.2015	30.1.2015	7.2.2015	7.2.2015	20.2.2015	27.2.2015	18.3.2015	20.3.2015	20.3.2015	3.4.2015	10.4.2015	4.5.2015	15.5.2015	22.5.2015	29.5.2015	15.6.2015	2.7.2015	16.7.2015	31.7.2015	14.9.2015	21.9.2015	2.10.2015	6.10.2015	9.10.2015	13.10.2015	15.10.2015	20.10.2015	27.10.2015	30.10.2015	Absolutní součet	Relativní součet	Kumulativní součet	Četnost výskytu	
Odjištění paletky, zaseklý trn	Porsche	AG 20A	60																														60	0,0006	0	1		
Zaseklý modul	Porsche	AG 150	40																														40	0,0004	0	1		
Nezaložená páka	Porsche	AG 10	15																													15	0,0002	0	1			
Chyba senzoru povolené číslo aretace	Porsche	AG 130B	321																													321	0,0033	0	2			
Špatná poloha hrazdy	Porsche	AG 70	21	49																												70	0,0007	0,01	3			
Neodebraný materiál	Porsche	AG 150	60																													60	0,0006	0,01	1			
Zaseklá základní deska	Porsche	AG 80A	5																													5	0,00005	0,01	1			
Páka není v nulové poloze	Porsche	AG 70	60	211	153	49																										25	1561	0,0159	0,02	27		
Špatná výška šroubu	Porsche	AG 90	96			336	91	230																								982	0,01	0,03	18			
Chyba kamery, kabel v optice	Porsche	AG 70	68			28																										14	110	0,0011	0,03	4		
Usazení páky	Porsche	AG 10	33																													33	0,0003	0,03	1			
Zaseklý šroub v dávkování	Porsche	AG 120	57																													103	0,0011	0,03	2			
Nepřítomnost obsluhy	Porsche	AG 40	124																													124	0,0013	0,04	1			
Manipulace se softwarem (restart linky)	Porsche	AG 10	585																														585	0,006	0,04	1		
Obnovení chodu linky	Porsche	Celá linka	144							611																							1055	0,0108	0,05	5		
Hrazda nedovibrovala na lůžko	Porsche	AG 30A	224	335	480																											208	207	102	2305	0,0235	0,08	35
Zaseklá paletka o páku	Porsche	AG 120	69		5																												101	175	0,0018	0,08	4	
Chyba v elektroinstalaci	Porsche	AG 130A	360																														360	0,0037	0,08	1		
Špatná poloha modulu při aretaci	Porsche	AG 130A	130			281																											411	0,0042	0,09	3		
Test neproběhl, restart softwaru	Porsche	AG 140B	310				109																										419	0,0043	0,09	2		
Nedošroubovaný šroub	Porsche	AG 60		226			25	119																									429	0,0044	0,09	7		
Zaseklý axiál. kontakt v karuseli,	Porsche	AG 70																																				

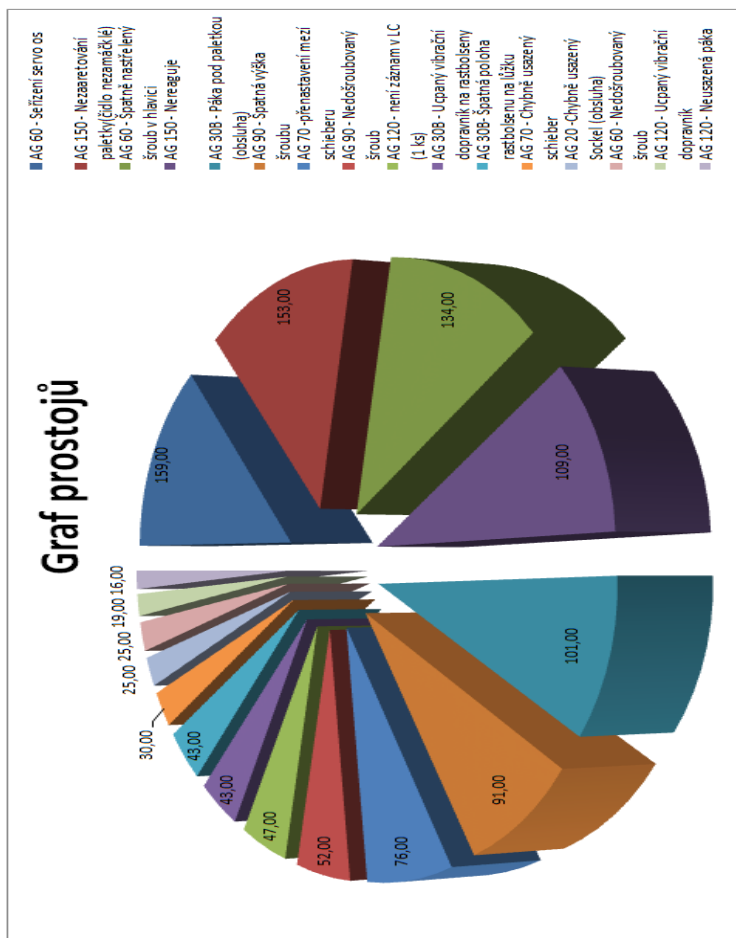
## Příloha 8: Zpracovaná data z měření dne 7.2.2015 v Protokolu z měření

Jméno a příjmení pověřeného pracovníka: Miloš Konvalinka		Datum: 7.2.2015		Počet unášeču: 25 ks						
		8:43	10:19	Úzké místo: 26,5 s.						
Začátek měření:		Směna: A		Počet unášeču: 25 ks						
Konec měření:				Úzké místo: 26,5 s.						
Čas	Pracoviště	8:43-8:45	8:45-9:00	9:00-9:15	9:15-9:30	9:30-9:45	9:45-10:00	10:00-10:15	10:15-10:30	Σ
Čas sběru dat		8:43	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:30	
Kumulativní čas		Počáteční stav na počítadle	120	1020	1920	2820	3720	4620	5520	5760
Vyrobene ks/hod	I.O	16	88	72	40	68	32	20	76	
Vyrobene ks/hod	M.I.O	0	0	8	0	8	0	0	0	
Vyrobene ks celkem (poč.)	I.O.	156	160	182	200	210	227	235	240	98
Vyrobene ks celkem (poč.)	N.I.O	9	9	9	11	11	13	13	13	4
Nepožadovaná doba										0
Neplánované zastávky linky		[s.]	[s.]	[s.]	[s.]	[s.]	[s.]	[s.]	[s.]	[s.]
Chybně usazená konzola	AG 10		25							25
Test neproběhl, restart softwaru	AG 140B				109					109
Špatně nastřelený šroub v hlavici	AG 60			48/37	28	21				134
Seřízení posuvných os	AG 60			81			78			159
Špatně usazený axiální kontakt	AG 70			30						30
Nedošroubovaný šroub	AG 90			52						52
Nedošroubovaný šroub	AG 60							25		25
Přenastavení mezi pro kontrolu usazení axiál. kontaktů	AG 70					76				76
Špatná výška šroubu	AG 90						91			91
Není záznam v LC	AG 120						47			47
Páka není v nulové poloze	AG 120							16		16
Zaklesnuté výlisky ve vibr. Bubnu u dávkovač	AG 30B							43		43
Zakleslé šrouby ve vibračním bubnu	AG 120						19			19
Nezaaretování paletky(čidlo nezamáčklé)	AG 150									153
Výlisek usazen špatně na lůžko	AG 30B							100/53		43
Páka pod paletkou	AG 30B								96/5	101
<b>Σ Prostořůj:</b>										<b>1123</b>

Projekt / vyráběné varianty:	čas:
Porsche / 10114621	8:43 - 10:19

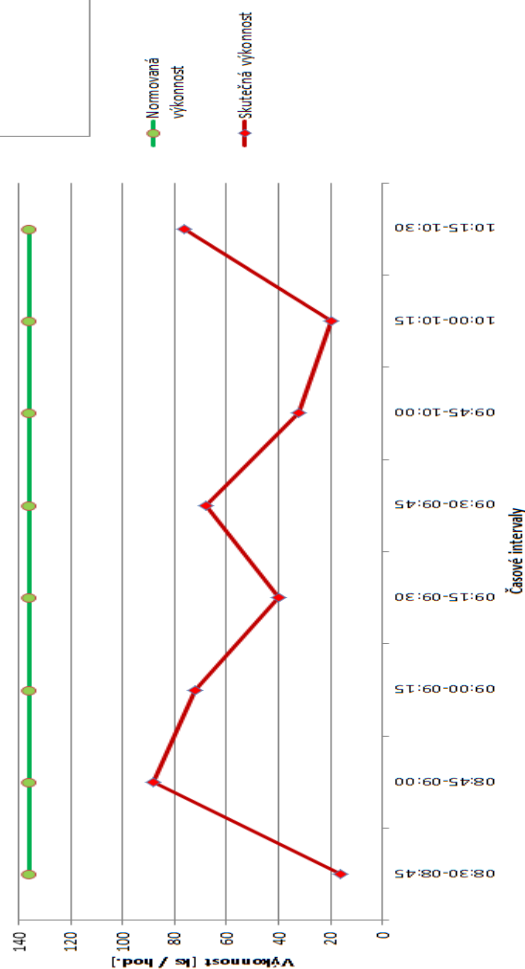
# Příloha 9: Výsledné tabulky a grafy z Protokolu z měření dne 7.2.2015



Důvod neplánovaného zastavení linky:	čas [s.]
AG 60 - Seřízení servo os	159,00
AG 150 - Nezarotování paletky (čidlo nezamáčklé)	153,00
AG 60 - Špatně nastřeleny šroub v hlavici	134,00
AG 150 - Nereaguje	109,00
AG 30B - Páka pod paletkou (obsluha)	91,00
AG 90 - Špatná výška šroubu	76,00
AG 70 - přenastavení mezi schieberu	52,00
AG 90 - Nedošroubovaný šroub	47,00
AG 120 - není záznam v LC (1 ks)	43,00
AG 30B - Špatná poloha rastrobsolesu na lůžku	43,00
AG 70 - Chybně usazený schieber	30,00
AG 20 - Chybně usazený Socket (obsluha)	25,00
AG 60 - Nedošroubovaný šroub	25,00
AG 120 - Účpaný vibrační dopravník	19,00
AG 120 - Neusazená páka	16,00

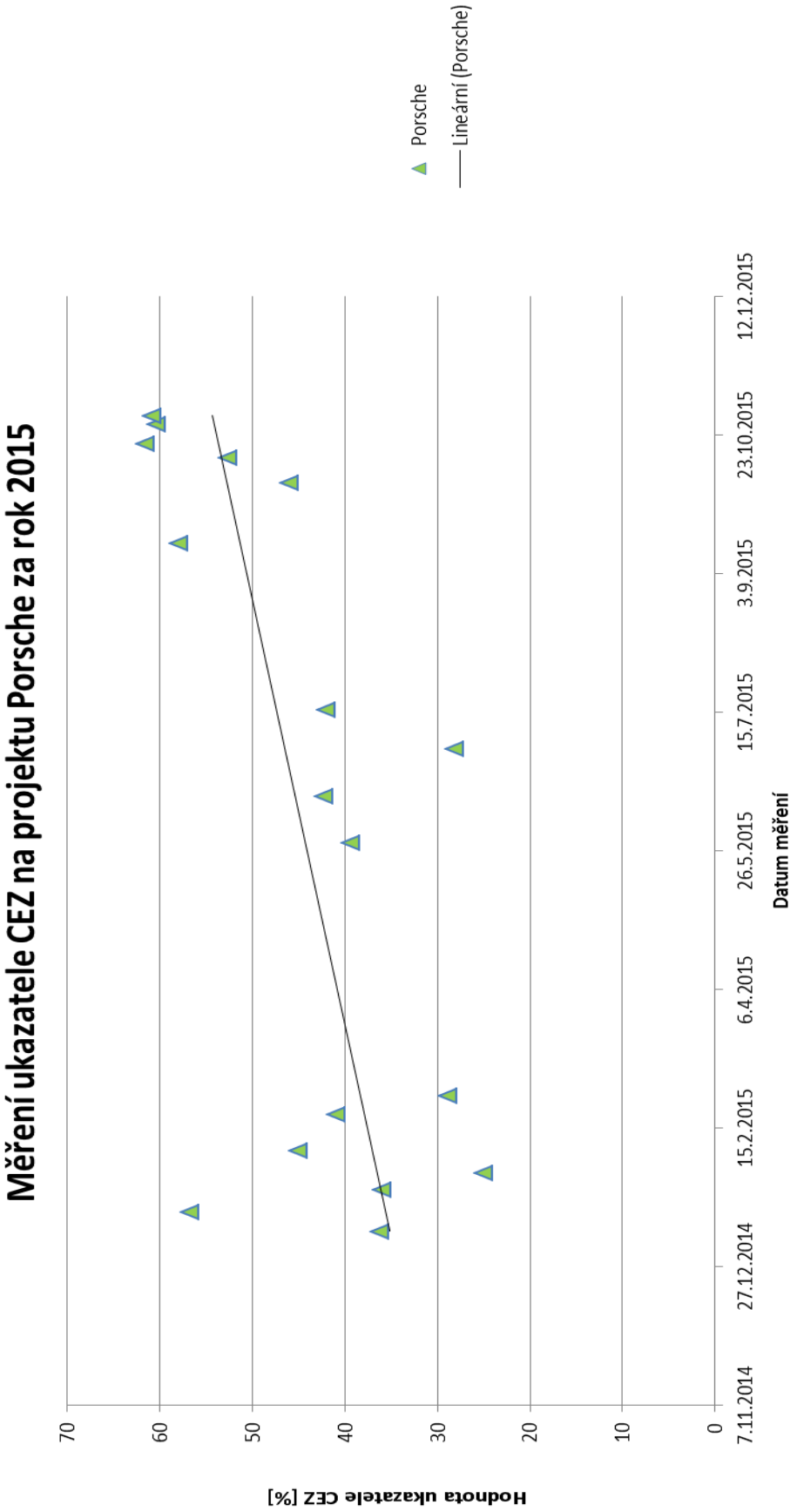
Pohotovost	
Celková disponibilní doba	5760
Nepožadovaná doba	0
Provozní doba	5760
Neproduktivní čas	1123
Doba výroby	4637
Součinitel pohotovosti [%]	80,5
<b>Výkonost</b>	
Vyrobené kusy	102
Teoretický čas cyklu	26,5
Součinitel výkonosti [%]	58,3
<b>Úroveň kvality</b>	
Neshodné výrobky	4
Součinitel úrovně kvality [%]	96,1
<b>CEZ [%]</b>	<b>45,1</b>

### Hodinová výkonost montážní linky





Příloha 10: Měření ukazatele CEZ na projektu Porsche za rok 2015



## Příloha 11: Měření ukazatele CEZ na projektu Audi B9 za rok 2015

