

Analýza výrobního procesu ve vybrané společnosti

Antonie Holubová

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Antonie Holubová**
Osobní číslo: **M16344**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Řízení výroby a kvality**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Analýza výrobního procesu ve vybrané společnosti**

Zásady pro vypracování:

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši zaměřenou na výrobní proces a vybrané analytické metody a nástroje pro řízení procesů.

II. Praktická část

- Analyzujte současný stav vybraného výrobního procesu konkrétní společnosti.
- Vyhodnoťte výsledky analýzy výrobního procesu.
- Na základě výsledků navrhnete vhodná opatření pro zlepšení výrobního procesu.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: cca 40 stran
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- BLECHARZ, Pavel. Kvalita a zákazník. Praha: Ekopress, 2015, 160 s. ISBN 978-80-87865-20-0.
KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. Moderní přístupy k řízení výroby. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012, 153 s. ISBN 978-80-7179-319-9.
KORENKO, Maroš. Manažerstvo kvality procesov. Nitra: Vydala Slovenská poľ nohospodárska univerzita v Nitre vo vydavateľ stve SPU, 2015, 144 s. ISBN 978-80-552-1316-3.
KOŽÍŠEK, Jan a Barbora STIEBEROVÁ. Management kvality I. 4. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2015, 227 s. ISBN 978-80-01-05673-8.
MONTGOMERY, Douglas C. Introduction to Statistical Quality Control. 6th Edition. New York: John Wiley and Sons, 2009, 754 s. ISBN 978-0-470-16992-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. et Ing. Martin Kovářik, Ph.D.
Ústav statistiky a kvantitativních metod
Datum zadání bakalářské práce: 7. ledna 2019
Termín odevzdání bakalářské práce: 14. května 2019

Ve Zlíně dne 7. ledna 2019

L.S.

doc. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

Ing. Denisa Hrušecká, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnaní případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení:

.....

podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou vybraného výrobního procesu ve společnosti vyrábějící křemíkové desky. Teoretická část obsahuje literární rešerši zaměřenou na výrobní proces a vybrané analytické metody a nástroje pro řízení procesů. Praktická část ve svém úvodu popisuje společnost, její produkt a hlavní výrobní procesy. V další části je uvedena analýza vybraného výrobního procesu a také vyhodnocení této analýzy. Cílem této bakalářské práce je na základě výsledků provedené analýzy navrhnout možná zlepšení daného výrobního procesu.

Klíčová slova:

Výrobní proces, analýza výrobního procesu, Paretova analýza, regulační diagram, statistické řízení procesu.

ABSTRACT

This bachelor thesis analyses selected production process of silicon wafers production company. The theoretical part contains of literature exploration focused on production process and selected analytical methods and tools for processes control area. The introduction of practical part describes company, its product and main production processes description and current state. In the following part, the analysis of selected production process is processed. The aim of this bachelor thesis is to propose suggestions for possible improvements of production process based on the results of analysis.

Keywords:

Production Process, Analysis of the Production Process, Pareto Analysis, Control Charts, Statistical Process Control (SPC).

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. et Ing. Martinu Kovářikovi, Ph.D. za jeho čas, odborné rady a informace, které mě vedly k úspěšnému dokončení bakalářské práce.

Dále bych ráda poděkovala svým nejbližším, kteří mě podporovali během celého bakalářského studia.

„Neříkej, že to nejde, raději řekni, že to zatím neumíš.“ (Tomáš Baťa)

OBSAH

ÚVOD	9
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PROCES, VÝROBNÍ PROCES	12
1.1 DĚLENÍ PROCESŮ.....	13
1.2 PŘÍSTUPY K ŘÍZENÍ PROCESŮ.....	14
1.3 ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ.....	15
1.3.1 Kontinuální zlepšování (KAIZEN).....	15
1.3.2 Reengineering.....	16
1.3.3 Six Sigma.....	17
2 VYBRANÉ ANALYTICKÉ METODY A NÁSTROJE PRO ŘÍZENÍ PROCESŮ	19
2.1 DIAGRAM PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ.....	20
2.1.1 Postup sestavení diagramu.....	20
2.2 PARETŮV DIAGRAM.....	21
2.2.1 Postup sestavení diagramu.....	21
2.3 HISTOGRAM.....	22
3 SPC – STATISTICKÉ ŘÍZENÍ PROCESŮ	23
3.1 REGULAČNÍ DIAGRAM.....	23
3.1.1 Předpoklady pro konstrukci regulačního diagramu měřením.....	25
3.2 ZPŮSOBILOST PROCESU.....	25
3.2.1 Indexy způsobilosti C_p , C_{pk} a C_{pm}	26
4 ZAVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
5 ZÁKLADNÍ INFORMACE O SPOLEČNOSTI	30
5.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE.....	30
5.2 HISTORIE SPOLEČNOSTI.....	31
5.3 SPOLEČNOST ON SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC AKTUÁLNĚ.....	31
5.4 STŘEDISKA DIVIZE CZ2 – VÝROBA KŘEMÍKU.....	32
5.5 VÝVOJ TRŽEB.....	33
6 KŘEMÍKOVÁ DESKA	35
6.1 VÝROBNÍ PROCES KŘEMÍKOVÝCH DESEK.....	35
7 ANALÝZA VYBRANÉHO VÝROBNÍHO PROCESU	36
7.1 POPIS VYBRANÉHO VÝROBNÍHO PROCESU – DEPOZICE APCVD.....	36
7.1.1 Výrobní postup.....	38
7.2 ISHIKAWŮV DIAGRAM – JAKOST PROCESU.....	40
7.3 ROZLOŽENÍ VÝROBNÍ PRODUKCE NA ZAŘÍZENÍCH WJ.....	41
7.4 ROZDĚLENÍ DAT, OVĚŘENÍ NORMALITY.....	42
7.4.1 Histogram.....	43
7.4.2 Kvantilový diagram.....	44

7.4.3	Testování hypotéz	45
7.4.4	Regulační diagram	46
7.5	ZPŮSOBILOST PROCESU	48
7.5.1	Indexy způsobilosti procesu	48
7.6	VYUŽITÍ VÝROBNÍ KAPACITY ZAŘÍZENÍ WJ3	50
8	SOUHRN ZJIŠTĚNÝCH NEDOSTATKŮ	52
8.1	RUČNÍ SBĚR DAT A LADĚNÍ PROGRAMU NA ZAŘÍZENÍ WJ1 A WJ2	52
8.2	NIŽŠÍ HODNOTA INDEXŮ ZPŮSOBILOSTI C_p , C_{pm}	53
8.3	CHYBĚJÍCÍ STATISTICKÉ ŘÍZENÍ PROCESU (SPC)	53
8.4	NEVYUŽITÁ VÝROBNÍ KAPACITA ZAŘÍZENÍ WJ3	53
9	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ VÝROBNÍHO PROCESU	54
9.1	ZAVEDENÍ ELEKTRONICKÉHO SBĚRU DAT	54
9.2	AUTOMATICKÁ ÚPRAVA VÝROBNÍHO PROGRAMU NA ZAŘÍZENÍCH WJ	54
9.2.1	Zvýšení hodnoty indexů způsobilosti procesu	55
9.3	ZAVEDENÍ SPC PRO PROCES APCVD	55
9.4	ZMĚNA PRACOVNÍHO POSTUPU U ZAŘÍZENÍ WJ3	56
9.4.1	Možná rizika	57
9.5	NÁKLADY NAVRHOVANÝCH ZMĚN	57
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK	63
	SEZNAM GRAFŮ	64

ÚVOD

V každé době je na korporace vyvíjen tlak, aby byly ve svém oboru úspěšné a obstály tak v nelehkém boji s konkurencí. Tento tlak je vyvíjen vlastníky, akcionáři, managementem společnosti, ale i zaměstnanci. Každá z těchto zájmových skupin si jako úspěch jistě představuje něco jiného. Zaměstnanci vyšší mzdy a lepší benefity, zákazníci včas dodané zakázky v požadovaném množství i kvalitě, akcionáři zisk, manažeři splnění stanovených cílů atd. Ekonomická situace roku 2018 výrazně přispívala tomu, že se firmám ekonomicky dařilo. Otvírala se jim tak možnost pro investování do rozvoje a zlepšování svých produktů či procesů.

Zlepšování procesů je nedílnou součástí průmyslového inženýrství. Průmyslové inženýrství také skýtá velké množství metod a nástrojů, pomocí kterých je možné ve společnosti rozklíčovat procesy, určit jejich vlastníky a stanovit pravidla pro fungování daných procesů. Taktéž poskytuje různé metody a nástroje, díky nimž je možné sbírat, analyzovat a vyhodnocovat data z těchto procesů. Na prvním místě je však nutné si stanovit cíl, kterého má být analýzou dosaženo. Na tomto základě se tedy vyberou vhodné metody a nástroje. Následným krokem po vyhodnocení analýzy pak může být právě návrh na zlepšení procesu.

Metody a nástroje průmyslového inženýrství jsou využívány i ve společnosti, ve které pracuji. Výrobní středisko společnosti, na kterém působím, se zabývá výrobou křemíkových desek. Ty jsou základem pro výrobu čipů. Uplatnění čipů je v dnešní elektronické době velmi široké, jsou využívány do mobilních telefonů, automobilů a do mnoha dalších elektronických přístrojů a zařízení.

Pomocí vybraných metod a nástrojů průmyslového inženýrství je v bakalářské práci analyzován vybraný výrobní proces společnosti.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem této bakalářské práce je zpracování analýzy vybraného výrobního procesu dané společnosti vyrábějící mimo jiné křemíkové desky. Analýza je zaměřena na jeden z klíčových výrobních procesů.

Formou literární rešerše jsou v teoretické části práce popsány definice procesu, jejich možné členění na základě různých pohledů. Tato část se také zabývá vybranými metodami pro zlepšování procesů a následně také některými analytickými metodami a nástroji pro řízení procesů. Poslední úsek teoretické části je věnován statistickému řízení procesů, regulačním diagramům i indexům způsobilosti procesů.

Praktická část pak představuje společnost samotnou, výrobní portfolio a výrobní procesy. Hlavní část práce je věnována provedení analýzy vybraného výrobního procesu a jejímu vyhodnocení. Analýza byla prováděna pomocí vybraných analytických metod a nástrojů pro řízení procesů. Na základě získaných výsledků jsou v práci uvedeny možné návrhy na zlepšení daného výrobního procesu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

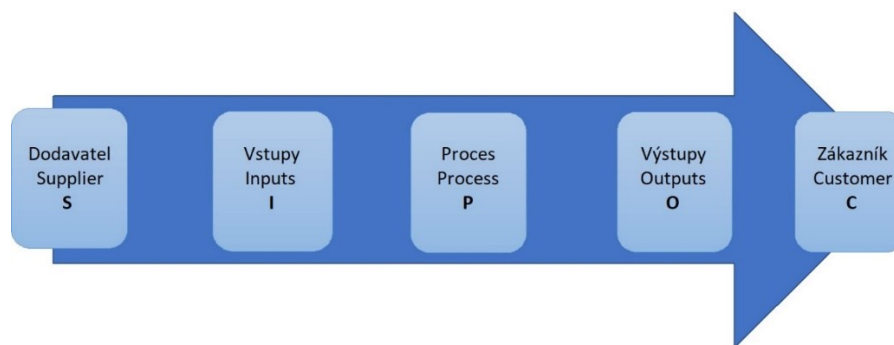
1 PROCES, VÝROBNÍ PROCES

Podle Řepy (2012, s. 15) *podnikovým procesem zpravidla rozumíme objektivně přirozenou posloupnost činností, konaných s úmyslem dosažení daného cíle v objektivně daných podmínkách*. Stejně tak podle Plamínka (2008) je možné proces chápat jako opakující se přesně definovanou souslednost činností, která vede ke vzniku určitého výstupu.

Na základě uvedených definic je možné specifikovat některé charakteristické znaky procesu. Proces:

- je souslednou činností,
- má jasný cíl,
- je vykonáván v daných podmínkách,
- je opakovatelný,
- má svého zákazníka,
- vede k výstupu.

Všechny charakteristické znaky procesu je možné lépe rozklíčovat pomocí jednoduchého nástroje SIPOC, který lze znázornit graficky – viz obrázek 1. Tento nástroj pomáhá definovat dodavatele, vstupy, proces samotný. Dále pak jeho výstupy a zákazníka.

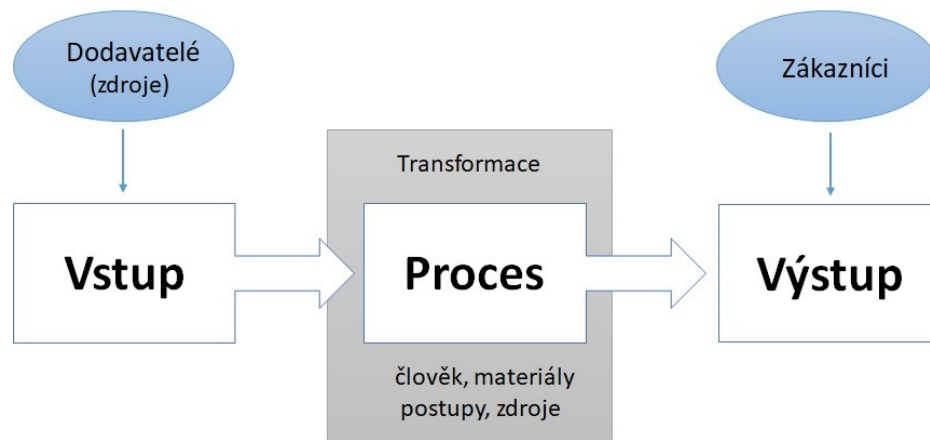


Obrázek 1 - SIPOC (vlastní zpracování podle Blecharz, 2015, s. 48)

Výrobní proces je transformace vstupů na výstupy (služby, produkty) uskutečňována prostřednictvím výrobního systému. Graficky znázorněno na obrázku 2. *Výrobní proces je determinován:*

- *určením výrobku/služby,*
- *varietou a množstvím výrobků/služeb,*

- *použitými technologiemi, uspořádáním a organizací výroby,*
- *stabilitou výroby a schopností reagovat na poptávku.* (Keřkovský, 2012, s. 9)



Obrázek 2 - Podstata výrobního procesu (vlastní zpracování podle Korenko, 2015, s. 9)

Jestliže je proces správně specifikován, poskytuje to hned několik přínosů v *podobě posouzení efektivity, měření procesů, definice zdrojů, rozdělení odpovědnosti, podpory procesů a řízení procesů.* (Plamínek, 2008, s. 28) Podle Jurové (2016) ani nejlepší pracovníci nebudou podávat dobré výkony, jestliže proces není funkční a také není správně pochopen. I z toho důvodu je správná specifikace procesu velice důležitá.

1.1 Dělení procesů

Procesy je možné dělit například podle jejich vztahů k subjektům, které jsou procesem ovlivněny či do procesu vstupují. Z tohoto pohledu dělíme procesy na procesy:

- **interní** – jsou plně pod kontrolou organizace,
- **externí** – zasahují za hranice organizace a nejsou tak plně pod její kontrolou.

Dalším možným členěním procesů je dělení podle předpovědi průběhu. V případě, že lze průběh procesu předvídat, je možné proces označit za **zákonitý**. V opačném případě je proces **náhodný**.

Zákonité procesy je dále možné dělit na:

- a) **deterministické** – jedná se o takový proces, jehož další vývoj vychází ze stavu předchozího. Tyto procesy je možné nejen předvídat, ale i ovlivňovat (např. procesy chemické, výpočetní, mechanické).

- b) **plánované** – u těchto procesů jsou přesně definovány kroky tak, aby proces probíhal tak, jak chceme (např. proces výrobní).

Náhodné (stochastické) procesy jsou takové, jejichž následný vývoj lze předpovědět pouze s určitou mírou probability (např. vývoj ekonomické situace). (Šefčík, 2013)

Na základě způsobu, kterým vynaložená práce přispívá k přeměně vstupů (surovin a materiálů na výstupy (výrobky)), je možné výrobní procesy dělit na procesy:

- technologické,
- netechnologické.

Technologické procesy jsou přímo spojeny s výrobou. Netechnologické je možné označit za pomocné, či obslužné. (Keřkovský, 2012, s. 15)

Procesy je dále možné dělit podle jejich významnosti a osob, které se na nich pracují, do tří základních skupin:

- a) **řídící** procesy – jsou procesy, kterými se zabývá management společnosti, a samy o sobě společnosti negenerují zisk, nejsou tedy součástí procesu, který přidává produktu či službě hodnotu. Vytvářejí podmínky pro fungování ostatních procesů.
- b) **klíčové (hlavní)** procesy – jsou součástí hodnotového řetězce a tvoří přidanou hodnotu pro zákazníka.
- c) **podpůrné** procesy – vytvářejí podmínky pro úspěšné a kvalitní fungování ostatních procesů např. tím, že se starají o dodávky materiálů, produktů či služeb do těchto procesů (mají tedy interního zákazníka). (Jurová, 2016)

1.2 Přístupy k řízení procesů

Existují tři základní přístupy k řízení procesů v organizaci:

- **funkční** přístup (funkční řízení) – tento přístup byl definován Adamem Smithem roku 1776. Funkční přístup byl a je využíván v dobách, *které se vyznačovaly mírným tempem předpověditelných změn, nenasyceností trhu a dostatkem zdrojů.* (Šmída, 2007, s. 31) Praktikování funkčního řízení však nevede ke zlepšení procesu či organizace jako celku, ale přináší zlepšení na úrovni pracovní pozice, případně funkčního útvaru.
- **procesní** přístup (procesní řízení) – je založen na činnostech, které jdou napříč podnikem, tedy na procesech. Zejména na těch opakovatelných. Podle Šmídy

(2007) se u procesního řízení jedná soubor systémů, postupů, metod a nástrojů, které trvale zajišťují maximální výkonnost a neustále zlepšují podnikové i mezipodnikové procesy, vycházející z jednoznačně formulované strategie společnosti. Cílem těchto procesů je dosažení formulovaných cílů strategických.

- **projektový přístup** (projektové řízení) – projektové řízení je uplatňováno v případě procesů jedinečných, neopakovatelných, tedy projektů. (ManagementMania © 2011- 2016)

1.3 Zlepšování procesů

Korporace se snaží své procesy zlepšovat. V dnešní době se jedná o nezbytnou aktivitu, která korporacím pomáhá udržet se na trhu. Ať už se jedná o procesy řídicí, klíčové nebo podpůrné. Vše je způsobeno tlakem vyvolaným požadavky např. zákazníků, majitelů či tlakem konkurence. Existuje několik metod, jak procesy zlepšovat. Každá metoda uplatňuje jiný přístup a vede k jinému rozsahu zlepšení.

1.3.1 Kontinuální zlepšování (KAIZEN)

KAIZEN – metoda neustálého, kontinuálního, zlepšování a zdokonalování byla ve velké míře praktikována v Japonsku po 2. světové válce. Tato metoda je i v dnešní době jedním ze zásadních důvodů, proč jsou japonské podniky tak hospodářsky úspěšné a konkurenceschopné. KAIZEN není otázkou jen vrcholového managementu, ale je to metoda uplatňovaná napříč celým podnikem. (Imai, 2004)

KAIZEN je metoda uplatňovaná ve všech pracovních oblastech podniku, resp. podnikání. Od výrobních dělníků, způsobu, jakým vykonávají svou práci na svěřených pracovištích, přes zlepšování v rámci výrobních zařízení, až po zdokonalování v oblasti postupů a systémů. (Imai, 2004) Toto je možné označit za jednu z hlavních myšlenek KAIZEN.

Podle Bauera (2012) se jedná o trvalý přístup a ten je možné neustále opakovat pomocí cyklu PDCA. Zkratka je složena z počátečních písmen anglických slov, která popisují jednotlivé fáze cyklu.

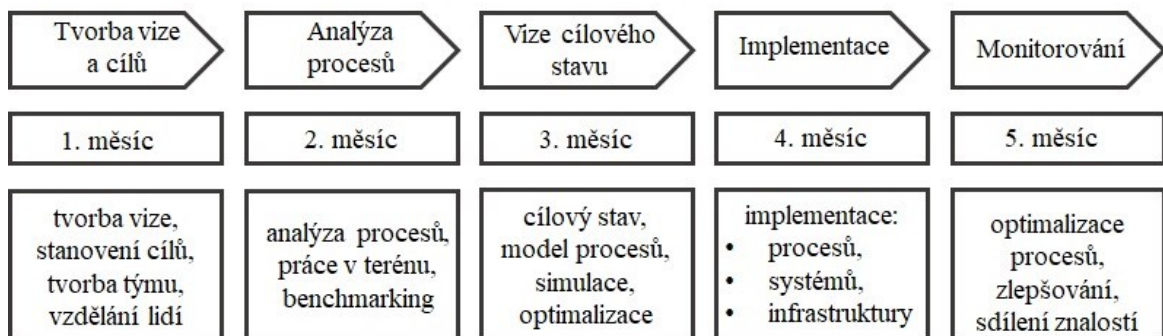
- **Plan** – plánuj – jedná se o plánování zlepšení za pomocí 7 nástrojů řízení kvality (sběr dat, vývojové diagramy, diagram příčin a následků, Paretův diagram, histogram, bodový diagram, regulační diagram).
- **Do** – udělej – v této fázi cyklu dochází k realizaci plánu na zlepšení.

- Check – zkontroluj – po zavedení zlepšení je důležitá kontrola, zda bylo dosaženo požadovaných výsledků.
- Action – uskutečni – poslední fáze cyklu, při které je cílem zabránit navrácení původních nedostatků. V této fázi má dojít k zavedení původního zlepšovacího návrhu jako standardu a tím se znovu otevře možnost pro jeho zlepšení.

Podle Imai (2004, s. 77) dochází k neustálému otáčení tohoto cyklu a díky němu je *proces KAIZEN realizován v maximální možné míře*.

1.3.2 Reengineering

Metoda reengineeringu se dá jednoznačně označit za hlavního představitele zásadních změn. Při použití této metody je možné říct, že vše začíná od začátku. Jedná se o radiální změnu procesů v organizaci, která by měla vést k výraznému zlepšení ukazatelů výkonnosti podniku, jako jsou náklady, kvalita a čas. (Korenko, 2015)



Obrázek 3 - Orientační schéma přibližné délky etap realizace reengineeringu (vlastní zpracování podle Korenko, 2015, s. 71)

Při srovnání dvou výše uvedených metod je možné uvést několik základních a zásadních rozdílů. Prvním, a i nejzásadnějším, je míra změny. Zatímco u metody KAIZEN se jedná o přírůstkové změny, v případě reengineeringu se jedná o změnu radikální. Dalším rozdílem je, že u metody KAIZEN se jedná o změny ve stávajícím procesu, v druhém případě se jedná o proces nový. S tímto souvisí i míra rizika, která je u KAIZEN střední, kdežto u reengineeringu je toto riziko vysoké. Právě toto riziko vedlo podle Řepy (2012) ve druhé polovině devadesátých let ke krizi v oblasti reengineeringu. Svozilová (2011) uvádí, že

důvodem této krizi bylo mimo jiné i to, že přínosy ze zásadních změn se přiblížily očekávání pouze ve velmi malé míře.

1.3.3 Six Sigma

Pojem Six Sigma je historicky spojován se společností Motorola, které zejména v důsledku japonské konkurence rapidně klesaly podíly na trhu. Zjištěním managementu byla velmi špatná kvalita jejich výrobků. Na základě toho bylo roku 1987 zavedeno „opatření sigma“. Cílem tohoto opatření bylo dosáhnout dokonalé kvality (cíl jakosti = Six Sigma). Po zavedení opatření dosáhla společnost ohromujících kumulativních úspor (cca 14 miliard) za období dvou let a obdržela americkou cenu za kvalitu (Cena Malcolma Baldrige). (Blecharz, 2015)

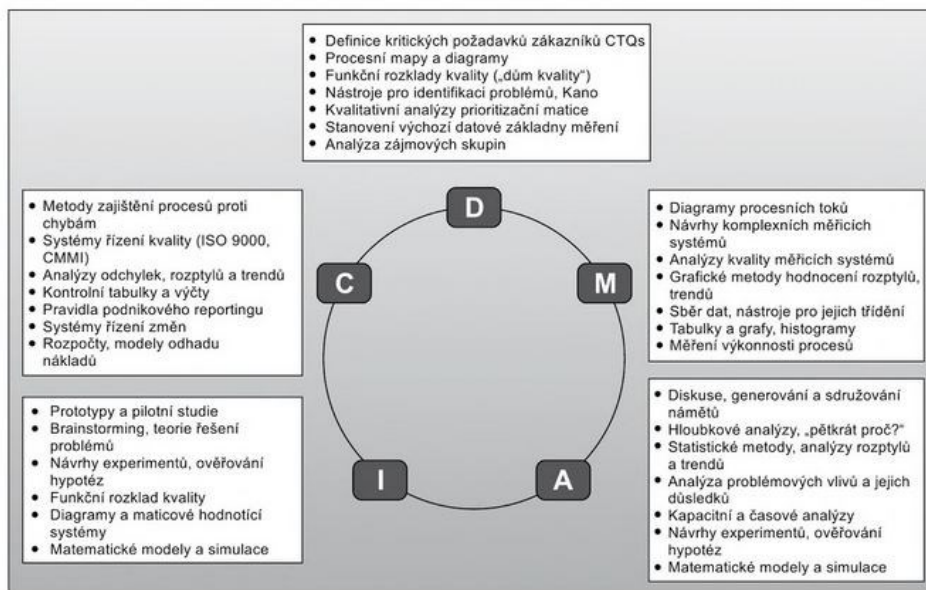
Metoda Six Sigma je v praxi uplatňována prostřednictvím projektů. Tyto projekty mají pevnou strukturu založenou na modelu DMAIC. Jedná se o akronym z počátečních písmen těchto anglických slov:

- **Define** – definovat
- **Measure** – měřit
- **Analyse** – analyzovat
- **Improve** – zlepšit
- **Control** – řídit, dohlížet.

Každá z fází cyklu DMAIC je velmi důležitým článkem tohoto cyklu.

U metody Six Sigma je možné použít prakticky jakékoli nástroje a techniky. Model DMAIC, viz obrázek 4, poskytuje vhodné uspořádání nástrojů a technik do logických souvislostí, které mohou zůstat za normálních okolností neobjeveny. (Blecharz, 2015)

Jak je vidět na obrázku 4, jedná se o uzavřený kruh. Z toho je možné vyvodit, že se jedná o kroky, které se po dosažení části *control*, znovu opakují. I tímto způsobem je možné naplňovat metodu KAIZEN, tedy neustále zlepšování, popsanou v podkapitole 1.3.1 Kontinuální zlepšování (KAIZEN).



Obrázek 4 – Typické nástroje fází cyklu DMAIC (Svozilová, 2011, s. 130)

2 VYBRANÉ ANALYTICKÉ METODY A NÁSTROJE PRO ŘÍZENÍ PROCESŮ

Stejně jako existuje několik variant pro zlepšování procesů, tak také oblast řízení procesů skýtá mnoho metod a nástrojů. Metody pro řízení procesů mohou sloužit pouze pro určitou oblast nebo pro procesy v celé organizaci a jsou směřovány k cíli v podobě správného nastavení procesů. Mezi nejznámější je možné zařadit:

- Six Sigma
- Demingův cyklus (PDCA)
- DMAIC
- Statistické metody
- ISO 9001 Systém managementu kvality
- Total Quality Management (TQM)

Tyto metody využívají pro řízení procesů různých nástrojů. Níže uvedené vybrané nástroje patří do skupiny tzv. 7 starých nástrojů. Všechny mají společný začátek v podobě prvního nástroje z této skupiny, a to **sběru a záznamu dat**. Jedná se naprosto základní nástroj, kterého využívají všechny metody a nástroje, ať už řízení, či zlepšování procesů. Sběr a záznam dat probíhá do předem připravených formulářů. V těch je zaznamenáno, kromě požadovaných údajů, také kdo, kdy a kde záznam provedl. Nedílnou součástí těchto formulářů jsou instrukce pro vyplnění. Vyplňování provádí odpovědná osoba po proškolení. (Blecharz, 2015)

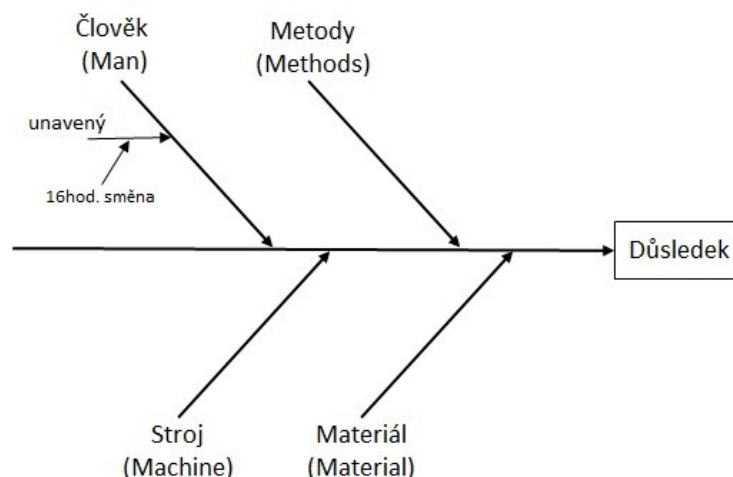
Níže uvedené nástroje se řadí k metodám Six Sigma a ke statistickým metodám. Samotná metoda Six Sigma je založena právě na statistických metodách. Lze je samozřejmě používat i v jiných oblastech, např. pomocí diagramu příčina a následků hledat důvod vysoké fluktuace zaměstnanců. (Svozilová, 2011) Pomocí diagramu příčin a následků není nutné řešit pouze negativní či problematické situace. Tento diagram je možné využít i pro řešení příčin u pozitivních situací, např. když dojde v průběhu měsíce ke skokovému zlepšení v produktivitě na jedné výrobní operaci. Stejně tak je pro tento problém či příznivý vývoj možné využít metodu „5krát proč“. Tato metoda je vhodná pro hledání kořenové příčiny dané situace (ať už pozitivní či negativní).

2.1 Diagram příčin a následků

Ishikawův diagram (pojmenování podle autora), diagram rybí kost (název podle vzhledu) nebo diagram příčin a následků – různá pojmenování jednoho nástroje. Je nedílnou součástí metody Six Sigma. Tento nástroj je vhodné použít tam, kde při řešení následků očekáváme více příčin. (Miller, 2016) Podle Blecharze (2015) je až s podivem, kolik společností (ale také lidí v běžném životě) řeší až nastalé důsledky, a vůbec se nezabývá jejich příčinami.

2.1.1 Postup sestavení diagramu

- Do „hlavy“ rybí kosti se vepíše důsledek.
- Jednotlivé „kosti“ ryby pak představují hlavní příčiny (zpravidla se jedná o 4-6 hlavních příčin z oblastí – lidé, stroj, materiál, prostředí, metody).
- Pomocí brainstormingu se vepisují nápady k jednotlivým příčinám (ty se dále dělí na podříčiny).
- Následně se z diagramu odstraní duplicity, příp. příčiny, které nemají přímou souvislost.
- vyhodnocení významnosti jednotlivých příčin může proběhnout pomocí bodování nebo např. přes Paretovu analýzu.



Obrázek 5 – Diagram příčin a následků (vlastní zpracování podle Blecharz, 2015, s. 86)

Při sestavování diagramu si lze pomoci jednoduchým, ale velmi účinným nástrojem „5krát proč“. Tento nástroj je možné použít u každé větve a pomocí něj tak hledat jednotlivé příčiny a podpříčiny.

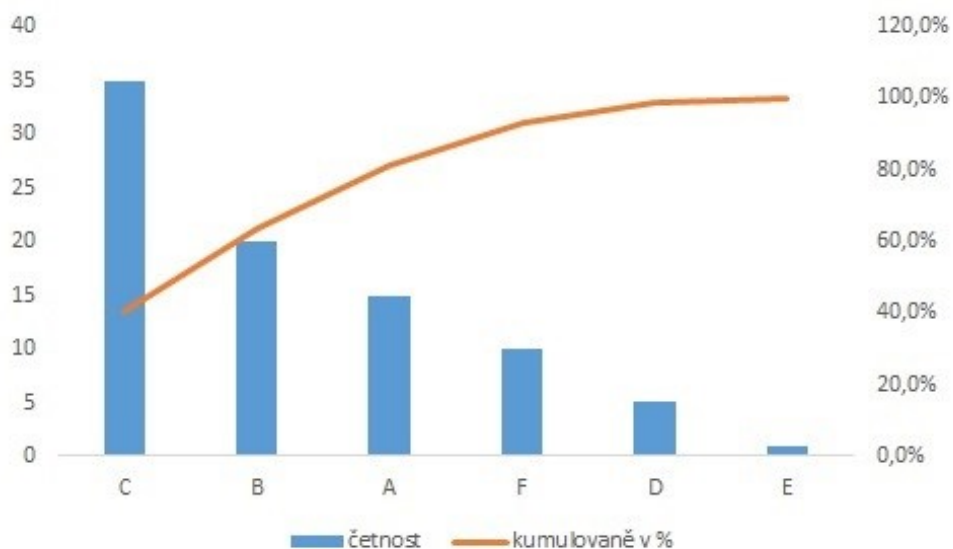
2.2 Paretův diagram

Paretův diagram vychází z Paretovy analýzy, pojmenované po italském ekonomovi Vilfredo Paretovi. Ten ve své době *objevil, že 80 % bohatství Italů vlastní pouze 20 % lidí.* (Blecharz, 2015, s. 88) V. Pareto tedy definoval, že 80 % následků je způsobeno pouhými 20 % příčin.

Pro Paretovu analýzu je (stejně jako i u ostatních analýz) velmi důležité zvolit vhodné ukazatele u daných zkoumaných jednotek. Jednotky je možné označit jako závažné. Podle Kožíška (2015, s. 124) *závažné příčiny nebo jednotky vyšetřujeme jednotlivě jako hlavní nositele potenciálních příčin zkoumaného jevu. Nevýznamné příčiny nebo jednotky zkoumáme globálně jako celek.*

2.2.1 Postup sestavení diagramu

- Rozdělení shromážděných dat do vybraných kategorií.
- Přiřazení četnosti výskytu k jednotlivým kategoriím.
- Seřazení položek od největší po nejmenší.
- Vypočtení procentuálního podílu a kumulovaného procentuálního podílu.
- Vytvoření skupinového sloupcového grafu (osa x – analyzovaná položka, osa y – četnost), a vytvoření spojnicového grafu, ten vyjadřuje kumulativní podíl znázorněný Lorenzovou křivkou. (Svozilová, 2011)



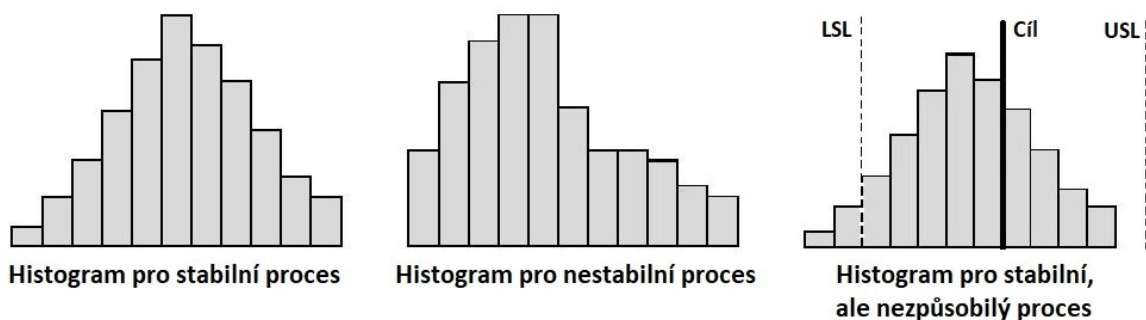
Graf 1 - Paretův diagram (vlastní zpracování podle Svozilová, 2011, s. 158)

2.3 Histogram

Podle Svozilové (2011) histogram pomáhá graficky znázorňovat rozložení dat vůči nastavené cílové hodnotě. Jeho výhodou je při velkém množství dat také přehlednost, kterou postrádá uspořádání dat v tabulce.

Stejně tak dle Walkera (2013, s. 86) *se histogram používá pro znázornění toho, jak jsou jednotlivé výsledky kolem nějakého rozpětí rozptýleny.*

Pro vyhodnocení histogramu, v případě analýzy dat z procesu, je nutné znát cílovou hodnotu, a dále také mít stanovenou horní a dolní specifikační mez (USL a LSL). Znázorněno na obrázku 6 v případě histogramu pro stabilní, ale nezpůsobilý proces. V případě, že se jedná o stabilní proces, má histogram tvar zvonu a kopíruje tzv. Gaussovu křivku. Histogram také *pomáhá odpovědět na otázku, nakolik je proces schopen pokrýt potřeby zákazníka.* (Svozilová, 2011, s. 196)



Obrázek 6 – Varianty histogramů (vlastní zpracování podle Blecharz, 2015, s. 90)

Walker (2013) upozorňuje, že je důležité, aby se jednotlivé sloupce v histogramu dotýkaly. Je to základní rozdíl mezi klasickým sloupcovým grafem a histogramem.

3 SPC – STATISTICKÉ ŘÍZENÍ PROCESŮ

SPC (Statistical Process Control) – statistické řízení procesů – s tímto nástrojem jsou velmi úzce spojena dvě jména. Walter Andres Shewhart je autorem grafu, který se stal základem stávajících procesů kontroly kvality. Druhým jménem je William Edwards Deming, který výrazným způsobem přispěl k rozvoji statistických metod zejména v době svého působení v Japonsku v padesátých letech minulého století. (Svozilová, 2011)

V procesně řízení organizace je tato metoda využívána ve velké míře. Lze ji využívat jak pro řízení, tak pro optimalizaci procesů, zejména těch výrobních. Pomocí této metody, která využívá regulačních diagramů, je možné odhalit trendy a případné problémy. (Kovářík, 2013)

Podle Nenadála (2018, s. 129) lze za základní cíle SPC považovat předcházení jak přeregulování procesu, tak jeho nedostatečné regulaci. Stejně jako Kovářík (2013) uvádí i Nenadál (2018), že pomocí SPC je možné odhalit nestandardní průběh a reakce procesu. Umožňuje také vytvoření podmínek pro hodnocení způsobilosti procesu a jeho další zlepšování. (Nenadál, 2018, s. 130)

3.1 Regulační diagram

Jak uvádí Montgomery (2009, s. 29), regulační diagram je jedním ze základních prvků statistického řízení procesů. Každý regulační diagram má střední hodnotu (CL), a horní a dolní kontrolní limit (UCL a LCL).

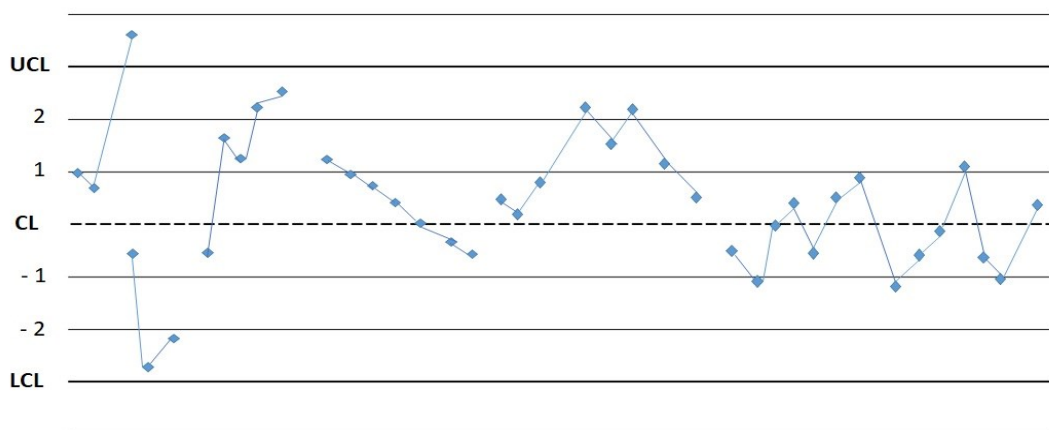
- CL (Central Line) – centrální příčka - obvykle se jedná o střední hodnotu procesu.
- UCL (Upper Control Limit) – horní regulační mez – je umístěna ve vzdálenosti $+3\sigma$ od CL.
- LCL (Lower Control Limit) – dolní regulační mez – je umístěna ve vzdálenosti -3σ od CL.

Dále se v regulačním diagramu znázorňují USL a LSL, což je horní a dolní specifikační mez.

Před zavedením regulačního diagramu je potřeba provést mimo jiné výběr správného typu diagramu, který závisí od sledované (měřené, počítané) veličiny

Následně probíhá sběr dat a jejich záznam do regulačních diagramů. Dalším krokem je pak samotná regulace. Jedná se o určení (výpočet) regulačních mezí. Pomocí regulačních dia-

gramů je možné identifikovat nestandardní situace (jejich případné znázornění je zakresle-
no na grafu 2). U nestandardních situací je nutné nalézt jejich kořenovou příčinu, navrhnout
nápravná opatření. Ta spočívají jednak v odstranění této příčiny a také v zajištění, aby již
nedošlo k jejímu zopakování. Dalším krokem v tomto koloběhu opakujících se činností je
ověření, zda nápravná opatření byla skutečně účinná. Opět probíhá sběr dat a případný
výpočet nových regulačních mezí. Tento výpočet se má provádět opravdu jen v nezbytně
nutných případech souvisejících například se změnou materiálu, způsobu měření atp. (Ko-
vářík, 2013)



Graf 2 - Příklady indikací nesplnění podmínek statistické kontroly procesu (vlastní zpracování podle Svozilová, 2011, s. 216)

Jestliže proces vykazuje některou z níže popsaných situací, nesplňuje podmínky SPC:

- jeden nebo více záznamů je mimo horní nebo dolní regulační mez;
- dva nebo tři záznamy jdoucí po sobě jsou mimo 2σ od CL;
- čtyři nebo pět výsledků měření se nachází mimo 1σ od CL;
- šest nebo více po sobě jdoucích záznamů má vzestupnou nebo sestupnou tendenci;
- osm nebo více záznamů po sobě jdoucích je pouze na jedné straně od CL;
- patnáct nebo více záznamů po sobě jdoucích je střídavě na jedné nebo druhé straně od CL do vzdálenosti 1σ .

Je nutno dodat, že regulační diagram nehodnotí způsobilost procesu jako takovou, ale vypovídá o jeho statistické stabilitě. V případě, že vykazuje některou ze znázorněných situací na grafu 2 je statisticky nestabilní. (Svozilová, 2011)

Pro zavedení a používání regulačních diagramů podle Kovářika (2013) hovoří řada přínosů:

- jako účinný nástroj pomáhají rozpoznat kolísání procesu;
- odhalí existenci zvláštních příčin;
- napomáhají procesu pracovat ve shodě s požadavky a dělají tak proces předpověditelným;
- umožňují procesu dosažení vyšší jakosti za nižších nákladů;
- objektivně informují o výsledcích provedených zásahů;
- jsou nástrojem pro srovnání výkonů, výsledků procesů mezi jednotlivými směny, zařízeními atd.

Aby bylo možné využít všechny výhody regulačních diagramů, je při jejich sestrojování zapotřebí dodržet základní předpoklady. Jedině tak budou mít diagramy skutečnou vypovídající hodnotu.

Regulační diagram zaujímá při statistickém řízení procesu významnou roli a je jednou z podmínek pro sledování způsobilosti procesu, jak je uvedeno v podkapitole 3.2.1.

3.1.1 Předpoklady pro konstrukci regulačního diagramu měřením

Jak uvádí Kovářik (2013), pro zavedení regulačních diagramů hovoří mnoho výhod. Aby bylo možné tyto přínosy využívat v plné míře, je nutné při konstrukci regulačního diagramu měřením dodržet obecné předpoklady:

- normální rozdělení dat;
- konstantní střední hodnota procesu i směrodatná odchylka
- nezávislá, nekorelovaná data z procesu.

K autokorelaci dat může dojít z více příčin, např. velmi mnoho záznamů dat – vyskytuje se zejména při automatické sběru dat. Důvodem může také být záměrné padělání dat způsobené opisováním předchozích hodnot. Jestliže se nepodaří zdroje porušení některého z předpokladu vyloučit, je vhodné uvažovat o použití jiného typu regulačního diagramu. (Michálek, 2012)

3.2 Způsobilost procesu

Jednou z důležitých oblastí kvality je měření procesu, jehož součástí je i hodnocení způsobilosti procesu. Způsobilostí procesu rozumíme schopnost trvale dosahovat předem stano-

vená kritéria kvality. (Blecharz, 2015) Způsobnost procesu je také označována jako míra schopnosti procesu plnit požadavky zákazníka (poměr toho, co zákazník chce (jeho specifikace) a toho, co proces ve skutečnosti produkuje (jeho variability). (Svozilová, 2011) K hodnocení způsobilosti procesu se využívají indexy způsobilosti (Potencial Capability). Níže uvedené indexy způsobilosti bývají také označovány jako krátkodobé indexy způsobilosti.

3.2.1 Indexy způsobilosti C_p , C_{pk} a C_{pm}

Indexy způsobilosti slouží k porovnání reálného procesu s tím, jak byl technologicky nadefinován. V dnešní době bývají hodnoty těchto indexů vyžadovány zákazníky vzhledem k vypovídající hodnotě ve vztahu ke kvalitě.

Pro vyhodnocení způsobilosti procesu pomocí těchto indexů musí být splněny dvě základní podmínky:

- proces musí být *statisticky zvládnutý* (využití regulačních diagramů);
- rozdělení sledovaných hodnot musí být označeno za *normální rozdělení*. Graficky lze toto provést například pomocí histogramu. Dále pak existují testy pro ověření normality dat, které jsou součástí statistických programů. Testy se vybírají např. podle velikosti výběrového souboru. Jako příklad lze uvést Chí-kvadrát test dobré shody, Shapiro – Wilk (SW), Kolmogorov – Smirnov - Lilienfors (KSL) aj. Například SW test ověření normality se používá do počtu 2 000 dat, KSL test pro ověření normality dat při větším množství hodnot než 2 000. Pro zjištění normálního rozdělení je důležité mít dostatek dat, odstranit z nich odlehlé hodnoty (tzv. outliers) a použít vhodný test normality. (Noskievičová, 2000) V těchto případech se používá tzv. *testování hypotéz*. Normální rozdělení se označuje jako nulová hypotéza H_0 . Jako alternativní hypotéza se označuje H_1 . Tato hypotéza říká, že data nepocházejí z normálního rozdělení. Výsledek testu se vyhodnocuje podle výsledné p-hodnoty. V případě, že je p-hodnota vyšší než stanovená α (hladina významnosti testu), přijímáme H_0 , tedy že data pocházejí z normálního rozdělení. Jestliže je p-hodnota menší než α , pak H_0 zamítáme. Výsledkem tedy je, že data pocházejí z jiného než normálního rozdělení.

Index způsobilosti C_p porovnává rozložení na měřených hodnotách vůči specifikaci zákazníka. Zjednodušeně lze říci, že index C_p udává, kolikrát se normální rozdělení vejde do $\pm 3\sigma$. Výpočet se provede podle uvedeného vzorce (1).

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (1)$$

Index způsobilosti C_{pk} pak ukazuje to, jak je daný proces vycentrován. Opět lze zjednodušeně říci, že index způsobilosti C_{pk} pak říká, kolikrát se normální rozdělení vejde do 3σ . Pro výpočet se pak užívá uvedený vzorec (2).

$$C_{pk} = \min\left\{\frac{USL - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right\} \quad (2)$$

Jestliže je střední hodnota mimo střed specifikace, potom $C_p > C_{pk}$. Jestliže je střední hodnota ve středu specifikace, pak $C_p = C_{pk}$.

Pouze v případě, že indexy způsobilosti C_p a $C_{pk} \geq 1,33$, je zpravidla proces považován za způsobilý.

Dalším z řady indexů je **index způsobilosti C_{pm}** , tzv. Taguchiho index. Ten je koeficientem schopnosti blízkosti k cíli specifikace a je definován jako níže uvedený vztah rovnice (3).

T v tomto vzorci odkazuje na specifikační cíl. (© NCSS, LLC)

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \quad (3)$$

4 ZAVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Jak již bylo v úvodu zmíněno, dnešní doba vyvíjí velký tlak na to, aby společnosti nezůstaly ve vývoji svých výrobků a procesů stát na místě. V teoretické části jsou mimo jiné uvedeny metody a nástroje, které k tomu společností mohou výrazně pomoci.

Procesní přístup a práce na neustálém zlepšování procesů korporacím skýtá možnost získávat konkurenční výhodu. Ať už se jedná o oblast technologie nebo výroby, získání konkurenční výhody má pro korporaci pozitivní dopad v oblasti ekonomické.

V praktické části jsou některé z těchto metod použity pro analýzu vybraného výrobního procesu s cílem o pozitivní dopad do všech výše uvedených oblastí.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ZÁKLADNÍ INFORMACE O SPOLEČNOSTI

Společnost ON Semiconductor Czech Republic, s.r.o. patří mezi největší a nejvýznamnější výrobce a dodavatele křemíkových desek a čipů na světě. V žebříčku hodnocení těchto dodavatelů zaujímá v posledních letech nejvyšší příčky. Společnosti se tohoto postavení podařilo dosáhnout neustálým zlepšováním svých produktů a v neposlední řadě také vývojem produktů nových.

Široké portfolio polovodičových součástek, které společnost nabízí, nachází v dnešní elektronické době uplatnění v mnoha v oblastech. Jedná se například o automobilový průmysl (řízení airbag systému, řízení stahování oken, atd.), v počítačové a průmyslové technice, spotřební a lékařské elektronice, ale i v dalších oblastech.

5.1 Základní údaje

Obchodní firma:	ON SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC, s.r.o.
Sídlo:	1. máje 2230, 756 61 Rožnov pod Radhoštěm
Identifikační číslo:	268 21 532
Právní forma:	Společnost s ručením omezeným
Datum vzniku a zápisu:	19. listopadu 2003
Spisová značka:	C27652 vedená u Krajského soudu v Ostravě
Základní kapitál:	540 000 000,- Kč
Předmět podnikání:	Výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona. Výroba nebezpečných chemických látek a nebezpečných chemických směsí a prodej chemických látek a chemických směsí klasifikovaných jako vysoce toxické a toxické. Nákup a prodej, půjčování, vývoj, výroba, opravy, úpravy, uschovávání, skladování, přeprava, znehodnocování a ničení bezpečnostního materiálu.

(Ministerstvo spravedlnosti České republiky © 2012 – 2015)

5.2 Historie společnosti

Společnost ON Semiconductor Czech Republic, s.r.o. vznikla fúzí dvou společností (TESLA SEZAM – výroba polovodičových čipů a TEROSIL – výroba křemíku) v roce 2003. Obě společnosti za sebou měly dlouhou historii v oblasti polovodičové výroby a ve své době byly součástí bývalého státního podniku TESLA. TESLA roku 1989 zaměstnávala v Rožnově pod Radhoštěm 8 500 zaměstnanců a vyráběla barevné obrazovky, polovodičové materiály a součástky a mnoho jiných komponentů. Roku 1992 došlo k rozdělení státního podniku na 16 menších společností (mezi nimi byly i společnosti TESLA SEZAM a TEROSIL). (ON Semiconductor, © 1999 – 2019)

Historické milníky:

- 1996 – dosažení výrobní kapacity 2 000 ks 4" křemíkových desek (\varnothing 100 mm) s čipy za týden
- 2007 – vytažení prvního 8" krystalu (\varnothing 200 mm)
- 2008 – konverze desek z průměru 100 mm na 150 mm
- 2013 – expanze výroby křemíkových desek průměru 150 a 200 mm
- 2016 – kvalifikace SOI technologie (Silicon-On-Insulator)
- 2017 – expanzní projekty pro významné zvýšení výrobní kapacity (ON Semiconductor, interní zdroj)

5.3 Společnost ON Semiconductor Czech Republic aktuálně

Jak je výše uvedeno, společnost sídlí v Rožnově pod Radhoštěm, a je součástí nadnárodního koncernu. Jedná se o jednoho z nejvýznamnějších zaměstnavatelů v regionu. Aktuálně společnost v Rožnově pod Radhoštěm zaměstnává více než 1 700 zaměstnanců ve výrobě křemíku a čipů. Dalších 300 zaměstnanců zaměstnává návrhové středisko také v Rožnově. Toto středisko také spadá pod koncern, stejně jako další návrhové středisko integrovaných obvodů v Brně s více než 150 zaměstnanci. Součástí výroby křemíku a čipů jsou i podpůrné úseky s interními procesy jako je personalistika či ekonomické oddělení. (ON Semiconductor, © 1999 – 2019)

Aktuálně se společnost zabývá expanzními projekty. První projekt byl odstartován roku 2017 a v lednu 2019 došlo k jeho úspěšnému dokončení. Spočíval v nákupu nových zařízení, a tím i zaváděním nových technologických procesů. Tato zařízení jsou umísťována nejen do stávajících výrobních prostor, ale i do nových budov, jejichž nákup či rekonstruk-

ce jsou součástí expanzních projektů. Začátek dalšího z projektů je naplánován na březen 2019. Opět se bude jednat o rozšíření výrobních prostorů a nákupy nových zařízení.

Vzhledem k různým požadavkům na čistotu prostředí v jednotlivých fázích výroby produktů, jsou výrobní prostory společnosti rozděleny do různých tříd čistoty. Od šedých výrobních prostor, přes prostory čisté až po prostory super čisté. V šedých prostorách se nacházejí mechanické výrobní procesy, které nemají vysoké požadavky na čistotu a regulaci prostředí. Společnost má také jasně definován pracovní oděv do všech prostor, stejně tak používání ochranných pracovních pomůcek. Používání ochranných pracovních pomůcek nesouvisí pouze s požadavky na kvalitu produktu, ale v první řadě se vždy jedná o ochranu zdraví pracovníků. K tomu se společnost zavazuje certifikátem OHSAS 18001:2007 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci. Společnost ON Semiconductor Czech Republic s.r.o. je držitelem také těchto certifikátů:

- ISO 9001:2008 Systémy managementu kvality
- ČSN ISO/TS 16949:2009 Systémy managementu kvality – Zvláštní požadavky na používání ISO 9001:2008 (požadavky pro návrh, vývoj, sériovou výrobu, instalaci a servis produktů v automobilovém průmyslu)
- ISO 14001:2004 Systém ochrany životního prostředí
- ISO 26262 norma zaměřená na funkční bezpečnost výrobků obsahujících elektronické, elektrické nebo softwarové součásti. (ON Semiconductor, © 1999 – 2019)

5.4 Střediska divize CZ2 – výroba křemíku

Společnost má v Rožnově pod Radhoštěm dvě divize, a to CZ2 – výroba křemíku a CZ4 – výroba čipů. Součástí divize CZ2 jsou celkem 4 střediska – tažení, řezání, leštění a epitaxe. Složením středisek se jedná v oboru výroby křemíkových desek o unikum, a to z toho důvodu, že téměř žádná společnost na světě nemá takto ucelený proces výroby. Společnost je specifická nejen tímto, ale také sortimentem výrobků, resp. množstvím vyráběných typů křemíkových desek.

Divize CZ2 – výroba křemíku se dále dělí na jednotlivá střediska.

- **Středisko tažení** – na tomto středisku se z polykrystalického křemíku táhne Czo-chralského metodou monokrystal křemíku.
- **Středisko řezání** – po povrchové úpravě monokrystalu se na tomto středisku provádí jeho řezání na jednotlivé desky. Ty jsou následně zpracovávány na jednotli-

vých výrobních operacích, kde je upravován jak povrch, tak okraj křemíkových desek. Desky mají jako poslední operaci na tomto středisku zařazeno měření a vizuální kontrolu.

- **Středisko leštění** – kromě leštění samotného se na tomto středisku křemíkové desky čistí v chemických lázních a je na nich také prováděna vizuální kontrola a měření.
- **Středisko epitaxe** – na jednodeskových a vícedeskových reaktorech se na tomto středisku zpracovávají leštěné křemíkové desky. Zařízení se využívají pro růst epitaxní vrstvy (tenké krystalické vrstvy na povrchu substrátu).



Obrázek 7 - Výrobky a proces vybraných středisek CZ2 (interní zdroj)

5.5 Vývoj tržeb

Společnost ON Semiconductor Czech Republic, s.r.o. patří, jak bylo již výše zmíněno, k předním výrobcům křemíkových desek. Nemalý podíl na vzestupu na žebříčku dodavatelů v posledních letech má skutečnost, že své výrobky dokáže vyrobit přesně podle požadavků zákazníků, včetně velmi složitých produktů, kterou jsou na polovodičovém trhu unikátní. Další úspěchy společnost dosáhla po zavedení výroby křemíkových desek o průměru 200 mm. Z grafu 3 je možné vidět, že za posledních 10 let se společnosti podařilo své tržby téměř zdvojnásobit.



Graf 3 – Vývoj tržeb společnosti 2008 – 2017 (vlastní zpracování)

6 KŘEMÍKOVÁ DESKA

Jak již bylo výše zmíněno, křemíková deska (SiD) slouží jako základ pro výrobu čipů. Aktuálně společnost vyrábí desky ve dvou velikostech, a to 6" desky o průměru 15 cm, a 8" desky o průměru 20 cm. Každá zpracovávaná sada je ve společnosti vedena se dvěma základními identifikačními údaji:

- **PartID** – např. W652B00T2, G86B00JS – toto označení si v sobě nese v systému zadané pořadí výrobních operací produktu. Má takto vytištěnou papírovou průvodku, podle které zpracování probíhá.
- **LotID** – např. TJ37082.1X – jedinečné označení vygenerované systémem, pod kterým je produkt vedený. V systému se uchovávají informace o tom, na jakých zařízeních a v jakých časech byl daný produkt zpracováván.

6.1 Výrobní proces křemíkových desek

Výrobní proces křemíkových desek je technologicky velice náročný. U každého konkrétního partu je rozdílný čas zpracování. Zjednodušeně lze říci, že nejjednodušší produkt odchází ze střediska řezání do 24 hod od zahájení zpracování, u nejsložitějších partů je počítáno cca 60 hod. Velikost zpracovávaných oběžníků se pohybuje od 100 do 500 ks (záleží na vstupní délce krystalu a tloušťce řezané desky), to samozřejmě ovlivňuje délku času potřebného pro zpracování.

Celkově se na středisku řezání nachází 9 výrobních lokací a na nich je umístěno celkem 19 různých výrobních operací. Uspořádání dílen je podle zpracování produktu. Dílny na začátku procesu jsou umístěny v šedých prostorech, tedy místech, kde není měřena třída čistoty vzduchu. Jedná se o mechanické procesy (broušení, řezání, zaoblení, lapování). Další výrobní procesy se již nachází v prostorech s řízenou čistotou vzduchu, tzv. čistých prostorech. Jedná se o chemické procesy (leptání, depozice) a výrobní operace vizuální kontroly a měření.

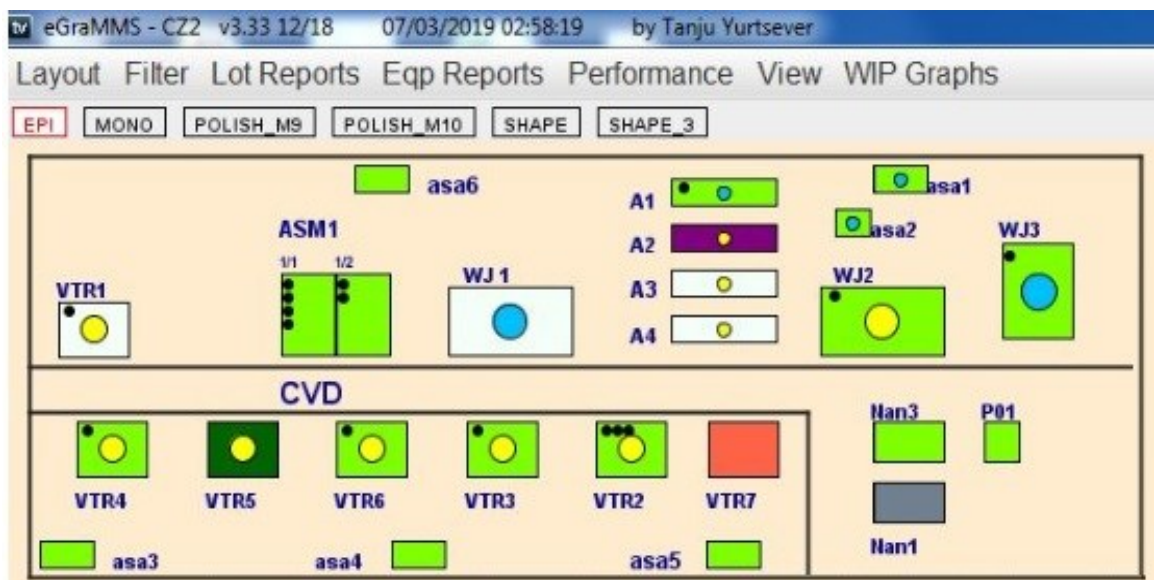
7 ANALÝZA VYBRANÉHO VÝROBNÍHO PROCESU

V současné době se společnost čím dál více zaměřuje na výrobu 8" křemíkových desek. Poptávka po tomto produktu v posledních měsících výrazně narůstá. Výhodou 8" SiD proti 6" je výrazně menší množství odpadního materiálu při výrobě čipů. Poptávka je samozřejmě stále i po 6" křemíkových deskách. V obou případech je zájem zejména o desky s chemickými depozicemi, zvláště pak u 8" produkce. Proto je analýza zaměřena na jeden výrobní proces dílny s označením CVD.

7.1 Popis vybraného výrobního procesu – depozice APCVD

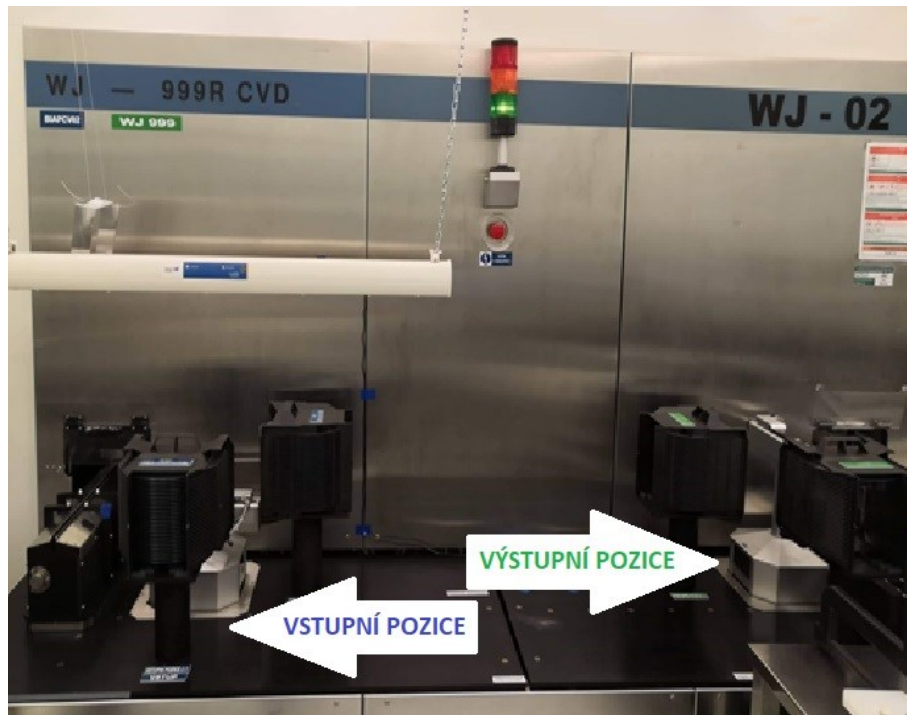
Podle podkapitoly 1.1 lze tento proces jednoznačně zařadit mezi interní procesy, které jsou plně pod kontrolou společnosti. Jedná se o plánovaný technologický proces s jasnými pracovními postupy. Stejně tak lze tento proces označit jako klíčový (hlavní), přidávající výrobku hodnotu.

Jak je znázorněno na obrázku 8, na dílně se nachází celkem 16 zařízení. Analýza je pak zaměřena na zařízení o značení Watkin Johnson 1 (WJ1), WJ2 a WJ3. Tato zařízení jsou v interní eskalační matici označena jako kritická zařízení.



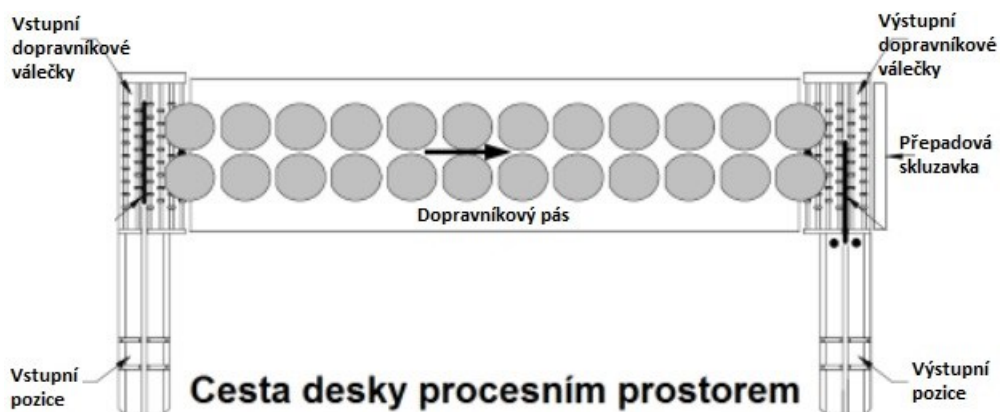
Obrázek 8 - eGramms - layout dílny CVD (interní zdroj)

Zařízení Watkin Johnson (viz obrázek 9) patří do skupiny zařízení, které nanášejí chemickou vrstvu. Jedná se o nanášení vrstvy oxidu z plynné fáze za přispění atmosférického tlaku. Odtud i zkratka pro označení výrobní operace – APCVD.



Obrázek 9 – Zařízení WJ2 (vlastní zpracování)

Pro lepší představu výrobního procesu je přiloženo schéma cesty desky procesním prostorem znázorněné na obrázku 10. SiD procesem putují na dopravníkovém pásu ze vstupních do výstupních pozic. V zakrytované části (viz obrázek 9) pak probíhá depozice samotná.



Obrázek 10 – Cesta desky procesním prostorem (interní zdroj)

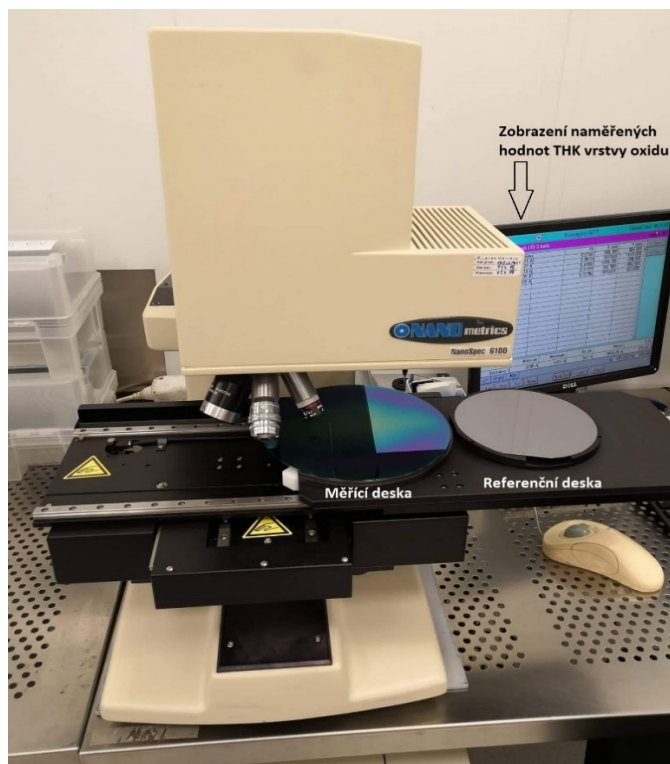
Zařízení WJ1 a WJ2 jsou totožná (typ 999R), WJ3 je jiný typ zařízení s označením Watkin Johnson 1000. Jedná se o novější model. Zařízení WJ3 je primárně určeno pro zpracování 8" produkce, to je doloženo i rozborem produkce. Výsledky tohoto rozboru jsou znázorněny na diagramech na obrázku 13. Šestipalcová produkce se zaměřuje na zařízení WJ1 a WJ2. Další základní rozdíly daných zařízení jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 - Základní rozdíly zařízení WJ1,2 a 3 (vlastní zpracování)

	WJ1, WJ2	WJ3
Provádění úpravy rychlosti pásu operátorem	ano	ne
Rozdílná vstupní a výstupní pozice	ano	ne

7.1.1 Výrobní postup

Na příslušné zakládací pozice se vloží zásobníky s měřicími deskami. V případě 6" produkce se jedná o 2 SiD, v případě 8" produkce je to 1 deska. Jedná se o leštěné desky, tedy desky s vysoce lesklým povrchem. Na těch se pak na zařízení NanoSpec pomocí lomu světla měří nanosená tloušťka (THK) vrstvy oxidu. Měřicí zařízení je vidět na obrázku 11.



Obrázek 11 - Měřicí zařízení NanoSpec (vlastní zpracování)

Měření samotné probíhá v 5 bodech desky, které jsou přesně definovány v měřícím programu. Tyto hodnoty se zobrazí na monitoru u měřícího zařízení a operátor je přepíše do připravené tabulky v Excelu - viz tabulka 2. Celkově tedy zapíše na začátku procesu 10 naměřených hodnot. Dále se do této tabulky zapíše datum, lot, produkt, použité injekto-ry, program. Název programu obsahuje i THK vrstvy, která se deponuje. Tzn. program VY7000A znamená, že na výrobní desky je deponována oxidová vrstva o tloušťce 7000 Å. Dále se do tabulky zapisuje velmi důležitá informace BS (Belt Speed), což je rychlost pásu. Pomocí rychlosti pásu se reguluje nanášená tloušťka oxidu (čím je pás pomalejší, tím silnější vrstva se nanáší – deponuje).

Tabulka 2 - CVD logbook pro zapisování hodnot THK oxidu (interní zdroj)

4	Datum	Lot	Product	Injekto	Progran	Profil	BS	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5
29	12.03.2019	TJ37719.1N	W6791B00	123	VY7000A	RO440E	5,65	7084	7263	6945	7015	7266
30	12.03.2019	TJ37720.1H	W6791B00	123	VY7000A	RO440E	5,65	6870	6882	6830	6907	7020
32	12.03.2019	TJ37964.1F	H64B00J	123	VY7000A	RO440E	5,65	7204	7439	7078	6995	7303
33	11.03.2019	TJ38126.1J	B62B00T	123	VY7000A	RO440E	5,65	7082	7184	7327	7263	7499
34	11.03.2019	TJ37711.1A	H66B00JSA	123	VY7000A	RO440E	5,65	6890	7151	6865	7019	7192

Na základě naměřených hodnot se v tabulce 2 automaticky vypočítají průměry pro danou desku a také variabilita vrstvy. Na základě vypočtených hodnot průměru pak operátor vyhodnotí, zda vrstva splňuje předepsanou specifikaci. V případě, že je odklonění od stanoveného cíle větší nebo rovno 200 Å, je nutné provést úpravu rychlosti pásu. A to v případě posunu nahoru i dolů od cílové hodnoty. Korekci rychlosti pásu je možné provést v rozmezí $\pm 0,01$ až 0,3 ipm. (12MON68345E, ON Semiconductor 2017). Pro výpočet BS se používá rovnice (4):

$$\text{Rychlost pásu} = (\text{aktuální průměr THK oxidu} / \text{požadovaná THK oxidu}) * \text{aktuální BS} \quad (4)$$

Na základě výsledku se upraví na zařízení rychlost pásu. Pustí se výrobní desky. Na konci zpracovávaného lotu se opět založí měřící desky. Postup je stejný jako na začátku procesu. Jestliže se nemění výrobní program, považují se konečné naměřené hodnoty také za počáteční dalšího výrobního lotu.

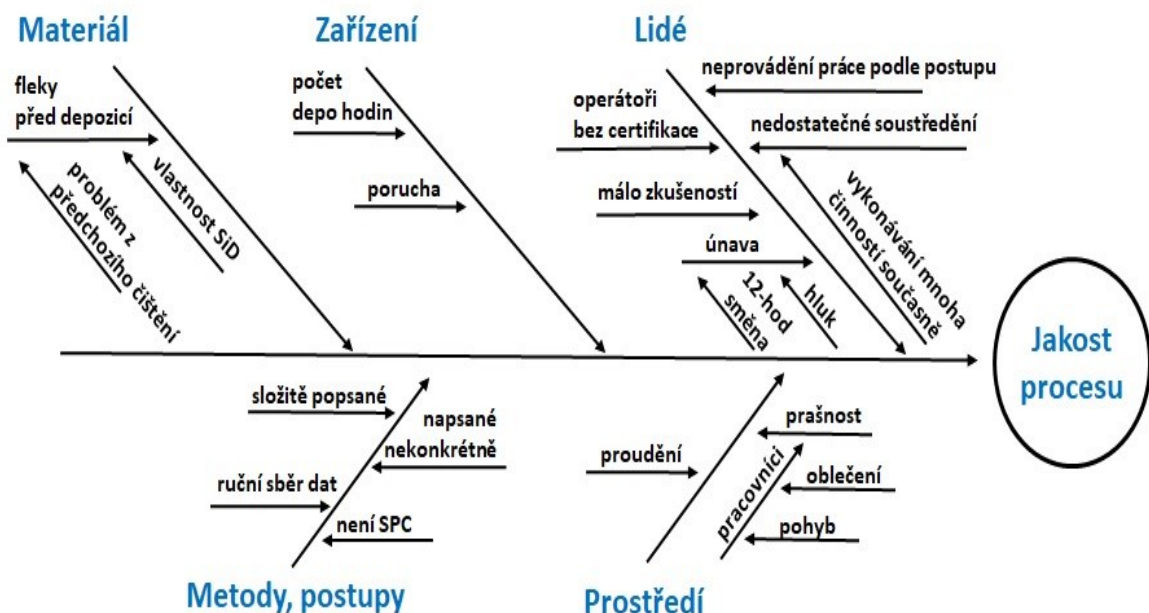
7.2 Ishikawův diagram – jakost procesu

Při rozboru jakosti procesu na obrázku 12 byly do hlavních žebek Ishikawova diagramu vybrány nejvýznamnější oblasti. Jak je uvedeno v podkapitole 2.1, u jakosti procesu je patrné, že zde působí vliv více faktorů z každé oblasti.

- **Materiál** – v oblasti materiálu byl jako jeden faktor ovlivňující jakost procesu identifikován problém fleků na deskách před depozicí. Tento problém může mít dvě příčiny. Může se jednat o problém čištění, které je předchozí výrobní operací. V takovém případě je rozhodnutí o dalším postupu výhradně v kompetenci technologa. Je nutné identifikovat problém na předchozí operaci a desky dát znovu vyčistit. Rozhodnutí technologa stojí i za dalším postupem v případě výskytu fleků, které souvisejí s vlastnostmi odporu zpracovávaných desek. V takovém případě je možné dát desky znovu přečistit, případně provést naorientování SiD tak, aby fleky byly na opačné straně, než je prováděna depozice.
- **Zařízení** – v této oblasti byl jako jeden nejvýznamnější faktor jakosti procesu určen počet depo hodin. Stanovený limit pro zařízení WJ1 a WJ2 je 60 tzv. depo hodin. Pro zařízení WJ3 je limit 50 depo hodin. Po dosažení stanoveného limitu následuje na zařízení preventivní údržba – záležitost pro servisní skupinu. Jako druhý výrazný vliv v oblasti zařízení byl shledán problém poruch.
- **Lidé** – oblast, u které bylo jednoznačně identifikováno nejvíce faktorů, které ovlivňují kvalitu procesu. Jedná se zejména o nedostatečně kvalifikované pracovníky. Dalším významným činitelem v oblasti lidí je skutečnost, že nejsou práce prováděny podle pracovních postupů. Kvalitu procesu také dokáže výrazně ovlivnit nesoustředěnost pracovníků. Ta je negativně ovlivněna únavou, na které se podepisují 12-ti hodinové směny a také zvýšená hladina hluku na pracovišti. Jednoznačně do kategorie ovlivňující kvalitu pracovníků lze také zařadit špatné rozdělení pracovních úkolů operátorům.
- **Metody, postupy** – jako jeden z faktorů ovlivňujících kvalitu procesu je možné označit složitě popsané pracovní postupy. Stejně tak může mít negativní dopad na

kvalitu procesu ruční sběr dat. Jedná se o velké množství dat, a je tak snadné udělat při zapisování chybu. V současné době není proces řízen pomocí SPC.

- **Prostředí** – zařízení Watkin Johnson jsou umístěna v tzv. čistých prostorách. Jedná se tedy o prostory s řízenou čistotou vzduchu (povolené množství prachových částic) a také přesně definovaným pracovním oblečením pro operátory. Stejně tak jsou ve společnosti jasně popsána pravidla pro pohyb v čistých prostorách. Z toho je tedy možné vyvodit, že i lidský faktor může ovlivnit pracovní prostředí. Což je znázorněno i na obrázku 12.



Obrázek 12 - Ishikawův diagram - jakost procesu (vlastní zpracování)

7.3 Rozložení výrobní produkce na zařízeních WJ

V tabulce 3 jsou uvedeny používané výrobní programy a počty použití těchto programů na zařízeních v období leden a únor 2019. Z tabulky je patrné, že u programu VY7000A dochází k jeho velmi častému používání. Celkem byl použit za zvolené období 142krát. Jeho časté využívání je také důvodem, proč byl tento program zvolen pro analýzu procesu.

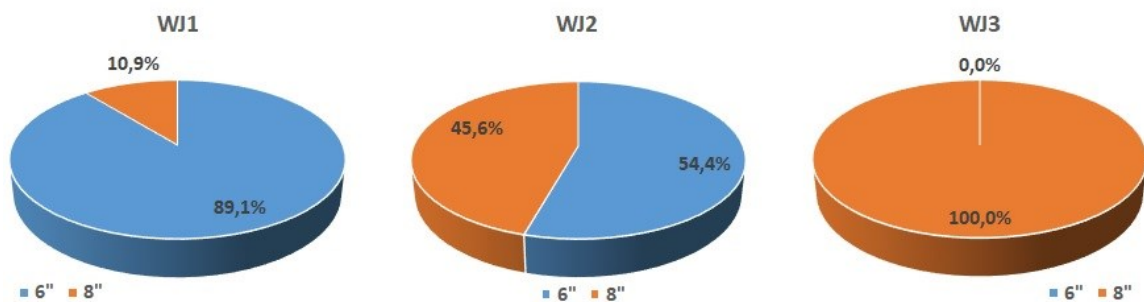
Výrobní program VY7000A je nahrán na zařízeních WJ1 a WJ2. Jak je uvedeno v podkapitole 7.1.1, jedná se o výrobní program, při jehož nastavení se na výrobní desky deponuje (nanáší) vrstva oxidu o tloušťce 7000 Å.

Tabulka 3 - Výrobní programy a počty použití za období 1-2/2019 (vlastní zpracování)

Výrobní program	Ø SiD	WJ1	WJ2	WJ3
VY3500A	8"	7	61	121
VY4000A	8"	8	27	98
VY5000A	8"	6	11	69
VY7000A	6"	93	49	-
VY7500A	6"	-	7	-
VY9000A	6"	27	44	-
VY11000A	6"	15	6	-
VY11500A	6"	37	12	-

Další část procesní analýzy v podkapitole 7.6 je zaměřena na využití zařízení WJ3. Na tomto zařízení se zpracovávají výhradně 8" produkty. To je patrné jak z výrobních programů uvedených v tabulce 3, tak z rozložení 6" a 8" produkce. Rozložení produkce je znázorněno na obrázku 13.

Využitelnost zařízení WJ1, WJ2 a WJ3 - produkce 6" vs. 8"



Obrázek 13 - Využitelnost zařízení WJ1, WJ2 a WJ3 – produkce 6" vs. 8" (vlastní zpracování)

7.4 Rozdělení dat, ověření normality

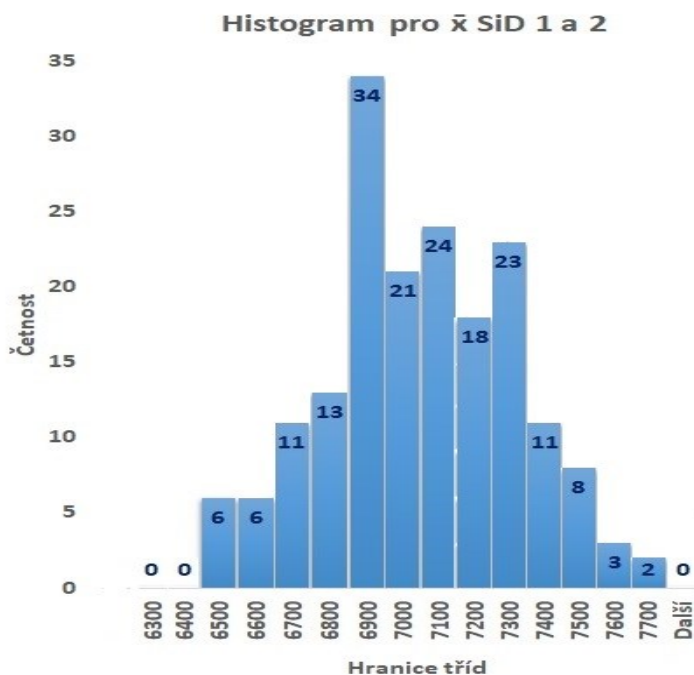
Jak je uvedeno tabulce 3, pro 6 " výrobu je nejčastěji používaným programem VY7000A. Pro ověření rozdělení dat, resp. zda se jedná o normální rozdělení, je možné použít mimo jiné grafické znázornění pomocí histogramu. Je popsáno v podkapitole 2.3 Histogram a v kapitole 3 SPC – statistické řízení procesu.

7.4.1 Histogram

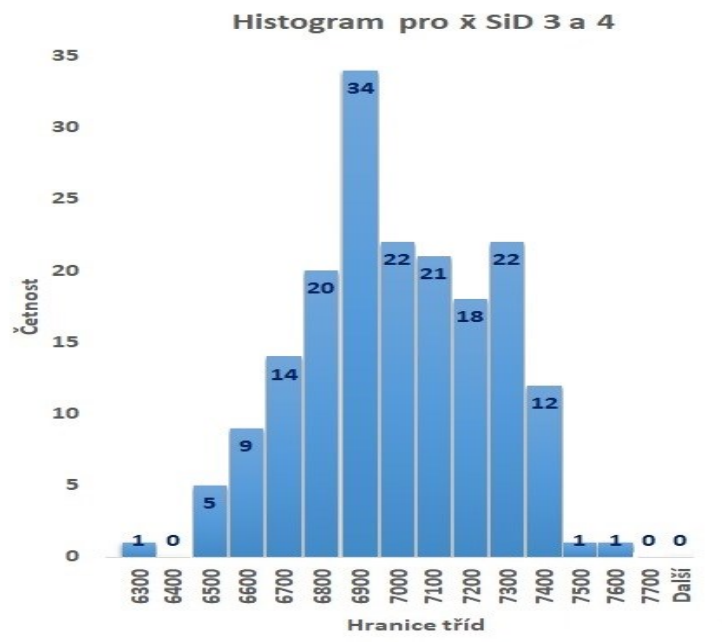
Na základě zaznamenaných dat z měření THK vrstvy oxidu pro tento výrobní program byly sestrojeny histogramy pro průměry MD. Podle průměrů ze SiD č. 1 a 2, eventuálně podle průměrů ze SiD č. 3 a 4, se provádí případná korekce rychlosti pásu.

Pro sestrojení histogramů jsou zadány hranice tříd odpovídající specifikačnímu rozpětí, tj. od 6 300 do 7 700 Å, odstupňováno po 100 Å.

Z grafů 4 a 5 je patrné, že dochází k odklonu od stanovené cílové hodnoty. Nejčastěji je zastoupená hodnota 6 900 Å, která však ještě podle pracovního postupu není důvodem ke korekci rychlosti pásu. Stejně tomu je u hodnoty 7 100 Å. I zde ještě není podle stanovených pravidel důvod ke korekci.



Graf 4 - Histogram pro \bar{x} SiD 1 a 2 (vlastní zpracování)



Graf 5 - Histogram pro \bar{x} SiD 3 a 4 (vlastní zpracování)

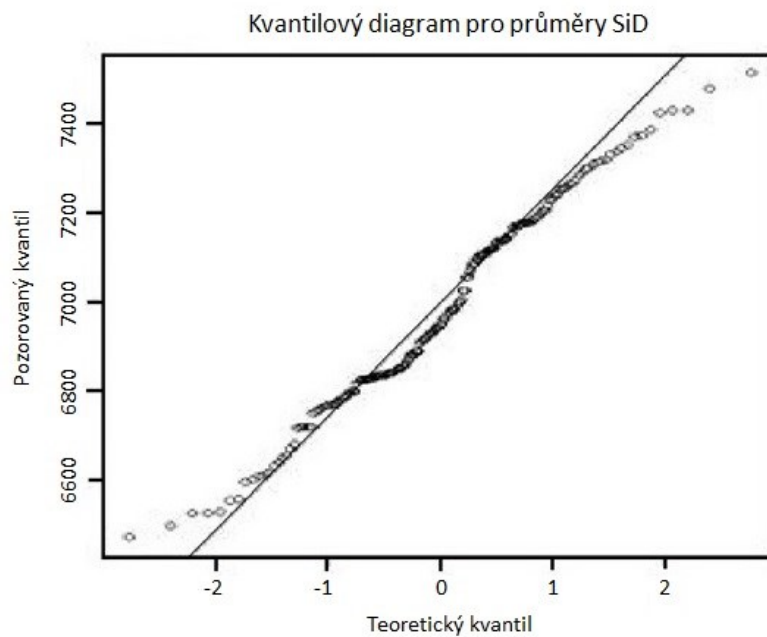
Podle tvaru histogramů je možné rozdělení dat označit za normální. Cílová hodnota 7 000 však není zastoupena v největším počtu, znamená to tedy, že proces není vycentrován.

Kontrolou zaznamenaných dat bylo zjištěno, že korekce rychlosti pásu není prováděna ve všech případech, které udává pracovní postup, jak je uvedeno v podkapitole 7.1.1 Výrobní postup. Z celkového počtu 180 měření za sledované období byla korekce rychlosti pásu použita 18krát. Podle zaznamenaných hodnot však mělo dojít ke korekci pásu, ať už na začátku nebo na konci zpracování, celkově v 51 případech. To znamená, že rozdíl v provádění počtu korekcí činí 33 zásahů. V některých případech korekce rychlosti pásu provedena byla, ale nebyla dostatečná. S největší pravděpodobností nebyl proveden výpočet a úprava byla provedena pouze podle odhadu. Případně byl výpočet proveden nesprávně.

7.4.2 Kvantilový diagram

Ověření normální rozdělení bylo také provedeno pomocí kvantilového diagramu – viz graf 6. Tedy porovnání očekávaných a naměřených hodnot pomocí kvantilů.

Do toho grafu byly zaneseny všechny hodnoty průměru SiD, tedy průměry ze SiD 1 a 2, a také průměry ze SiD 3 a 4. I z tohoto grafu lze označit rozdělení dat za normální. Opět je také možné vidět, že je proces odkloněn od stanovené specifikace 7 000 Å.



Graf 6 – Kvantilový diagram pro průměru SiD (vlastní zpracování)

7.4.3 Testování hypotéz

Další ověření normálního rozdělení dat bylo provedeno pomocí automatického testu ve statistickém programu JMP.

V tomto případě se jedná o testování hypotéz za pomoci stanovení hladiny významnosti testu α , jak je popsáno v podkapitole 3.2.1. Hladina významnosti testu α byla stanovena na 5 %, tedy $\alpha = 0,05$.

Goodness-of-Fit Test		\bar{x} SiD 1 a 2
Shapiro-Wilk W Test		
W	Prob<W	
0,990394	0,2696	
Note: Ho = The data is from the Normal distribution. Small p-values reject Ho.		

Goodness-of-Fit Test		\bar{x} SiD 3 a 4
Shapiro-Wilk W Test		
W	Prob<W	
0,985661	0,0629	
Note: Ho = The data is from the Normal distribution. Small p-values reject Ho.		

Obrázek 14 – Ověření normality dat v JMP (vlastní zpracování)

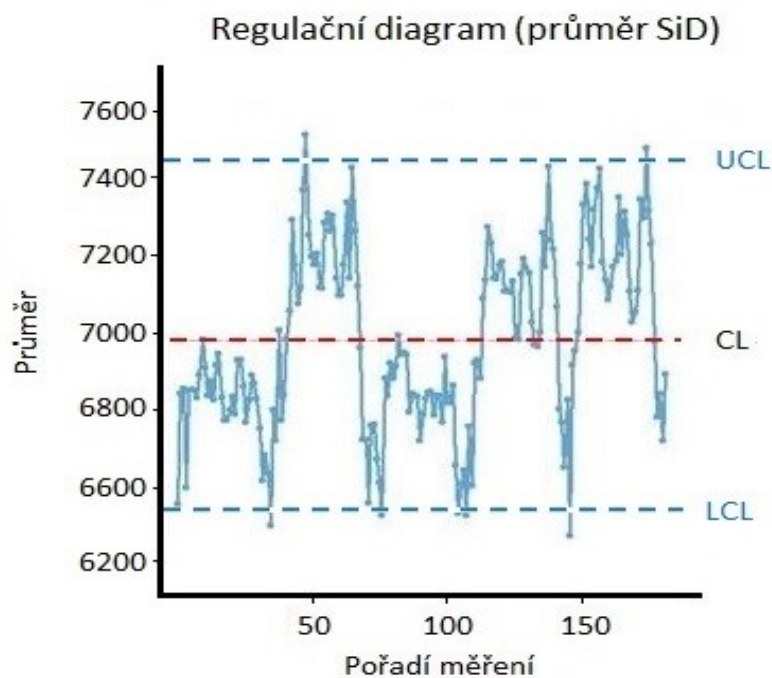
Na obrázku 14 jsou výsledky ověření normálního rozdělení dat ze statistického programu JMP. Program provedl ověření pomocí Shapiro-Wilk W testu.

Pro \bar{x} SiD 1 a 2 má α hodnotu 0,2696. Je tedy vyšší než stanovená hladina významnosti $\alpha = 0,05$. Znamená to tedy, že přijímáme nulovou hypotézu a data pocházejí z normálního rozdělení.

Pro \bar{x} SiD 3 a 4 je opět výsledná hodnota vyšší než 0,05 a platí tedy stejný závěr. Přijímáme nulovou hypotézu, která potvrzuje, že data pocházejí z normálního rozdělení.

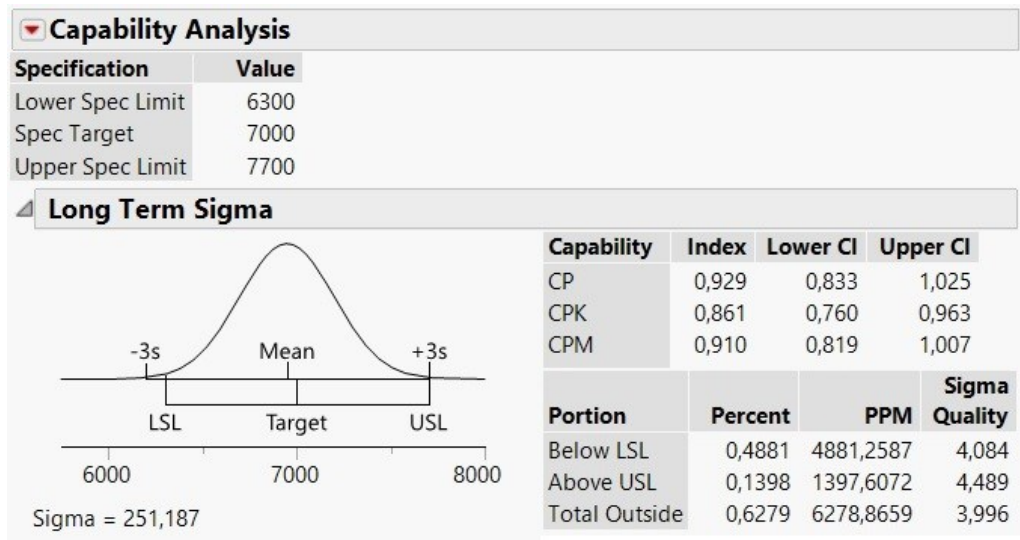
7.4.4 Regulační diagram

Druhou podmínkou je statistické zvládnutí procesu za využití regulačního diagramu. Graf 7 zobrazuje regulační diagram pro APCVD THK 7 000 Å. Znárodnění dat na jedné straně od CL je možné považovat za tzv. false alarm. Tedy signál, že data mohou být ovlivněna například autokorelací. Proto byl proveden test autokorelace pomocí Durbin Watsonova testu. Hodnota testového kritéria byla blízko hodnotě 2. Proces tedy vykazuje autokorelaci 1. řádu. To znamená, že každá hodnota je ovlivněna hodnotou předchozí. Pro regulační diagram je nutné dodržet podmínky z podkapitoly 3.1.1. Použití korelovaných dat je porušením jedné z uvedených podmínek.



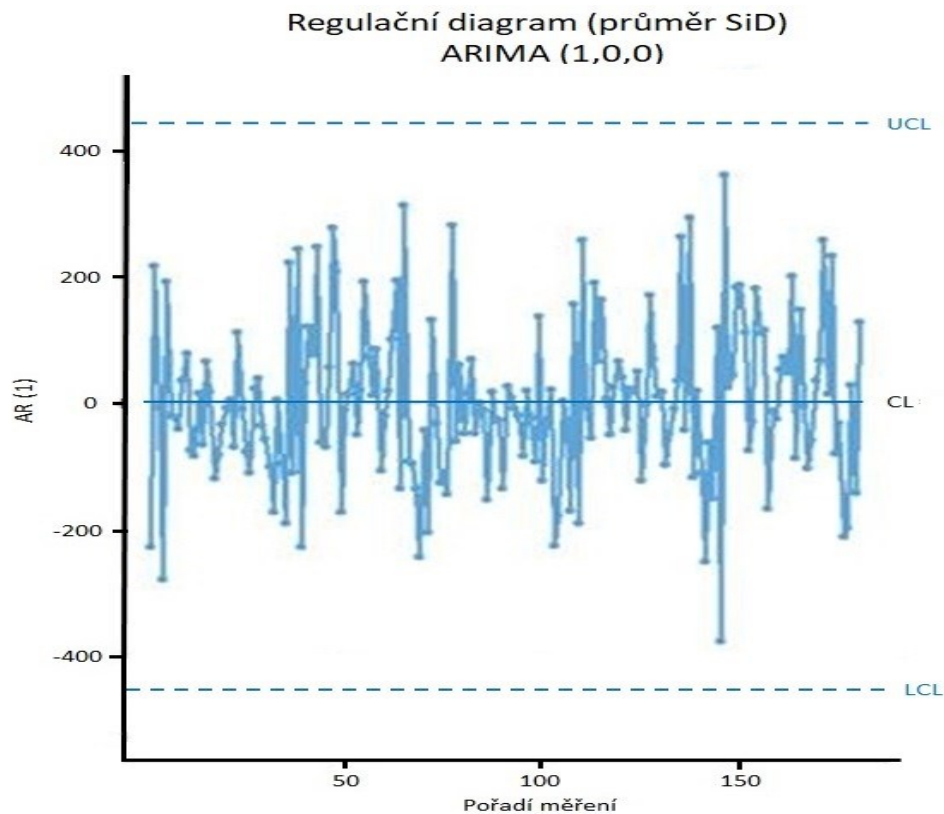
Graf 7 – Regulační diagram (průměr SiD) (vlastní zpracování)

Dalším problémem jsou v případě použití autokorelovaných dat nevyhovující hodnoty indexů způsobilosti – viz obrázek 15. Ani jedna hodnota indexů C_p , C_{pk} a C_{pm} se nepřibližuje obecně stanovené hranici 1,33, kdy je možné proces považovat za způsobilý.



Obrázek 15 - Hodnoty indexů způsobilosti v JMP – autokorelovaná data
(vlastní zpracování)

Na základě nevyhovujících výsledků u průměrového regulačního diagramu bylo provedeno očištění dat od autokorelace pomocí modelování časové řady ARIMA (1,0,0) – viz graf 8. Graf ARIMA (1,0,0) je označován jako AR(1), tedy autoregrese prvního řádu. Podle hodnot zapsaných v závorkách se jedná o ovlivnění současné hodnoty časové řady hodnotou předchozí jeden krok zpět.



Graf 8 - Regulační diagram (průměr SiD) ARIMA (1,0,0) (vlastní zpracování)

Graf 8 je tedy možné označit za vhodný typ regulačního diagramu pro statistické řízení procesu APCVD.

V současné době však pro tento výrobní proces není statistické řízení procesu využíváno.

7.5 Způsobilost procesu

Pro stanovení způsobilosti procesu, resp. výpočtu indexů způsobilosti procesu, je potřeba splnění dvou podmínek – viz podkapitola 3.2.1.

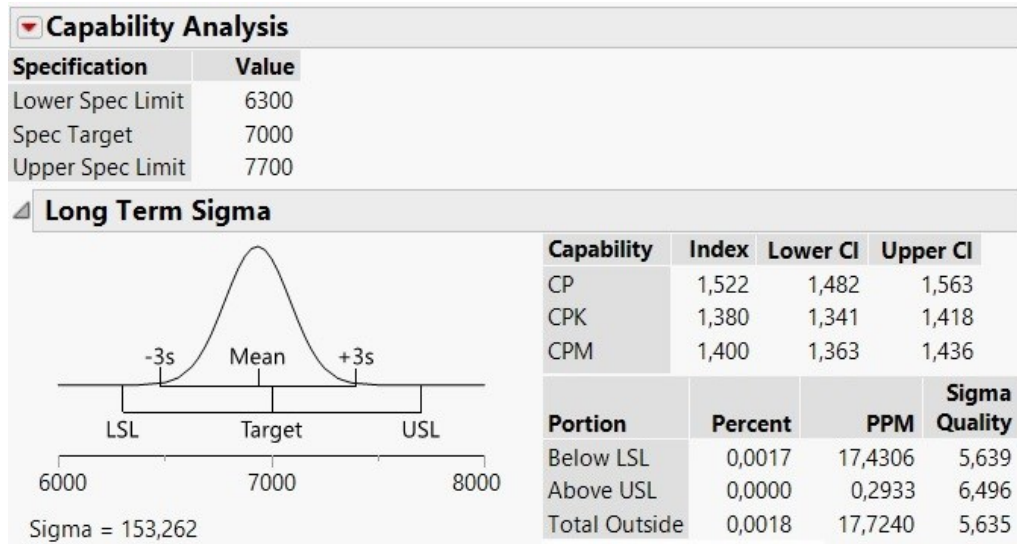
Ověření normálního rozdělení bylo provedeno v podkapitole 7.4. Stejně jako ověření statistické způsobilosti procesu pomocí regulačního diagramu.

7.5.1 Indexy způsobilosti procesu

Po splnění podmínek statistického zvládnutí procesu a normálního rozdělení dat je možné provést výpočet indexů způsobilosti procesu.

Výpočty výsledků zobrazených na obrázku 16 byly provedeny ve statistickém programu JMP. Pro výpočet bylo nutné z naměřených hodnot odstranit tzv. outliers, tedy odlehlé

body. Ty mohly být způsobeny například chybou měření nebo lidskou chybou při přepisování dat. V případě neodstranění by byly příčinou zkreslených výsledků indexů způsobilosti.



Obrázek 16 - Hodnoty indexů způsobilosti (vlastní zpracování)

Výsledný index způsobilosti procesu C_p má hodnotu 1,522. Proces pro THK vrstvy 7 000 Å je tedy možné označit za způsobilý.

Výsledné hodnoty indexů způsobilosti $C_{pk} = 1,380$ a $C_{pm} = 1,400$ pak dokazují, že proces je způsobilý, ale je odkloněn od stanovené cílové hodnoty 7 000 Å.

Pro lepší přehlednost je porovnání indexů způsobilosti uvedeno v tabulce 4. Je zde viditelně znázorněn rozdíl v hodnotách indexů v případě, kdy je proveden výpočet z dat ovlivněných autokorelací 1. řádu a výpočet z dat očištěných od autokorelace.

Tabulka 4 - Porovnání indexů způsobilosti C_p , C_{pk} a C_{pm} (vlastní zpracování)

Index způsobilosti	Hodnota při autokorelovaných datech	Hodnota po očištění od autokorelace
C_p	0,929	1,522
C_{pk}	0,861	1,380
C_{pm}	0,910	1,400

7.6 Využití výrobní kapacity zařízení WJ3

Pro analýzu využití výrobní kapacity je zařízení WJ3 zvoleno z důvodu uvedeného v tabulce 1. Konkrétně je myšlen rozdíl v možnosti regulace rychlosti pásu operátorem. Na zařízení WJ3 tato možnost pro operátory není zpřístupněna.

Analýza stavů zařízení je provedena na základě dat o stavech zařízení z interní databáze Report Master. Databáze umožňuje vygenerování dat o stavech zařízení za různá období, která jsou v systému předdefinována. Uživatel si může zadat i vlastní časové rozpětí. Pro analýzu využití stavu zařízení jsou využita data za období leden a únor 2019. Databáze také nabízí export dat do Excelu, což umožňuje s daty dále pracovat.

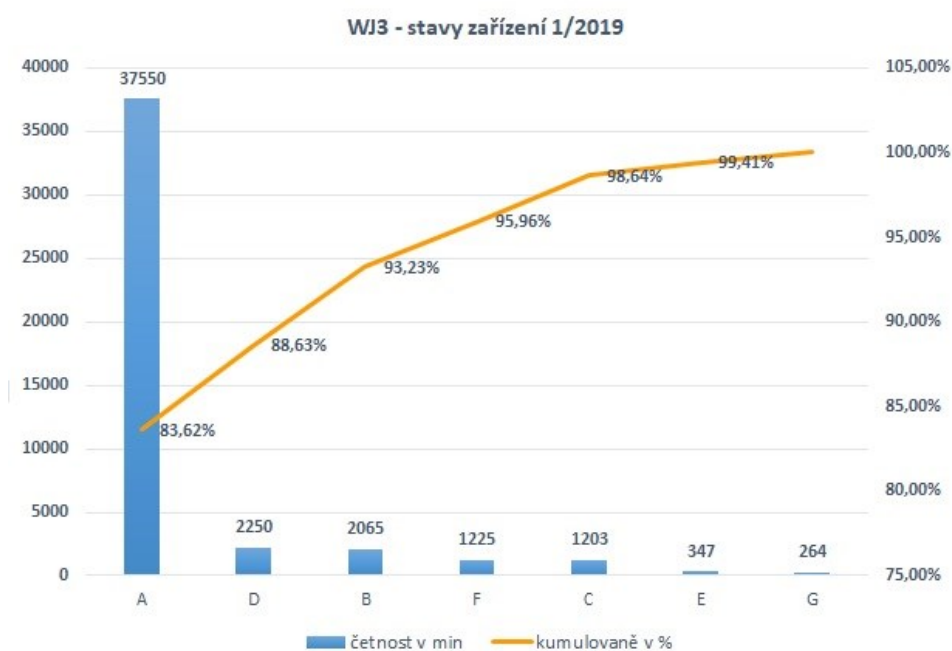
Pomocí Paretova diagramu, popsaného v podkapitole 2.2, je stanovena provozní doba zařízení v %, která odpovídá jednotlivým stavům zařízení definovaných v tabulce 5. Následně jsou stavy zařízení seřazeny sestupně podle stanovených procent stavu zařízení. Dalším krokem je provedení kumulovaného součtu procent u jednotlivých stavů zařízení. Na základě všech těchto údajů jsou pak sestrojeny grafy 10 a 11.

Tabulka 5 - Stavy zařízení WJ3 pro Paretoův diagram (vlastní zpracování)

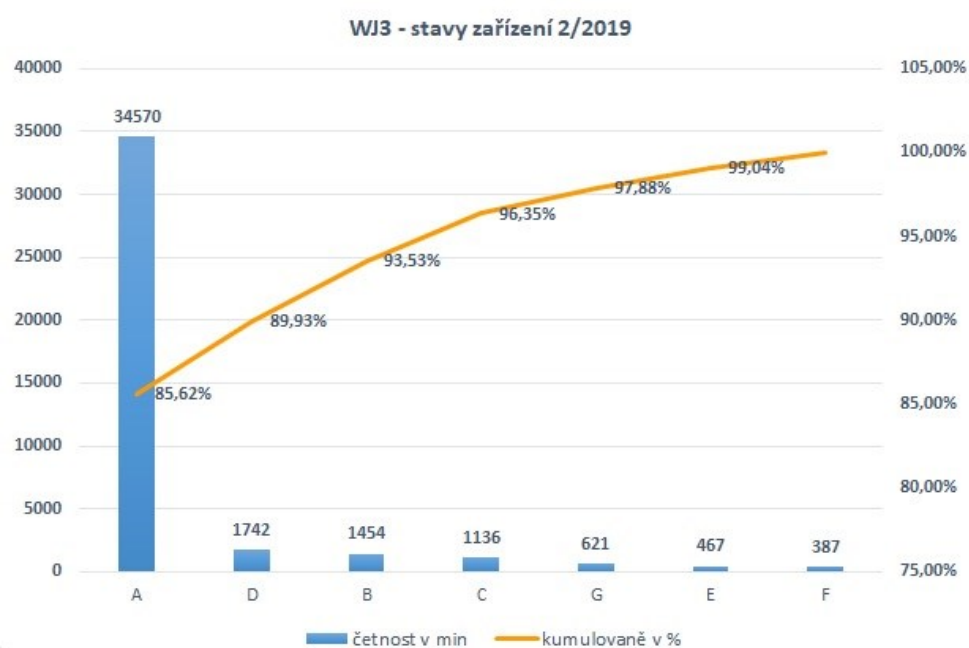
Označení v diagramu	Stav zařízení
A	výroba
B	ladění
C	poruchy, opravy
D	čekání na PÚ, PÚ
E	není operátor
F	čekání na technologa
G	testy

Výsledky Paretovy analýzy jsou znázorněny na grafech 9 a 10, kde Lorenzova křivka zobrazuje kumulativní součet procent stavů zařízení. Sloupce pak zobrazují dobu stavu zařízení (uvedenou v min).

V obou případech ladění skončilo na třetím místě za produkcí a čekáním na preventivní údržbu a PÚ samotnou. V měsíci lednu 2019 se jednalo o 4,60 % a v lednu 3,60 % z doby sledovaných stavů zařízení.



Graf 9 – Paretův diagram – WJ3 stavy zařízení 1/2019 (vlastní zpracování)



Graf 10 – Paretův diagram – WJ3 stavy zařízení 2/2019 (vlastní zpracování)

V obou měsících byly také analyzovány výsledky ladění. Výsledkem je, že ani v jednom z případů ladění nebyly výsledky nevyhovující (ve smyslu mimo specifikaci).

8 SOUHRN ZJIŠTĚNÝCH NEDOSTATKŮ

Při zpracování analýzy bylo využito metody DMAIC a byly již provedeny tyto kroky z cyklu:

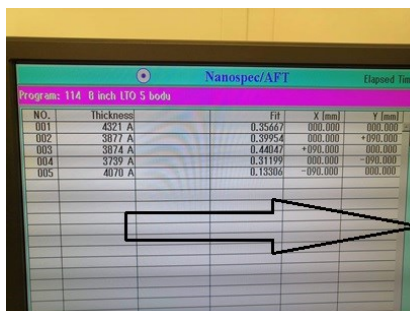
- Define (definovat) - způsobilost procesu APCVD, využití výrobní kapacity WJ3;
- Measure (měřit) - měření THK vrstvy, zaznamenávání stavů zařízení;
- Analyse (analyzovat) - analýza definovaného procesu zpracovaná v kapitole 7.

Na základě výše popsaných kroků jsou nejvýznamnější nedostatky popsány v podkapitolách 8.1, 8.2, 8.3 a 8.4.

Zpracovanou analýzu je možné přiřadit také k metodě PDCA (Plan, Do, Check, Action) popsané v podkapitole 1.3.1.

8.1 Ruční sběr dat a ladění programu na zařízení WJ1 a WJ2

V současné chvíli zařízení pro měření THK vrstvy oxidu neumožňuje automatický sběr dat. Jedná se o starší typ zařízení, který nelze propojit s žádným dalším systémem. Aktuálně tedy probíhá sběr dat ručně. Na obrazovce zařízení se zobrazí naměřené hodnoty a ty operátor ručně přepíše do pracovního souboru v Excelu s názvem CVD_LogBook – viz obrázek 17.



Zapiš všechny hodnoty do prázdného prvního řádku a pak zmáčkní tlačítko:										Uložení měření	
Datum	Lot	Product	Injektory	Program	Profil	BS	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5
17.03.2019	TJ38351.2J	W52100	1234	VY4000A	TE440C82	8,5	4285	4399	4061	4096	4290
17.03.2019	TJ37558.54J	W52100	1234	VY4000A	TE440C82	8,5	4275	4314	3984	4123	4204
17.03.2019	TJ38210.1L	W822B01	1234	VY4000A	TE440C82	8,5	4275	4314	3984	4123	4204
17.03.2019	TJ38393.3R	W822B01	1234	VY4000A	TE440C82	8,5	4448	4148	4403	4042	3865
17.03.2019	TJ38393.3R	W822B01	1234	VY4000A	TE440C82	8,5	4448	4148	4403	4042	3865
17.03.2019	TJ38434.3A	W822B01	1234	VY4000A	TE440C82	8,5	4211	4320	4412	4352	4102

Obrázek 17 - Přepisování dat z měření NanoSpec do Excelu (vlastní zpracování)

Tento postup je možné považovat za problematický minimálně ze dvou důvodů:

- existuje možnost lidské chyby v přepisování čísel, což ovlivní výslednou vypočítanou hodnotu. Chybná hodnota zkusí případnou úpravu výrobního programu.
- přepsání hodnot proběhne korektně a bude tedy správný i výpočet, který bude odpovídat pokynům zásahu do rychlosti pásu. Operátor však korekci neprovede.

8.2 Nižší hodnota indexů způsobilosti C_p , C_{pm}

Hodnoty indexů způsobilosti procesu $C_p = 1,38$ a $C_{pm} = 1,40$ ve vztahu k indexu $C_p = 1,522$ pak dokazují, že proces není správně vycentrován a je odchýlen od cílové hodnoty. Pravděpodobnou příčinou tohoto odklonění je neprovádění korekcí programu pomocí rychlosti pásu. To je vidět i v tabulce 6, kdy čtyři záznamy jdoucí po sobě splňovaly podmínky pro zásah do programu, resp. rychlosti pásu (BS). Korekce rychlosti pásu se má provádět v případě odklonu od stanovené cílové hodnoty (7 000 Å) v mezích ± 200 Å. Přesto tato korekce nebyla provedena, což dokazuje stále stejná rychlost pásu zapsaná ve formuláři.

Tabulka 6 - Záznamy měření THK vrstvy oxidu (interní zdroj)

Datum	LotID	PartID	Výrobní program	BS	\bar{x} SiD 1	\bar{x} SiD 2	\bar{x} SiD 3	\bar{x} SiD 4
14. 2.	TJ36892.1A	G76B00J	VY7000A	6	6 738	6 822	6 752	6 880
14. 2.	TJ36859.1F	G76B00J	VY7000A	6	6 803	6 788	6 738	6 822
14. 2.	TJ36146.1N	H66B00JA	VY7000A	6	6 579	6 553	6 803	6 788
14. 2.	TJ35882.1W	H56B00JA	VY7000A	6	6 721	6 717	6 579	6 553

8.3 Chybějící statistické řízení procesu (SPC)

V současné době není u daného výrobního procesu používáno statistické řízení procesu, to znamená, že není využíván ani regulační diagram. Přitom pro zavedení hovoří mnoho výhod z toho plynoucích. Tyto výhody jsou popsány v podkapitole 3.1.

8.4 Nevyužitá výrobní kapacita zařízení WJ3

Jak bylo uvedeno v přechozí kapitole, zařízení WJ3 nedisponuje možností ladění výrobního programu operátorem. Přesto se tento stav zařízení vyskytuje na třetí přičce z osmi sledovaných stavů v obou analyzovaných měsících (leden a únor 2019).

Celkově bylo zařízení WJ3 v ladění 3 519 min, tj. téměř 59 hod. Tento čas lze jednoznačně zařadit do jednoho z osmi druhů plýtvání, a to do čekání, prostojů. Důvodem k tomuto závěru je fakt, že všechny případy ladění vyhovují specifikaci. V daných měsících zde neproběhl zásah do programu ani ze strany technologie. To znamená, že ladění má 100% úspěšnost a do programu nejsou prováděny zásahy. Jestliže se u zařízení WJ3 počítá s výrobní kapacitou 50 ks 8" SiD za hodinu, nebylo za sledované období vyrobeno 2 950 ks 8" výrobních desek.

9 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ VÝROBNÍHO PROCESU

V případě závěrů analýzy výrobního procesu, popsanych v kapitole 8, je možné navrhnout zlepšení. Nejedná se o radikální změny. Z toho důvodu se nedají zpracované návrhy zařadit do oblasti reengineeringu. Návrhy lze zařadit do metody kontinuálního zlepšování i metody Six Sigma, které jsou popsány v podkapitole 1.3.

Návrhy na zlepšení výrobního procesu jsou dalším krokem v DMAIC cyklu, a to:

- Improve (zlepšit) - zavedení elektronického sběru dat, automatická úprava výrobního programu na zařízeních WJ, zavedení SPC pro proces APCVD, zvýšení hodnoty indexů způsobilosti, změna pracovního postupu u zařízení WJ3.

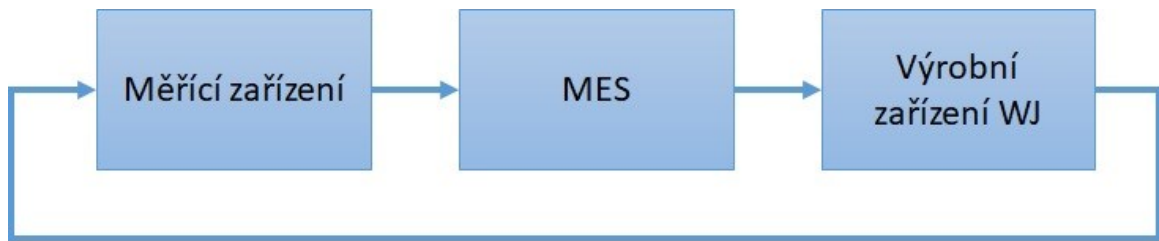
9.1 Zavedení elektronického sběru dat

Zavedení elektronického sběru dat je podmíněno nákupem zařízení, které by tuto možnost nabízelo. Pro vyloučení chyb lidského faktoru se jeví tato varianta jako nejvhodnější. I současný trend Industry 4.0 vybízí k digitalizaci a automatizaci, což má vést nejen k eliminaci lidských chyb, ale taky časovým úsporám. I z tohoto důvodu by byl nákup nového měřicího zařízení vhodnou volbou.

9.2 Automatická úprava výrobního programu na zařízeních WJ

Jak je zmíněno v podkapitole 9.1, je v dnešní době často diskutován a v některých společnostech již i hojně uplatňován, průmyslový trend Industry 4.0. Jednou jeho součástí je i zavedení automatizace procesů ve větší míře. Tento trend by bylo možné uplatnit při zakoupení nového měřicího zařízení i pro automatickou úpravu výrobního programu na zařízeních WJ. Při rozboru jakosti procesu pomocí Ishikawova diagramu byl lidský faktor identifikován jako jeden z významných vlivů. I proto se automatická úprava jeví jako vhodné řešení.

Proces automatické úpravy by mohl probíhat na základě schématu znázorněného na obrázku 18. Měřicí zařízení odešle naměřené hodnoty do MESu (výrobního informačního systému). Na základě vyhodnocení hodnot systém zadá zařízení pokyn ke korekci rychlosti pásu. Zařízení tedy provede korekci automaticky. Případně systém vyšle pokyn ke spuštění výroby (jestliže korekce rychlosti pásu není nutná). Existuje zde samozřejmě zpětná vazba mezi výrobním zařízením WJ a měřicím zařízením.



Obrázek 18 – Schéma návrhu na automatickou změnu výrobního programu
(vlastní zpracování)

Druhou možností, pro případ, že není úprava rychlosti pásu ze vzdálené správy možná, je vytvoření většího počtu stejných výrobních programů. U nových programů je rozdíl v zadaných rychlostech pásu. Toto rozlišení se promítá i v názvu programu, tak je možná jejich diferenciací. Zařízení na základě pokynu z MESu vybere program s rychlostí pásu, který se nejvíce přibližuje požadované hodnotě odpovídající naměřeným hodnotám.

9.2.1 Zvýšení hodnoty indexů způsobilosti procesu

Dalším přínosem automatické úpravy rychlosti pásu je vystředění procesu, tedy přiblížení se stanovené cílové hodnotě. Tím se také v rámci kvality zvýší hodnoty indexů způsobilosti, zejména pak indexů C_{pk} a C_{pm} .

9.3 Zavedení SPC pro proces APCVD

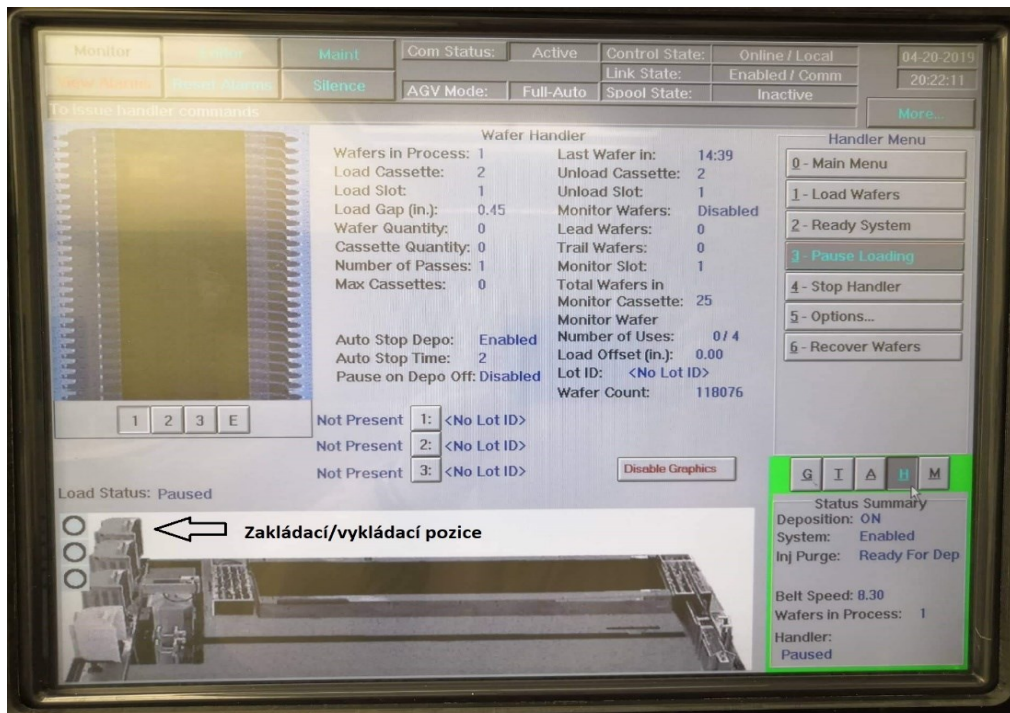
Statistické řízení procesu je v dnešní době velmi využívaným nástrojem. Pro jeho zavedení je nutné zvolit vhodný typ regulačního diagramu. Z analýzy vyplývá, že průměrový diagram není pro tento proces vhodný kvůli autokorelaci prvního řádu. Proto je vhodné sledovat průměrový diagram pomocí reziduí po očištění od autokorelace. Tento regulační diagram je založen na AR(1) procesu.

Do regulačního diagramu je nutné navést střední hodnotu, horní a dolní kontrolní limit a dále také horní a dolní specifikační limit. To vše umožní sledování vystředění procesu, odklonu od cílové hodnoty, stejně tak jako identifikaci nestandardních situací atd.

U jiných výrobních procesů společnosti je SPC využíváno. Tato změna tedy neznamená finanční investici v podobě nákupu příslušného softwaru.

9.4 Změna pracovního postupu u zařízení WJ3

Aktuálně nastavený pracovní postup čekání na výsledky ladění při změně THK vrstvy oxidu znamená je možné na základě 100 % úspěšných výsledků ladění změnit. Zařízení WJ3 disponujeme 3 zakládacími pozicemi, které jsou zároveň i vykládacími. To znamená, že zařízení vrací SiD do stejných pozic, ze kterých je pokládá na výrobní pás – znázorněno na obrázku 19.



Obrázek 19 - Ovládací panel zařízení WJ3 včetně schématu zařízení (vlastní zpracování)

Změna znamená, že jednu z pozic je nutné označit štítkem „MD + výrobní SiD“. Do této pozice je možné zakládat zásobník, ve kterém je na začátku lotu založena měřicí deska na první pozici. Stejně tak je vložen zásobník na konci zpracování daného lotu, tentokrát je měřicí deska založena na poslední pozici v zásobníku. V průběhu zpracování plných zásobníků bez měřicích desek je tato pozice využívána bez omezení. Štítek pouze upozorňuje operátora na možnost výskytu měřicí (nevýrobní) SiD v zásobníku. Vzhledem ke značně odlišnému povrchu SiD je toto označení pozice dostačujícím opatřením splňujícím podmínky protimixového opatření.

Nečeká se tedy na vyhodnocení ladění. Po měřicí desce zařízení již automaticky vkládá na pás výrobní desky, které jsou připraveny v daném zásobníku ihned za měřicí deskou.

Jakmile je na měřicí desce nanese vrstva, operátor ihned provede její změření. V případě nevyhovující výsledků musí proces okamžitě zastavit a informovat technologa (případně mistra). Ten pak rozhodne o dalším postupu.

9.4.1 Možná rizika

Popsaná změna v podkapitole 9.3 s sebou nese tato možná rizika:

- mix výrobních SiD s měřicími deskami;
- nevyhovující výsledky THK vrstvy oxidu na měřících, tedy i na výrobních deskách.

Pro minimalizaci výše popsaných rizik jsou nutné tyto kroky:

- označení jedné pozice zařízení, popsané v podkapitole 9.3;
- zapracování dané změny do předpisu „Protimixová opatření střediska řezání“;
- při změně THK vrstvy oxidu nezakládat jako první výrobní lot tzv. rework (jedná se o SiD, které by v případě nevyhovující THK vrstvy oxidu musely být scrapovány - vyřazeny);
- seznámení všech zainteresovaných stran (operátorů, směnových mistrů a technologů) s touto změnou proti podpisu;
- dohled nad zavedenou změnou zejména ze strany směnových mistrů a technologů.

Tato změna výrobního postupu přinese zvýšení výrobní kapacity zařízení přibližně 4 % měsíčně.

9.5 Náklady navrhovaných změn

Všechny popsání návrhy změn s sebou nesou určité náklady. Největším nákladem je koupe nového zařízení pro měření THK vrstvy oxidu (cena: interní informace). Z hlediska investice do pořízení nových zařízení se jedná o investici jedinou.

Dalšími náklady jsou mzdy pracovníků, kteří se na daných změnách podílejí. Jedná se o pracovníky:

- technologie (zadání požadavku na vzdálenou správu, tvorba výrobních programů, zadání pro SPC – sledovaného hodnoty, atd.);
- servisního úseku (testy zařízení ve spolupráci s technologií a IT);
- IT pracovníků (příprava vzdálené správy, propojení zařízení s MES, aj.);
- školicího úseku (příprava prezenčních listin, proškolení pracovníků, atp.).

ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce byla analýza vybraného výrobního procesu společnosti. Na základě analýzy následně vyhodnocení zjištěných nedostatků daného procesu. Hlavním cílem bylo navrhnout vhodná řešení těchto nedostatků. Pro provedení analýzy bylo postupováno podle jednotlivých fází cyklu DMAIC.

Poslední fází cyklu DMAIC je fáze Control – tedy mimo jiné to znamená, že zavedení změn je potřeba řídit a následně na ně dohlížet. Kontrolovat dodržování zavedených změn a vyhodnocovat výsledky z těchto změn. Tedy zda přinesly očekávaná zlepšení. Jednoznačně lze tedy navrhované změny zařadit do procesu kontinuální zlepšování a také naplňování hlavní myšlenky Six Sigma.

Případné zavedení automatizovaného sběru dat umožní automatizované vyhodnocování. Tím společnost učiní krok správným směrem v rámci aktuálního průmyslového trendu Industry 4.0. Tyto změny však nejsou pouze „módním“ trendem. Nesou s sebou i možnost rychlejších zásahů do nestabilního procesu. Přínosem automatizace sběru dat je také eliminace chyb a také možnosti procesních vad.

I zavedení statistického řízení procesu je pro společnost výhodou. Spolu se zavedením automatického sběru dat a automatické úpravy rychlosti pásu povede ke zvýšení indexů způsobilosti procesu. Zvýšení hodnot těchto indexů je nesporně dobrou vizitkou u zákazníků.

Zvýšení produkčního času u zařízení WJ3 na úkor zbytečných prostojů přinese společnosti více uspokojených poptávek, resp. zakázek. V tomto případě je možné počítat i s redukcí nákladů.

Změny by měly být přínosem i pro operátory daného pracoviště. Zavedení statistického řízení procesu usnadní operátorům vyhodnocování hodnot měření. Automatický sběr dat, či automatická korekce rychlosti pásu, přinese větší možnost soustředění na činnosti, kde automatizaci (zatím) nebylo možné zavést.

Všechny navrhované změny s sebou nesou určité náklady. Věřím však, že navzdory potřebným nákladům, budou mít navrhované změny ve společnosti pozitivní dopad.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografické zdroje

BAUER, Miroslav, 2012. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks. ISBN 978-80-265-0029-2.

BLECHARZ, Pavel, 2015. *Kvalita a zákazník*. Praha: Ekopress. ISBN 978-80-87865-20-0.

IMAI, Masaaki, 2004. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, vi. Business Books. ISBN 80-251-0461-3.

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5717-9.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. Praha: C.H. Beck. ISBN 978-80-7179-319-9.

KORENKO, Maroš, 2015. *Manažerstvo kvality procesov*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre vo vydavateľstve SPU. ISBN 978-80-552-1316-3.

KOVÁŘÍK, Martin, 2013. *Výzkum v oblasti monitorování autokorelovaných procesů pomocí regulačních diagramů*. Žilina: Georg. ISBN 978-80-8154-055-4.

KOŽÍŠEK, Jan a Barbora STIEBEROVÁ, 2015. *Management kvality I*. 4. vyd., Praha: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-05673-8.

MILLER, Ivan, 2016. *Kapesní příručka Six Sigma*. 3. vydání. Praha: Interquality. ISBN 978-80-905414-1-2.

MONTGOMERY, Douglas C., 2009. *Introduction to Statistical Quality Control*. 6th Edition, New York: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-16992-6.

NENADÁL Jaroslav, 2018. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-726-1561-2.

NOSKIEVIČOVÁ, Darja a Josef TOŠENOVSKÝ, 2000. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex. ISBN 80-7225-040-X.

PLAMÍNEK, Jiří, 2008. *Vedení týmů, lidí a firem*. 3., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2448-5.

ŘEPA, Václav, 2012. *Procesně řízená organizace*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4128-4.

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada. Expert. ISBN 978-80-247-3938-0.

ŠEFČÍK, Vladimír a Jiří KONEČNÝ, 2013. *Procesní inženýrství: bezpečné a spolehlivé vedení procesů*. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7454-280-0.

ŠMÍDA, Filip, 2007. *Zavádění a rozvoj procesní řízení ve firmě*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1679-4.

WALKER, Ian, 2013. *Výzkumné metody a statistika*. Praha: Grada. Z pohledu psychologie. ISBN 978-80-247-3920-5.

Pracovní předpis

ON Semiconductor, 2017. *Depozice vrstev LTO procesem APCVD*. ON Semiconductor: Rožnov pod Radhoštěm. 12MON68345E, verze G.

Elektronické zdroje

ManagementMania.com Copyright © 2011- 2016 *Řízení procesů (Process Management)* [online]. [cit. 2019-01-24]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/rizeni-procesu>.

MICHÁLEK Jiří a Jan KRÁL, 2012. *SPC v případě autokorelovaných dat* [online]. Zlín [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: https://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Statisticke_metody/sborniky/2012/06_SPC_v_pripade_autokorelovanych_dat.pdf

Ministerstvo spravedlnosti České republiky © 2012 – 2015 *Veřejný rejstřík a Sbirka listin* [online]. [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysdleky?subjektId=42264&typ=PLATNY>.

NCSS, LLC. All Rights Reserved. © NCSS, LLC. *Capability Analysis* [online]. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: https://ncss-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/themes/ncss/pdf/Procedures/NCSS/Capability_Analysis.pdf.

ON Semiconductor Copyright © 1999 – 2019. *O společnosti* [online]. [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://www.onsemi.com/PowerSolutions/localSite.do?id=18798>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

APCVD	Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition
Å	Ångström – jednotka délky (0,1 nm)
BS	Belt Speed
CL	Center Line
CVD	Chemical Vapor Deposition
ipm	inch per meter
LCL	Lower Control Limit
MD	měřicí deska
MES	Manufacturing Execution Systems
PÚ	preventivní údržba
SiD	křemíková deska
THK	Thickness (tloušťka)
UCL	Upper Control Limit

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - SIPOC (vlastní zpracování podle Blecharz, 2015, s. 48).....	12
Obrázek 2 - Podstata výrobního procesu (vlastní zpracování podle Korenko, 2015, s. 9).....	13
Obrázek 3 - Orientační schéma přibližné délky etap realizace reengineeringu (vlastní zpracování podle Korenko, 2015, s. 71)	16
Obrázek 4 – Typické nástroje fází cyklu DMAIC (Svozilová, 2011, s. 130).....	18
Obrázek 5 – Diagram příčin a následků (vlastní zpracování podle Blecharz, 2015, s. 86).....	20
Obrázek 6 – Varianty histogramů (vlastní zpracování podle Blecharz, 2015, s. 90)	22
Obrázek 7 - Výrobky a proces vybraných středisek CZ2 (interní zdroj).....	33
Obrázek 8 - eGramms - layout dílny CVD (interní zdroj).....	36
Obrázek 9 – Zařízení WJ2 (vlastní zpracování)	37
Obrázek 10 – Cesta desky procesním prostorem (interní zdroj)	37
Obrázek 11 - Měřicí zařízení NanoSpec (vlastní zpracování).....	38
Obrázek 12 - Ishikawův diagram - jakost procesu (vlastní zpracování).....	41
Obrázek 13 - Využitelnost zařízení WJ1, WJ2 a WJ3 – produkce 6" vs. 8" (vlastní zpracování)	42
Obrázek 14 – Ověření normality dat v JMP (vlastní zpracování)	45
Obrázek 15 - Hodnoty indexů způsobilosti v JMP – autokorelovaná data (vlastní zpracování)	47
Obrázek 16 - Hodnoty indexů způsobilosti (vlastní zpracování)	49
Obrázek 17 - Přepisování dat z měření NanoSpec do Excelu (vlastní zpracování).....	52
Obrázek 18 – Schéma návrhu na automatickou změnu výrobního programu (vlastní zpracování)	55
Obrázek 19 - Ovládací panel zařízení WJ3 včetně schématu zařízení (vlastní zpracování)	56

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Základní rozdíly zařízení WJ1,2 a 3 (vlastní zpracování).....	38
Tabulka 2 - CVD logbook pro zapisování hodnot THK oxidu (interní zdroj)	39
Tabulka 3 - Výrobní programy a počty použití za období 1-2/2019 (vlastní zpracování)	42
Tabulka 4 - Porovnání indexů způsobilosti C_p , C_{pk} a C_{pm} (vlastní zpracování)	49
Tabulka 5 - Stavby zařízení WJ3 pro Paretův diagram (vlastní zpracování)	50
Tabulka 6 - Záznamy měření THK vrstvy oxidu (interní zdroj)	53

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Paretův diagram (vlastní zpracování podle Svozilová, 2011, s. 158)	21
Graf 2 - Příklady indikací nesplnění podmínek statistické kontroly procesu (vlastní zpracování podle Svozilová, 2011, s. 216).....	24
Graf 3 – Vývoj tržeb společnosti 2008 – 2017 (vlastní zpracování)	34
Graf 4 - Histogram pro \bar{x} SiD 1 a 2 (vlastní zpracování).....	43
Graf 5 - Histogram pro \bar{x} SiD 3 a 4 (vlastní zpracování)	44
Graf 6 – Kvantilový diagram pro průměru SiD (vlastní zpracování)	45
Graf 7 – Regulační diagram (průměr SiD) (vlastní zpracování)	46
Graf 8 - Regulační diagram (průměr SiD) ARIMA (1,0,0) (vlastní zpracování)	48
Graf 9 – Paretův diagram – WJ3 stavy zařízení 1/2019 (vlastní zpracování)	51
Graf 10 – Paretův diagram – WJ3 stavy zařízení 2/2019 (vlastní zpracování)	51