



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

ZLEPŠENÍ PROCESŮ VE STROJÍRENSKÉ VÝROBĚ

PROCESSES IMPROVEMENT IN THE MECHANICAL ENGINEERING PRODUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Hodulík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Zdeňka Videcká, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav managementu
Student: **Lukáš Hodulík**
Studijní program: Procesní management
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **Ing. Zdeňka Videcká, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

Zlepšení procesů ve strojírenské výrobě

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Vymezení problému a cíle práce
Teoretická východiska práce
Analýza současného stavu procesů řízení kvality ve vazbě na výrobní proces
Návrh zlepšení vybraných procesů řízení kvality
Zhodnocení přínosů návrhu řešení
Závěr
Seznam použité literatury
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Návrh zlepšení vybraných procesů řízení kvality ve vazbě na výrobní proces. Práce by měla obsahovat čtyři části:

- analytická část – globální analýza procesů firmy, detailní analýza vybraných procesů
- teoretická část
- návrhová část – návrh zlepšení vybraných procesů
- doporučený postup implementace a zhodnocení návrhu

Základní literární prameny:

NENADÁL, J. a kol. Moderní management jakosti. Principy, postupy, metody. 1. vyd. Praha: Management Press, 2011. 380 s. ISBN 978-80-7261-186-7.

NENADÁL, J. Management partnerství s dodavateli: nové perspektivy firemního nakupování. Praha: Management Press, 2006, 323 s. ISBN 80-7261-152-6.

NENADÁL, J. Systémy managementu kvality: co, proč a jak měřit? Praha: Management Press, 2016, 302 s. ISBN 978-80-7261-426-4.

TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. Integrované řízení výroby. Od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2014. 368 s. ISBN 978-80-247-4486-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně dne 28.2.2021

L. S.

doc. Ing. Robert Zich, Ph.D.
ředitel

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na zlepšení procesu kontroly materiálu ve vazbě na výrobní proces ve vybrané společnosti zabývající se výrobou aerosolových nádobek. Návrh vycházející z analýzy procesu kontroly materiálu aplikuje metodu AQL a zkoušku tvrdosti podle Brinella pro vstupní kontrolu materiálu a uvádí metodiku zlepšování kvality procesu. Vypracovaný návrh by měl vést ke snížení zmetkovitosti a zlepšení dodavatelsko-odběratelských vztahů.

Abstract

The bachelor's thesis focuses on improving the process of material control in relation to the production process in a selected company engaged in the production of aerosol cans. The proposal based on the analysis of the material control process applies the AQL method and the Brinell hardness testing for the input control of the material and presents the methodology for improving the quality of the process. The developed proposal should lead to a quality defects reduction and the improvement of supplier-customer relations.

Klíčová slova

TQM, Ishikawův diagram, Paretova analýza, AQL, zkouška tvrdosti podle Brinella

Key words

TQM, Ishikawa diagram, Pareto analysis, AQL, Brinell hardness testing

Bibliografická citace

HODULÍK, Lukáš. *Zlepšení procesů ve strojírenské výrobě* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/135036>.

Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Zdeňka Videcká.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 28. 04. 2021

.....
Hodulík Lukáš

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí práce Ing. Zdeňce Videcké, Ph.D. za odborné rady a vedení, které mi byly velmi nápomocné při vypracování práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Peteru Chovancovi a panu Ing. Petru Krčmářovi, Ph.D. za cenné rady a poskytnuté materiály společnosti MORAVIA CANS a.s.

Obsah

Úvod	11
Vymezení problému a cíle práce	12
1 Teoretická východiska práce	13
1.1 TQM.....	13
1.2 Standardy ISO řady 9000.....	14
1.3 Cyklus DMAIC	16
1.4 Cyklus PDCA	20
1.5 Sedm základních nástrojů kvality	22
1.6 Kontrolní tabulka	23
1.7 Ishikawův diagram.....	24
1.8 Korelační diagram.....	25
1.9 Regulační diagram	30
1.10 Histogram.....	34
1.11 Paretův diagram	38
1.12 Vývojový diagram	41
1.13 Statistická přejímka.....	42
1.14 Kaloty.....	43
1.15 Proces výroby kalot	44
1.16 Zkouška tvrdosti podle Brinella.....	44
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	51
2.1 Předmět podnikání	51
2.2 Historie společnosti.....	52
2.3 Velikost společnosti.....	52
2.4 Společnost na trhu.....	53
2.5 Konkurence v oboru.....	53
2.6 Dodavatelé	53

2.7 Informační systémy společnosti.....	53
2.8 Organizační struktura.....	54
2.9 Globální analýza	55
2.10 Průběh zakázky	56
2.11 Detailní analýza	58
2.11.1 Proces výroby	58
2.11.2 Realizace výroby na pracovištích.....	59
2.11.3 Procesy kontroly kvality	60
2.12 Shrnutí analytické části	61
3 Návrhová část	62
3.1 Návrh metodiky zlepšení procesů.....	62
3.1.1 Cíl zlepšení procesu	62
3.1.2 Sběr dat.....	62
3.1.3 Stanovení kritických neshod	64
3.1.4 Stanovení příčin kritických neshod	66
3.1.5 Definování nápravných opatření	67
3.2 Aplikace navržené metodiky	67
3.2.1 Sběr dat.....	67
3.2.2 Stanovení klasifikace a četnosti neshod	68
3.2.3 Stanovení příčin kritických neshod	70
3.2.4 Nápravná opatření	71
3.2.5 Metoda AQL	71
3.2.6 Zkouška tvrdosti.....	73
3.2.7 Řešení překročení přípustné meze neshod	76
4 Zhodnocení návrhu	77
4.1 Přínosy návrhu	77
4.2 Finanční zhodnocení	77

5 Závěr	79
Seznam použitých zdrojů.....	81
Seznam obrázků.....	84
Seznam tabulek.....	86
Seznam příloh	86

Úvod

V dnešní době se velmi rychle vyvíjí technologie v mnoha různých oborech, což ovlivňuje dynamický rozvoj podniků, jenž se musí tomuto vývoji přizpůsobit. Podniky, které v tomto vývoji zaostávají, mají zpravidla velkou nevýhodu oproti konkurenčním firmám, jenž investují do svého rozvoje. V současné době je velmi rozšířený trend štíhlé výroby. Štíhlá výroba je princip výroby umožňující podnikům, které správně tyto principy aplikují, identifikovat procesy nevytvářející přidanou hodnotu. Zaměřuje se především na plýtvání zásob, času atd. Jedním z procesů štíhlé výroby je optimalizace procesů probíhajících v podniku.

Optimalizace podnikových procesů je v dnešní době nezbytnost pro každou firmu. Zlepšování podnikových procesů zahrnuje analýzu probíhajících procesů v podniku, optimalizaci jejich úzkých míst a navrhnutí možných řešení a implementaci těchto řešení do procesu podniku.

Ve své bakalářské práci se zabývám právě optimalizací procesů ve strojírenské výrobě. Konkrétně procesy výroby a kontroly ve vybrané společnosti, zabývající se výrobou aerosolových nádobek.

Zpracování mi bylo umožněno ve spolupráci se společností MORAVIA CANS a.s., kde se navrhované změny aplikovaly souběžně se vznikem mé práce. Společnost jsem si vybral z důvodu absolvované praxe, osobních zkušeností a možností se touto problematikou zabývat v rámci své bakalářské práce.

Bakalářská práce je v souladu se svým zadáním rozdělena do čtyř základních částí, ve kterých se postupně budu zabývat vymezením problému a cílem práce. Dále budou popsána teoretická východiska práce. V následující kapitole bude představen podnik, včetně globální analýzy procesů, popsání průběhu zakázky a detailní analýzy vybraných procesů. Poté bude představen návrh metodiky zlepšení procesů a implementace mého návrhu. Poslední část práce bude obsahovat přínosy a zhodnocení mého řešení.

Vymezení problému a cíle práce

Vymezení problému

Řešeným problémem bakalářské práce je zmetkovitost ve výrobě způsobena nevyhovujícím materiálem. Vzhledem k tomu, že v podniku doposud nejsou kontrolovány vlastnosti materiálu, vzniká vysoké množství neshodných výrobků. Nevhodné vlastnosti materiálu rovněž způsobují prostoje ve výrobě, protože je nutné přizpůsobit seřízení stroje materiálu, což v některých případech vůbec není možné a výroba se musí rozjet znovu s novým materiálem. Při podezření na špatný materiál se odebrané vzorky odesílají zpátky k dodavateli na kontrolu, jenž posoudí, zda je chyba právě v materiálu. Vzhledem k tomu, že hlavní dodavatelé jsou z Řecka a ze Slovinska, trvá tento proces i několik dnů. Nekvalitní materiál podniku způsobuje zbytečné náklady za dodaný materiál, provoz strojů během výroby s tímto materiálem, další kontroly hotových výrobků a reklamace od odběratele.

Cíle bakalářské práce

Cílem mé bakalářské práce je návrh zlepšení procesu kontroly ve vazbě na výrobní proces. Řešení zahrnuje metodiku zlepšení procesu a zavedení nápravných opatření. Součástí návrhu je aplikace navržené metodiky na proces vstupní kontroly. Aplikace navržené metodiky vychází z analýzy současného stavu výroby a nalezení příčin nejčastějších neshod ve výrobě.

Dílčí cíle jsou analýza současného stavu výroby v souvislosti s řízením jakosti, následně analýza příčiny nejčastějších neshod ve výrobě a zavedení opatření k jejich eliminaci, která povedou ke zvýšení úrovně jakosti v podniku, snížení prodlev ve výrobě a posílení pozice podniku v rámci odběratelsko-dodavatelských vztahů.

1 Teoretická východiska práce

V této kapitole budou popsány teoretické informace a hlavní pojmy, které souvisí s řešenou problematikou. Úvod teoretické části obsahuje manažerské přístupy ke zlepšování procesů a řešení jakosti. Dále budou popsány teoretické podklady pro analytickou část a závěr této části tvoří informace o materiálu a podklady k zavedení nové kontroly.

1.1 TQM

Total Quality Management je manažerský přístup, při kterém je celá organizace řízena tak, aby vynikala ve všech dimenzích kvality, které jsou pro zákazníky důležité. TQM poskytuje obecný koncept pro neustálé zlepšování kvality a dalších výkonů, jako je zisk a podíl na trhu. Jedná se o filozofii, která zdůrazňuje systematickou, integrovanou a konzistentní perspektivu zahrnující každého a všechno. TQM lze považovat za obchodní filozofii soustředěnou kolem sedmi principů: zaměření se na zákazníka, zapojení vedení, zajištění kvality, neustálé zlepšování, pověření zaměstnanců, partnerství s dodavateli a strategický plán kvality. TQM začíná očekáváním zákazníka a každý člověk v organizaci by měl vnímat jeho požadavky. I když zaměstnanec nemusí mít přímý kontakt s externím zákazníkem, musí chápat, jak zákazníci skutečně vnímají produkt nebo službu. TQM zdůrazňuje, že vrcholový management musí nést poselství, že kvalita se vyžaduje od každého v organizaci. Každý člen představenstva by měl vědět, že TQM je zásadní a přináší zvýšení zisku. Manažeři by proto měli odstranit bariéry mezi odděleními a zavést program vzdělávání a rekvalifikace pro zlepšení kvality. Neustálé zlepšování je jedním z principů TQM a předpokládá, že vždy bude prostor pro zlepšování, bez ohledu na to, jak dobře se organizaci daří. Jakmile dosáhnete určitého bodu, odpovědi zákazníků na průzkumy se vždy resetují na novou úroveň. Organizace by měla určit budoucí očekávání zákazníků, i když jsou již spokojeni. TQM považuje kvalitu za odpovědnost každého, od představenstva až po základní zaměstnance. Navrhuje posílení pravomocí zaměstnanců, což znamená dát zaměstnancům odpovědnost, autoritu, školení a nástroje nezbytné pro řízení kvality. TQM upřednostňuje různé nástroje, jako je například statistická kontrola kvality, aby byla zajištěna kvalita produktu. Zajištění kvality se týká konkrétních akcí, které organizace podniká, aby zajistila, že její produkt,

služba a proces splňují požadavky na kvalitu jejich zákazníků. Vzhledem k tomu, že se řízení dodavatelského řetězce rozšiřuje, stává se důležité partnerství s dodavatelem a řízení kvality zahrnuje partnery dodavatelského řetězce. Pokud členové dodavatelského řetězce nesdílejí stejný závazek k zajišťování kvality, kvalita upadne, protože materiály a služby dodavatelů se nakonec stanou součástí produktů a služeb organizace. Dobře vyvinutý strategický plán kvality by měl posunout úsilí o kvalitu vpřed v kurzu organizace tím, že poskytne vizi a vedení. Zlepšení kvality nebylo možné dosáhnout bez významného a vytrvalého úsilí v průběhu času. Jednou z charakteristik strategického plánu kvality je, že by měl být jednoduchý, aby se organizace mohla soustředit pouze na omezený počet cílů kvality najednou.

TQM si klade za cíl dosáhnout celkové efektivity vyšší než jednotlivé výstupy ze subsystémů, jako je design, plánování, výroba, distribuce, strategie zaměřená na zákazníka, nástroje kvality a zapojení zaměstnanců. Zdůrazňuje systémový přístup k řešení problémů a sdílenou vizi a kulturu. Pokud jde o proces vstupu a výstupu, TQM je proces transformace souboru vstupů, včetně materiálů, postupů a metod, informací a znalostí, lidí a jejich dovedností. Výstupy zahrnují produkty a služby s vyšší kvalitou. Obecně se procesem TQM zlepšuje celkový výkon organizace. Podstatou je udělat napoprvé vše správně a vždy uspokojit požadavky zákazníků zapojením všech členů organizace. [4]

1.2 Standardy ISO řady 9000

Formální zajištění kvality vzniklo v reakci na potřeby obranného průmyslu v oblasti norem, ale později se rozšířilo nad rámec armády a vedlo k vzniku různých národních standardů. V roce 1987 britská vláda přesvědčila Mezinárodní organizaci pro normalizaci (ISO), aby britské normy (BS) 5760 přizpůsobila jako mezinárodní normu. BS 5760 byl vyvinut jako standard managementu, který specifikoval, jak má být prováděn výrobní proces, nikoli co má být vyrobeno. Norma ISO 9000 byla revidována v roce 1994, aby zdůraznila zajištění kvality prostřednictvím preventivních opatření namísto kontroly pouze konečného produktu, což odráží japonský přístup k celkovému řízení kvality. Revize normy z roku 2000 (ISO 9001) kladla větší důraz na efektivitu systému managementu prostřednictvím opatření k měření výkonnosti procesů. Rovněž obsahovala výslovná očekávání neustálého zlepšování procesů a sledování spokojenosti zákazníků.

Klíčové myšlenky, které stojí za normou ISO 9001, zahrnují formální politiku kvality, úzce spojenou s obchodním a marketingovým plánem a potřebami zákazníků. Od zaměstnanců na všech úrovních se očekává, že pochopí a budou dodržovat politiku kvality a budou pracovat na měřitelných cílech. Rozhodnutí o systému kvality jsou založena na zaznamenaných datech. Systém kvality je pravidelně kontrolován a vyhodnocován z hlediska souladu a účinnosti. Jsou vedeny záznamy o tom, jak a kde se suroviny a výrobky zpracovávají, aby bylo možné produkty a problémy dohledat až ke zdroji. Existují formalizované systémy pro komunikaci se zákazníky ohledně informací o produktech, poptávek, smluv, objednávek, zpětné vazby a stížností. Když se vyvíjejí nové produkty, tak plány pro všechny fáze vývojového procesu zahrnují testování a dokumentaci, zda produkt splňuje konstrukční požadavky, regulační požadavky a potřeby uživatelů. Výkonnost firmy je pravidelně kontrolována prostřednictvím interních auditů, aby se zjistilo, zda systém kvality funguje a jaká zlepšení lze provést. Existují formální postupy pro řešení skutečných a potenciálních problémů týkajících se dodavatelů, zákazníků nebo interních problémů.

Certifikaci ISO 9000 uděluje akreditovaný certifikační orgán firmě nebo záводу, kde je zaveden systém managementu kvality. Proces udělování vyžaduje podrobnou kontrolu a dokumentaci výrobních a servisních procesů společnosti, aby bylo zajištěno, že jsou v souladu s požadavky normy ISO 9000. Aby byl zachován stav certifikace, certifikovaní auditoři pravidelně kontrolují shodu systému s normami ISO 9000. Každé 3 roky musí být certifikace obnovena úplným auditem.

Normy ISO 9000 hrají klíčovou roli při šíření znalostí v těch průmyslových odvětvích, kde produkty a procesy dodávané různými poskytovateli musí vzájemně působit. Přijetí mezinárodních standardů prostřednictvím certifikace ISO může vytvořit výhody produktivity přesahující přenos nových znalostí zvyšujících produktivitu obsažených v normách. Získání certifikace ISO může zvýšit schopnost jejího příjemce vstoupit do globálních dodavatelských řetězců, a tak těžit z úspor z rozsahu a přenosu technických a organizačních znalostí od technologicky vyspělých kupujících, obvykle nadnárodních společností.

Firmy investují do certifikace ISO, aby zvýšily své šance v nabídkových řízeních, získaly status preferovaného dodavatele, zvýšily spokojenost zákazníků a zvýšily ziskovost. Certifikace ISO 9000 tedy může mít na příjemce tři typy dopadu:

- Reputační efekt, který může být zvláště důležitý pro menší firmy nebo firmy ze zemí, které tradičně nesloužily jako dodavatelé pro globální podniky.
- Zlepšení výkonu vyplývající přímo z toho, že firma splňuje požadavek ISO 9000.
- Vylepšení výkonu vyplývající z obchodování se společnostmi světové třídy, kde tyto nové obchodní vztahy byly usnadněny získáním certifikace ISO. [5]

1.3 Cyklus DMAIC

Mezi mnoha různými nástroji řízení kvality, které lze považovat za metody zlepšování kvality, v koncepci Six Sigma je jedním z hlavních cyklus DMAIC. DMAIC je zkratka ze slov Define-Measure-Analyze-Improve-Control. Tato metoda je založena na zdokonalování procesů podle Demingova cyklu. Jedná se o zdokonalování procesů v mnoha různých oblastech v podniku. Cyklus DMAIC se skládá z pěti fází, které jsou navzájem propojeny. [6]



Obrázek 1: Cyklus DMAIC (Zdroj [21])

Definování cíle a jeho požadavků:

- definování potřebných zdrojů a odpovědností
- definování organizační struktury

- identifikace prvků a stanovení předpokládaného data ukončení projektu
- získání podpory od vedení.

Hlavním účelem této fáze je ověřit, zda opatření, která by měla být přijata za účelem řešení problémů, souvisí s prioritami v organizaci a že existuje podpora ze strany správy a dostupnosti požadovaných zdrojů. Začíná identifikací problému, který vyžaduje řešení, a končí pochopením této problematiky, stejně jako jasným důkazem o dohledu vedení. Existuje mnoho způsobů, jak identifikovat projekt ke zlepšení. V první řadě je lepší se zaměřit na vnější faktory, které vytvářejí náklady na organizaci a přijímat opatření k jejich odstranění a poté řešit problémy s vnitřními náklady. Užitečným nástrojem, který pomáhá tento problém zúžit, může být Paretův diagram.

Měření aktuálního procesu:

- identifikace platných a spolehlivých metrik
- kontrola, zda je k dispozici dostatek dat k měření
- dokumentace aktuálního výkonu a efektivity
- provedení srovnávacích testů.

Fáze měření se týká shromažďování informací o procesech, které budou vylepšeny. Zaměřuje se na informace, které jsou potřebné pro lepší pochopení všech procesů v organizaci, očekávání zákazníků, specifikace dodavatelů a identifikace možných míst, kde může dojít k problému. Toho lze dosáhnout vytvořením procesní mapy skutečné situace a provedením analýzy poruchových režimů a efektů (FMEA), která bude označovat místa možného rizika. Hlavním problémem fáze opatření je shromáždit a analyzovat údaje, které budou potřebné ve fázi kontroly tak, aby bylo možné ukázat rozdíly a posoudit pokrok, který bude předložen vedení. Je také nezbytné posoudit měřicí systém a zajistit, aby všechny údaje byly věrohodné a shromažďovány správným způsobem.

Analýza výsledků měření, stanovení příčin nedokonalostí procesu a možná řešení:

- identifikace klíčových příčin problémů
- identifikace rozdílů mezi současným a cílovým výkonem
- odhad zdrojů potřebných k dosažení cíle
- identifikace možné překážky.

Ve fázi analýzy se používají různé nástroje a metody k nalezení hlavních příčin, posouzení rizik a analýze dat. Pro potvrzení analýzy by měly být provedeny některé činnosti a potenciální problémy musí být prokázány jako skutečné problémy. V této fázi je nutné definovat schopnost procesu, vyjasnit cíle na základě reálných dat získaných ve fázi měření a zahájit analýzu hlavních příčin, která má dopad na variabilitu procesu. Výpočtem schopnosti procesu, která je definována jako „sigma“ procesu, se měří schopnost procesu vyhovět požadavkům zákazníků. Schopnost procesu bude klíčovým bodem pro plánovaná vylepšení.

Vylepšení procesu, implementace změn, které eliminují nedokonalosti:

- příprava struktury dělení práce
- vývoj a testování možných řešení, výběr toho nejlepšího
- návrh implementačního plánu.

Cílem této fáze je získat potřebné informace k vytvoření a vývoji akčního plánu s cílem zlepšit fungování organizace, finanční aspekty a problémy se vztahy se zákazníky. Měla by být předložena a provedena možná řešení akčního plánu. Provádí se nějaký druh pilotních řešení, která potvrzují platnost a přesnost analytické práce, což umožňuje provést jakékoli úpravy před použitím řešení ve velkém měřítku.

Kontrola vylepšeného procesu, průběžné monitorování výsledků:

- dokumentace plánu normalizace a zlepšení monitorování procesů
- potvrzení zlepšených postupů.

Fáze kontroly slouží k potvrzení, zda jsou implementované změny ve fázi zlepšování dostatečné a kontinuální k ověřování kvality vylepšeného procesu. Rovněž kontroluje budoucí stav procesu, aby se minimalizovala odchylka od cílů a zajistilo se provedení opravy dříve, než bude mít špatný vliv na výsledek procesu. Měly by být zavedeny kontrolní systémy, jako je statistická kontrola procesů. Proces musí být neustále sledován. Ve fázi řízení se používají kontrolní diagramy k identifikaci, zda je proces regulovatelný nebo ne.

Fáze cyklu DMAIC lze realizovat pomocí 7 základních nástrojů kvality. Jak ukazuje tabulka 2, pro definování cíle se nepoužívá žádný ze 7 nástrojů CQ, lze ovšem využít například IPO diagram nebo CTQ strom. Během měření lze využít vývojový diagram,

Ishikawův diagram, kontrolní seznam, Paretův diagram a regulační diagram. K analýze výsledků a identifikaci příčin slouží Ishikawův diagram, Paretův diagram a korelační diagram. Pro zlepšování změn a eliminaci nedokonalostí lze využít vývojový diagram, Ishikawův diagram, kontrolní seznam, Paretův diagram a regulační diagram. Ke kontrole a průběžnému monitorování se používají kontrolní seznam, Paretův diagram, histogram, korelační diagram a regulační diagram. [6]

Tabulka 1: 7 nástrojů kvality ve vztahu k cyklu DMAIC (Zdroj [1])

7 základních nástrojů kvality	Kroky cyklu DMAIC				
	Definování	Měření	Analýza	Zlepšování	Kontrola
Vývojový diagram		✓		✓	
Ishikawův diagram		✓	✓	✓	
Kontrolní seznam		✓		✓	✓
Paretův diagram		✓	✓	✓	✓
Histogram					✓
Korelační diagram			✓		✓
Regulační diagram		✓		✓	✓

Six Sigma umožňuje implementovat vědecké metody v organizaci tak, aby poskytovaly zákazníkům nejlepší hodnotu. V cyklu DMAIC by mělo být provedeno několik dalších kroků:

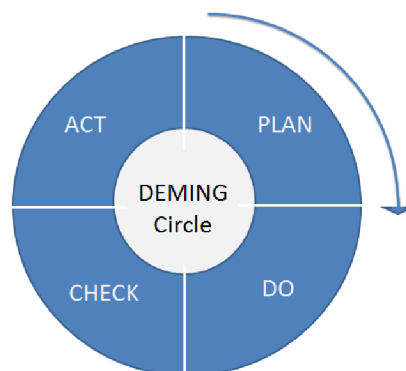
- pozorování důležitých otázek obchodního a externího prostředí
- vývoj hypotézy založené na tomto pozorování
- vytváření předpovědí na základě hypotézy
- testování předpovědí a další pozorování, provádění experimentů a používání statistických metod
- opakování dvou posledních kroků a porovnání hypotézy s výsledky pozorování a experimentů. [6]

1.4 Cyklus PDCA

Cyklus PDCA je nedílnou součástí procesu řízení a je navržen k použití jako dynamický model, protože jeden cyklus představuje jeden kompletní krok zlepšování. Ke koordinaci se používá cyklus PDCA, usilující o neustálé zlepšování. Zdůrazňuje a ukazuje na to, že zlepšovací programy musí začínat pečlivým plánováním, musí vyústit v efektivní akce a musí znovu přejít na pečlivé plánování v nepřetržitém cyklu, což znamená, že Demingův cyklus kvality nikdy nekončí. Tato strategie se používá ke zlepšení bezpečnosti, kvality, morálky, logistiky a dalších důležitých obchodních cílů.

Dokončení jednoho cyklu pokračuje začátkem dalšího. Cyklus PDCA se skládá ze čtyř po sobě jdoucích kroků:

- Plán - analýza toho, co musí být zlepšeno s ohledem na oblasti, které nabízejí příležitosti ke změně. Rozhodnutí o tom, co by se mělo změnit.
- Výkon - v tomto kroku proběhne realizace naplánovaných opatření.
- Kontrola - kontrolování a měření procesů a produktů v souladu se změnami provedenými v předchozích krocích a v souladu s cíli a požadavky na výrobky. Vypracuje se zpráva o výsledcích.
- Jednání - reakce na změny. Buďto se přijmou navrhovaná řešení nebo znovu proběhne cyklus PDCA. Průběžné zlepšování. [7]



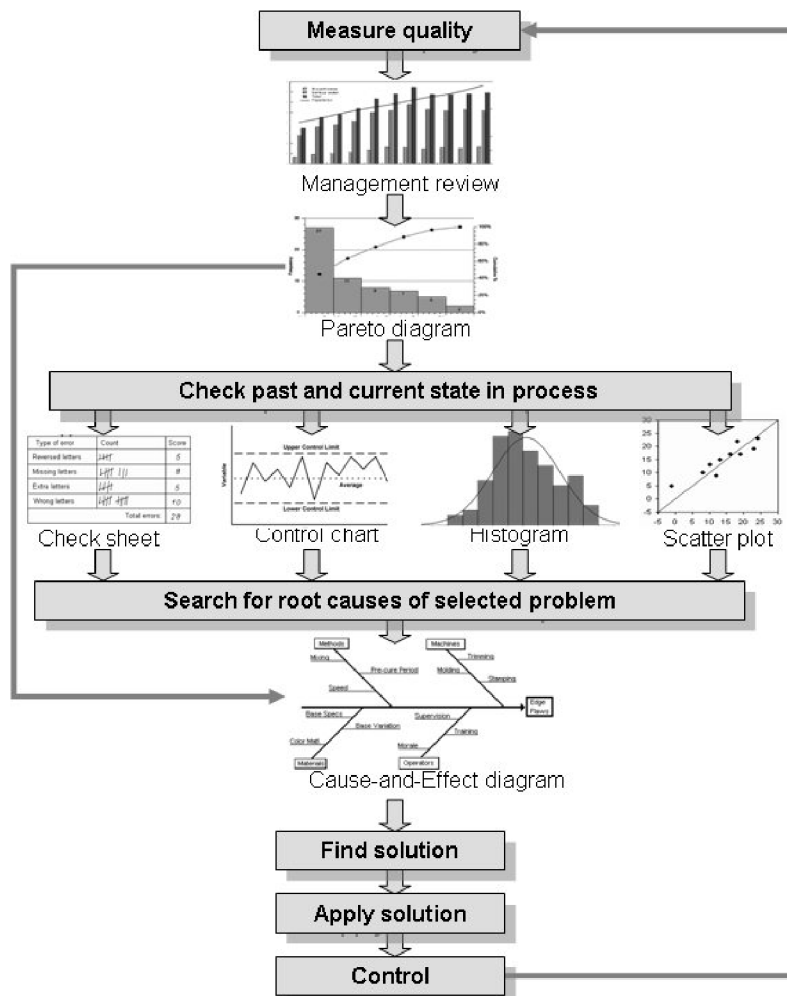
Obrázek 2: Demingův cyklus (Zdroj [22])

Hlavním účelem zavedení cyklu PDCA spočívá ve zlepšování procesů. Když vylepšení procesu začíná, plánování vede k nápravě a prevenci akce podporované odpovídající kvalitou zajišťovacích nástrojů, které vedou ke skutečnému procesu zlepšení. Uplatnění sedmi základních nástrojů kvality v korelaci se čtyřmi kroky Cyklu PDCA je uvedeno v tabulce 2. Jak tato tabulka ukazuje, k identifikaci problému lze použít většinu nástrojů

7QC: Vývojový diagram, Ishikawův diagram, kontrolní seznam, Paretův diagram, histogram a regulační diagram. Pro analýzu problémů lze použít: Ishikawův diagram, kontrolní seznam, Paretův diagram, korelační diagram a regulační diagram. Při vývoji řešení pro analyzované problémy mohou být užitečnými nástroji vývojový diagram a korelační diagram. Ve fázi hodnocení dosažených výsledků se využívá většina nástrojů 7QC: kontrolní seznam, Paretův diagram, Histogram, korelační diagram a regulační diagram. Pro efektivní a úspěšnou týmovou práci při řešení každodenních problémů s kvalitou lze využít jednoduchý model pro systematické používání „základních nástrojů kvality“ pro monitorování procesů, sběr dat a zlepšení kvality, obr. 3. [7]

Tabulka 2: 7 nástrojů kvality ve vztahu k cyklu PDCA (Zdroj: Vlastní zpracování podle [7])

7 základních nástrojů kvality	Kroky cyklu PDCA				
	Plán	Vykonat	Plán, kontrola	Plán, jednat	Kontrola
	Identifikace problému	Realizace řešení	Analýza procesu	Vývoj řešení	Vyhodnocení výsledků
Vývojový diagram	✓			✓	
Ishikawův diagram	✓		✓		
Kontrolní seznam	✓		✓		✓
Paretův diagram	✓		✓		✓
Histogram	✓				✓
Korelační diagram			✓	✓	✓
Regulační diagram	✓		✓		✓



Obrázek 3: Sedm základních nástrojů kvality pro zlepšení kvality (Zdroj [7])

První průběh Demingova cyklu se zaměřuje na analýzu největších příčin závad, které se zjistí pomocí Paretova diagramu a další průběhy se zaměřují na kontinuální proces vylepšení, což je jednou ze zásad QMS. Provádění tohoto principu je velký krok vpřed, kterého se může společnost chopit, aby změnila své statické řízení kvality na dynamické. [7]

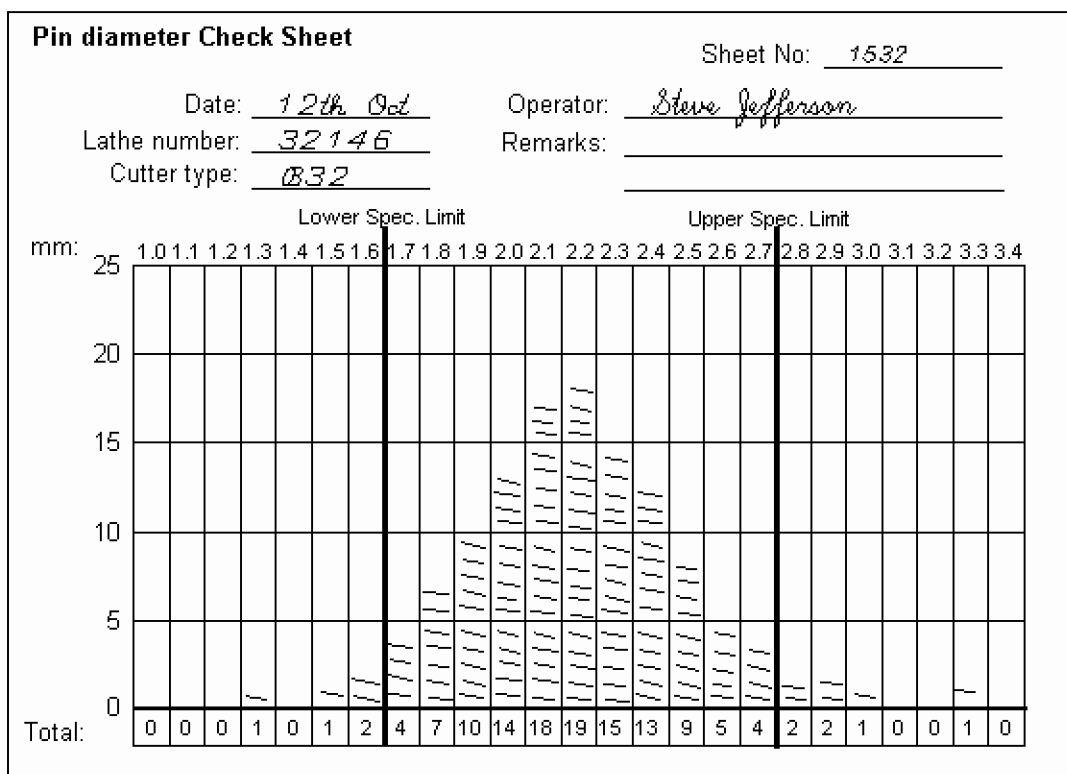
1.5 Sedm základních nástrojů kvality

Sedm nástrojů kontroly kvality jsou jednoduché statistické nástroje používané k řešení problémů. Tyto nástroje byly buď vyvinuty v Japonsku, nebo zavedeny v Japonsku lidmi jako Deming či Juran. Z hlediska důležitosti jsou nejužitečnějšími nástroji. Kaoru Ishikawa uvedl, že těchto 7 nástrojů lze použít k vyřešení 95 procent všech problémů. Tyto nástroje byly základem obnovení Japonského průmyslu po druhé světové válce. K řešení problémů s kvalitou se používá sedm základních nástrojů kontroly

kvality: Paretův diagram, Ishikawův diagram, histogram, regulační diagram, korelační diagram, vývojový diagram a kontrolní tabulky. Všechny tyto nástroje jsou důležité a široce používané v oblasti výroby k celkovému monitorování provozu a neustálému zlepšování procesů. Tyto nástroje se používají ke zjištění hlavních příčin a jejich eliminaci. [8]

1.6 Kontrolní tabulka

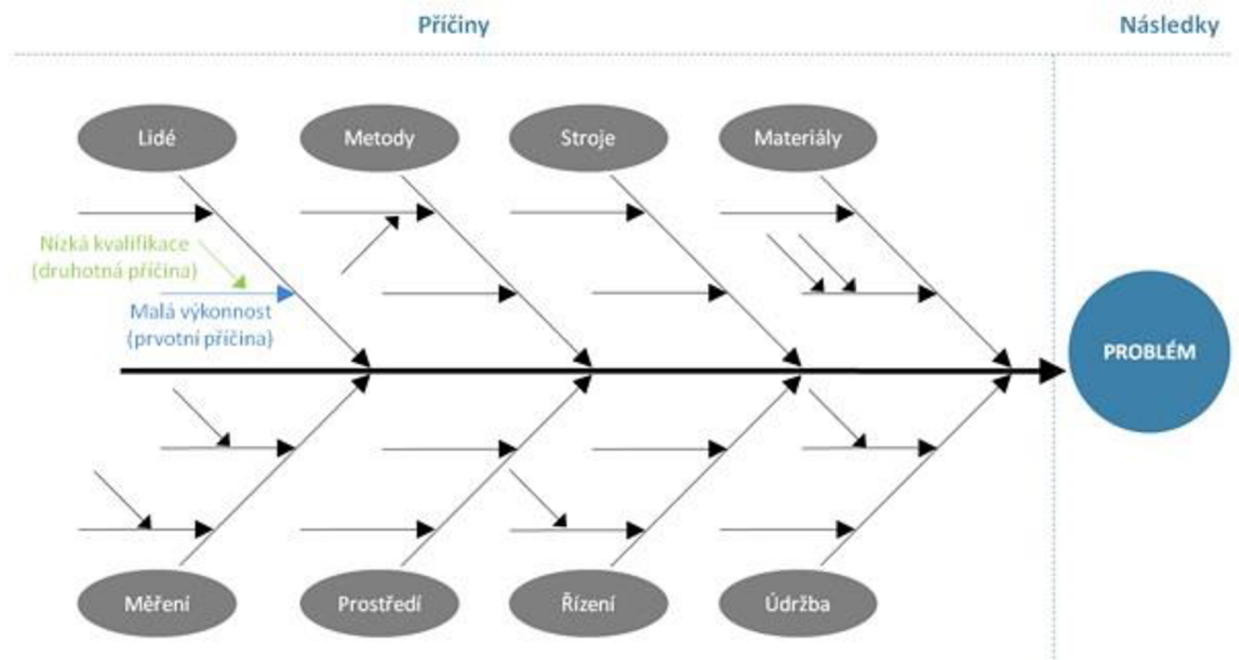
Kontrolní tabulka je prostředek k zaznamenávání údajů o příčinách neshod nebo neshodných jednotek. Lze ji například použít jako zdroj dat pro Paretův diagram. Ačkoli neexistuje jednotný návrh kontrolních listů, obecnou myšlenkou je zaznamenat všechny související informace týkající se neshod a nevyhovujících jednotek, aby listy mohly usnadnit zlepšení procesu. Tyto informace mohou zahrnovat poznámky o surovinách, výkonu stroje nebo změnách operátora. [3]



Obrázek 4: Kontrolní tabulka (Zdroj [23])

1.7 Ishikawův diagram

Také známý jako diagram příčin a následků nebo diagram rybí kosti, po dokončení vzhledově připomíná rybí kostru. Tento diagram vytvořil Kaoru Ishikawa, podporují učení Waltera Shewharta a W. Edwardsa Deminga v Japonsku po druhé světové válce. Tento nástroj je obzvláště užitečný, protože umožňuje týmům kategorizovat potenciální příčiny problému a v konečném důsledku identifikovat hlavní příčiny. Ideální doba pro použití Ishikawova diagramu je na začátku projektu, kdy nejsou k dispozici konkrétní data, nebo když existuje potřeba identifikovat příčiny, které si zaslouží další sběr dat. [9]



Obrázek 5: Ishikawův diagram (Zdroj [24])

Ishikawův diagram je sestaven s využitím následujících kroků:

1. Definovat hlavní problém

Během tohoto kroku je zásadní být co nejkonkrétnější k vymezení problému. Problém tvoří „hlavu“ rybí kosti. Dále je nakreslena vodorovná čára se šipkou směrem k problému, označující potenciální příčinu a následek.

2. Přidat kategorie hlavních příčin

Tým rozhodne o kategoriích hlavních příčin. I když je to zcela přizpůsobitelné na základě pochopení problému týmem, často se používá několik konvenčních skupin kategorií. Ve zdravotnictví mezi běžné skupiny patří: lidé, zásady, postupy a zařízení / technologie. V průmyslu se často rozdělují hlavní příčiny na metody, stroje, lidi, materiály, měření a prostředí.

3. Brainstorming

Jak tým určuje příčiny, přidávají se do diagramu připojeného k hlavním kategoriím. Během procesu brainstormingu mohou být identifikovány příčiny, které lze připsat několika kategoriím, nebo se později zjistí, že příčina, která byla původně přiřazena jedné kategorii, lépe zapadá do jiné.

4. Pořád se ptát proč

Jelikož je do diagramu přidána každá příčina, tým by se měl i nadále ptát „proč k tomu dochází,“ dokud není dosaženo úrovně, která by vedla k testovatelným změnám a měřitelným účinkům.

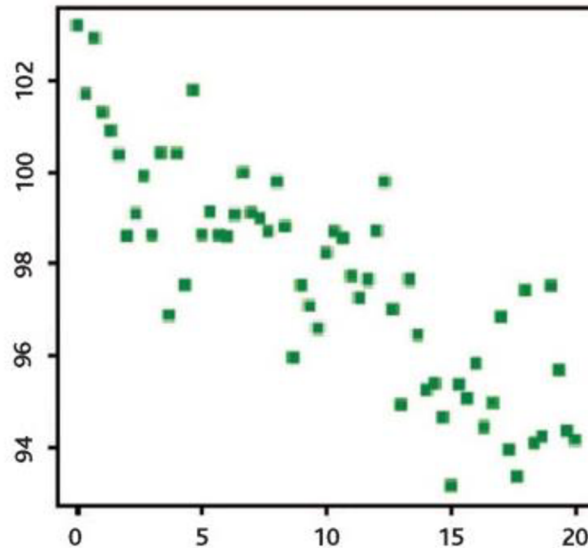
Jednou z nevýhod Ishikawova diagramu je, že bývá z velké části vyvíjen na základě vnímání členů týmu. Nakonec je důležité ověřit a otestovat uvedené příčiny. Příčiny mohou týmu poskytnout pochopení toho, kam by se mělo zaměřit na budoucí úsilí o zlepšení kvality a klíčových položek, které by měly být zahrnuty do diagramu. [9]

1.8 Korelační diagram

Korelační diagram je dalším nástrojem kvality, který je užitečný pro zobrazení vztahu mezi „spárovanými daty“ a může poskytnout mnoho užitečných informací o výrobním procesu. Bodový graf je typ matematického diagramu, který používá kartézské souřadnice k zobrazení dvou proměnných pro sadu dat.

Korelační diagram se používá, pokud existuje proměnná, která je pod kontrolou. Pokud existuje parametr, který lze systematicky zvýšit nebo snížit druhým, nazývá se nezávislá proměnná a je obvykle vykreslován podél vodorovné osy. Měřená nebo závislá proměnná se obvykle vykresluje podél svislé osy. Pokud neexistuje žádná závislá proměnná, lze oba

typy proměnných vykreslit na kteroukoli osu a bodový graf bude ilustrovat pouze stupeň korelace (nikoli příčinné souvislosti) mezi dvěma proměnnými. [10]



Obrázek 6: Korelační diagram (Zdroj [10])

Data se zobrazují jako soubor bodů, z nichž každý má hodnotu jedné proměnné určující polohu na vodorovné ose a hodnotu druhé proměnné určující polohu na svislé ose.

Co se rozumí „spárovanými“ daty? Dvě měření jsou spárována, když pocházejí ze stejné pozorovací jednotky. Párování je určeno designem studie. Nejde o skutečné hodnoty dat, ale spíše o způsob, jakým jsou hodnoty dat získány. Pozorování jsou spárována spíše než nezávislá, pokud existuje přirozená souvislost mezi pozorováním v jedné sadě měření a konkrétním pozorováním v druhé sadě měření, bez ohledu na jejich skutečné hodnoty. Data nelze analyzovat jako nezávislé vzorky.

„Párování“ se snaží snížit variabilitu, aby bylo možné provést přesnější srovnání s menším počtem subjektů. Pokud se použijí nezávislé vzorky, rozdíl mezi průměrem se porovná s variabilitou jednotlivých výsledků v každé skupině. Tato variabilita má dvě složky:

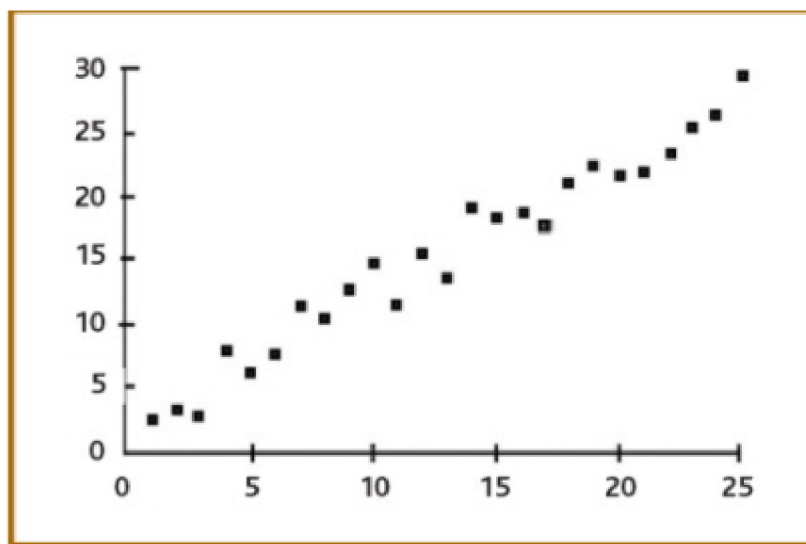
Větší složkou je obvykle variabilita mezi subjekty. Vyskytuje se tam, protože ne každý subjekt bude na konkrétní změnu reagovat stejným způsobem. Mezi subjekty bude variabilita.

Druhou složkou je variabilita v rámci subjektu. Tato variabilita je přítomna, protože ani tentýž subjekt nedává přesně stejné výsledky při každém měření. Mezi subjekty bude variabilita.

Pokud jsou obě měření prováděna na stejném subjektu, je variabilita mezi subjekty z porovnání vyloučena. Rozdíl mezi výsledky se porovnává způsobem, jakým se rozdíl mění od subjektu k subjektu.

Pojem „příčina a následek“ mezi dvěma druhy dat může také odkazovat na vztah mezi jednou příčinou a druhou, případně několika dalšími. Například vztah mezi přísadou a tvrdostí produktu, mezi řeznou rychlostí kotouče a změnami pozorovanými v délce dílů nebo vztah mezi chemickými hladinami na pokovovací lince a chybami zjištěnými při kontrole kvality vyrobeného produktu.

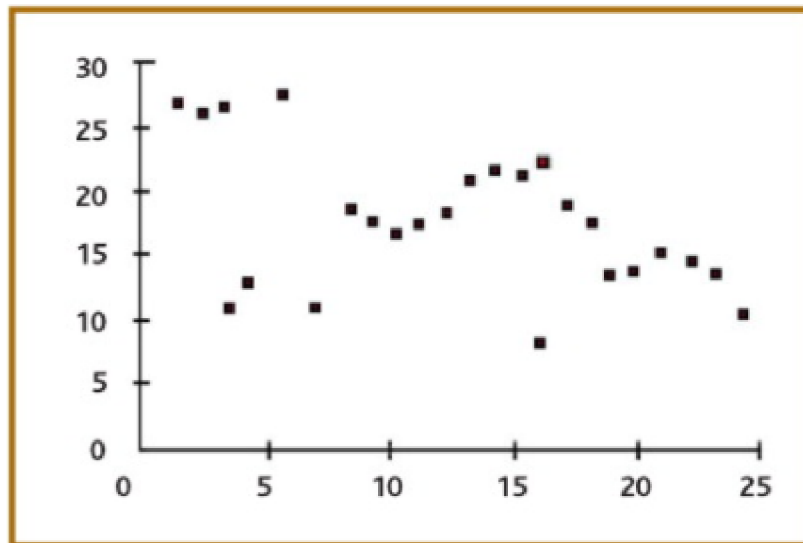
Pro ilustraci tohoto vztahu je níže několik příkladů bodových diagramů označujících vztahy mezi spárovanými daty. V těchto příkladech mají tečky, označující datové body, různé vztahy. Silná korelace naznačuje, že existuje úzký vztah mezi daty, která jsou spárována dohromady. První diagram (obrázek 7) ukazuje silný vztah, a proto mají jednotlivá měření silný vztah k dalším; je tedy možné, že jedna položka úzce ovlivňuje druhou. [10]



Obrázek 7: Silná korelace (Zdroj [10])

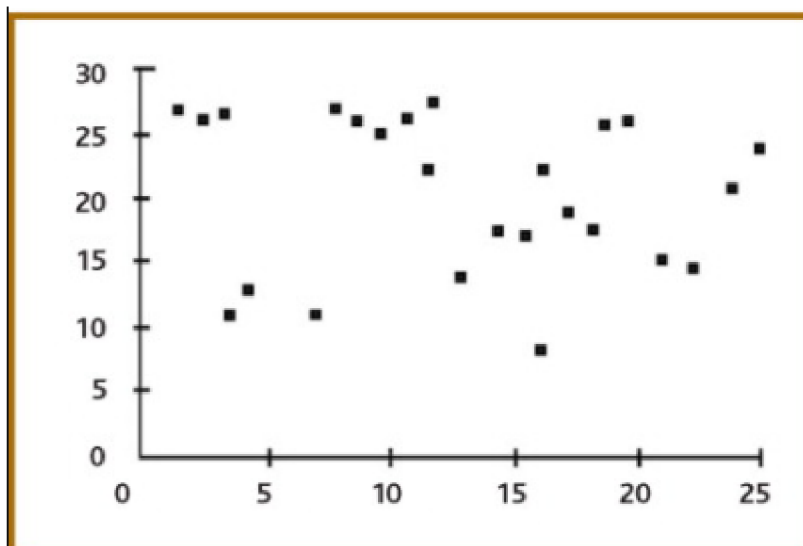
Prostřední diagram (Obrázek 8) vykazuje velkou variabilitu. Tento konkrétní diagram je obtížnější interpretovat a ve skutečnosti vyžaduje podrobnější prozkoumání, které datové body korelují a které datové body nemají absolutně žádný vztah. V tomto diagramu je

vztah mírně odlišný, což naznačuje, že v některých případech vztah existuje a v jiných případech nemusí existovat žádný vztah. V tomto případě je vztah příliš slabý nebo téměř neexistující. [10]



Obrázek 8: Střední korelace (Zdroj [10])

Poslední diagram (Obrázek 9) naznačuje, že mezi spárovanými daty neexistuje žádná korelace nebo vůbec žádný vztah. Bylo by doporučeno pokusit se najít jinou položku, kterou primární položka měří, a k níž by mohla mít vztah. [10]



Obrázek 9: Žádná korelace (Zdroj [10])

Vytvoření korelačního diagramu

KROK č. 1 – Nakreslí se soustava souřadnic, vyznačí se jednotky nebo násobky, například 10, 20 atd. Aby se vytvořil systém rovnoměrného měřítka.

KROK č. 2 – Na vodorovnou osu X se umístí nezávislá proměnná.

KROK č. 3 – Na svislou osu Y se umístí závislá proměnná.

KROK č. 4 – Vynesou body do průsečíku grafu s hodnotami X a Y.

Linearita má čtyři parametry:

1. Korelace - měří, jak dobře se data srovnávají. Čím více se data podobají přímce, tím vyšší je vzájemná korelace.

2. Sklon - Měří strmost dat. Čím strmější je sklon dat, za předpokladu, že je korelace dobrá, tím větší je význam vztahu. Změna proměnné „X“ bude mít větší dopad na proměnnou „Y“ a začne se objevovat vzor, který představuje výše uvedený diagram na obrázku 7.

3. Směr - Proměnná „X“ může mít pozitivní nebo negativní dopad na proměnnou „Y“. Když jeden faktor stoupá, druhý klesá. V pozitivní korelaci se oba faktory budou pohybovat stejným směrem.

4. Průnik osou Y - přímka vedená daty protíná osu „Y“. Pro pozitivní korelaci představuje minimální hodnotu „Y“. Pro negativní korelaci představuje maximální hodnotu „Y“.

Bodový graf může zobrazit různé druhy korelací mezi proměnnými s určitým intervalem spolehlivosti. Například váha a výška. Váha by byla na ose x a výška by byla na ose y. Korelace mohou být kladné (rostoucí), záporné (klesající) nebo nulové (nekorelované). Pokud body směřují od levého dolního rohu k pravému hornímu, naznačuje to pozitivní korelaci mezi studovanými proměnnými. Pokud se vzor teček svažuje z levého horního rohu do pravého dolního, naznačuje to negativní korelaci.

Jedním z nejsilnějších aspektů korelačního diagramu je však jeho schopnost ukázat nelineární vztahy mezi proměnnými. [10]

U bodových grafů se počítají následující hodnoty:

1. Střed X a Y: průměr všech datových bodů v datech.
2. Maximum X a Y: maximální hodnota v datech.
3. Minimum X a Y: minimální hodnota v datech.
4. Velikost vzorku: počet dat.
5. Rozsah X a Rozsah Y: Maximální hodnota mínus minimální hodnota.
6. Standardní odchylky pro hodnoty X a Y: Udává, jak moc se liší data od průměru.

Ve statistice existuje zásada, která uvádí: „Korelace neznamená kauzalitu.“ Jinými slovy, korelační diagram může ukázat, že vztah existuje, ale neprokazuje a nemůže dokázat, že jedna proměnná způsobuje druhou. Může existovat třetí faktor, který způsobuje obojí, nějakou jinou systémovou příčinu, nebo zjevný vztah může být jen náhoda.

Rozptylový graf však může poskytnout vodítko, že by mohly souviset dvě věci, a pokud ano, jak se pohybují společně. [10]

1.9 Regulační diagram

Regulační diagramy jsou diagramy sledující, jak se proces v průběhu času mění. Při aplikaci na řízení procesu se používají k určení, zda je výrobní nebo obchodní proces ve stavu kontroly, tj. rozsah odchylek v procesu po odstranění zvláštních příčin.

Pomocí dat z kontrolovaného procesu lze předpovědět, jak bude proces v budoucnu fungovat. Pokud diagram ukazuje, že proces není pod kontrolou, může analýza diagramu pomoci určit příčiny odchylek, které by pak měly být odstraněny, aby se proces vrátil zpět pod kontrolu. Regulační diagram umožňuje odlišit speciální příčiny odchylek od přirozené variability procesu.

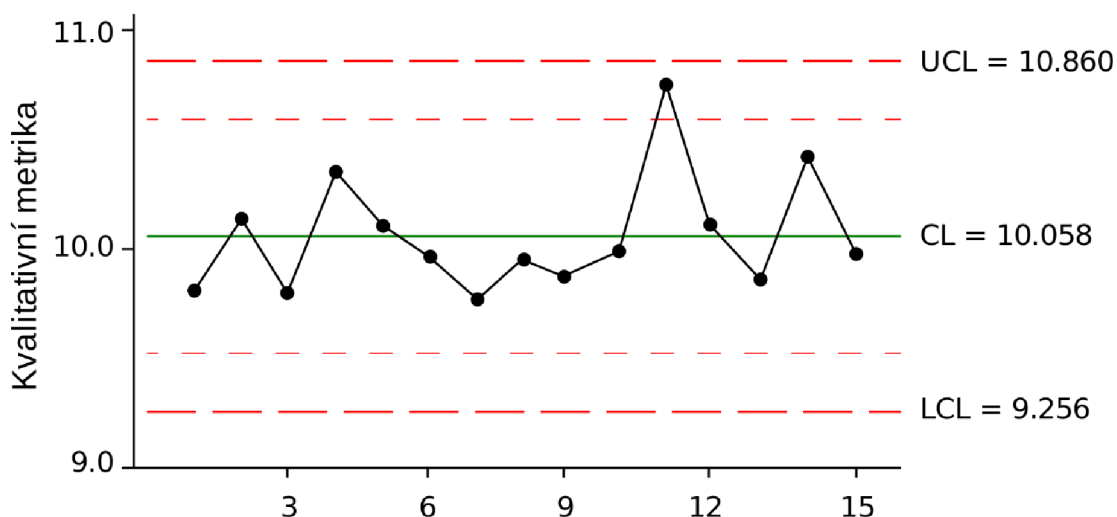
Regulační diagram je součástí objektivního a disciplinovaného přístupu, který umožňuje operátorovi činit platná rozhodnutí týkající se řízení procesu, včetně toho, zda změnit parametry řízení procesu. Parametry procesu by nikdy neměly být upravovány pro proces, který je pod kontrolou, protože to bude mít za následek snížený výkon procesu.

Regulační diagram se skládá z:

- Bodů představujících výsledky (např. průměr, rozsah, podíl) měření kvalitativní charakteristiky ve vzorcích odebraných z procesu v různých časech (data).
- Vypočte se průměr těchto hodnot za použití všech vzorků (např. Průměr průměrů, průměr rozsahů, průměr proporcí).
- Centrální přímka je zobrazena na úrovni střední hodnoty naměřených výsledků.
- Směrodatná odchylka se vypočítá ze všech hodnot.
- Horní a dolní regulační meze, které označují prahovou hodnotu, při které je výstup procesu považován za statisticky „nepravděpodobný“, jsou vzdáleny $\pm 3\sigma$ od centrální přímky, kde σ je směrodatná odchylka sledované charakteristiky.

Diagram může mít další volitelné funkce:

- Horní a dolní toleranční meze, zobrazeny ve vzdálenosti $\pm 2\sigma$ od centrální přímky, tyto meze představují pravděpodobnost 95%.
- Rozdělení do zón s přidáním pravidel upravujících frekvenci pozorování v každé zóně.
- Anotace se zajímavými událostmi [11].



Obrázek 10: Regulační diagram (Zdroj [25])

Využití grafu

Pokud je proces ve statisticky zvládnutém stavu, budou se téměř všechny (99,73%) body vykreslovat v mezích kontroly. Jakákoli zobrazení mimo meze nebo systematické vzorce uvnitř naznačují zavedení nového (a pravděpodobně neočekávaného) zdroje variace, známého jako variace speciální příčiny. Protože zvýšená variace znamená zvýšené náklady na kvalitu, vyžaduje regulační diagram upozornění na přítomnost zvláštní příčiny a okamžité prošetření.

Díky tomu jsou kontrolní meze velmi důležité rozhodovací pomůcky. Kontrolní meze upozorní na chování procesu a nemají žádný vnitřní vztah k žádným specifikačním cílům nebo technické toleranci. V praxi se procesní průměr (a tedy centrální přímká) nemusí shodovat se specifikovanou hodnotou (nebo cílem) charakteristiky kvality, protože návrh procesu jednoduše nemůže dodat charakteristiku procesu na požadované úrovni.

Specifikace mezí nebo cíle regulačních diagramů bývají omezovány z důvodu tendence osob zapojených do procesu (např. obsluhy strojů) k nedodržování provedení podle specifikace, i když ve skutečnosti je nejlevnějším postupem akce udržovat variaci procesu co nejnižší. Pokus o provedení procesu, jehož přirozené centrum není stejné jako cíl, zvyšuje variabilitu procesu, významně zvyšuje náklady a je příčinou velké neefektivity operací. Studie způsobilosti procesu zkoumají vztah mezi limity přirozených procesů (kontrolní meze) a specifikacemi.

Účelem regulačních diagramů je umožnit detekci událostí, které jsou důkazem změny. Toto jednoduché rozhodnutí může být obtížné tam, kde se procesní charakteristika neustále mění. Kontrolní tabulka poskytuje statisticky objektivní kritéria změny. Jestliže je změna detekována a považována za žádoucí, měla by být identifikována její příčina a případně se stát novým způsobem práce. Pokud je změna špatná, pak by měla být její příčina identifikována a odstraněna. [11]

Volba mezí

Shewhart zpočátku experimentoval s mezemi založenými na rozdělení pravděpodobnosti. Nakonec se rozhodl, že meze 3-sigma poskytují racionální a ekonomické vedení s minimálními ekonomickými ztrátami. Je však třeba poznamenat, že meze byly stanoveny na 6-sigma poté, co se Jack Welch zaměřil na své obchodní strategie ve společnosti General Electric v roce 1995. Proces 6-sigma bude mít 3,4 vady nebo méně

na milion dílů, zatímco proces 3-sigma bude mít $(1,00 - 0,9973 = 0,0027) \times 1\,000\,000 = 2\,700$ defektů na milion. [11]

Výpočet směrodatné odchylky

Směrodatná odchylka je obvyklý odhad z rozptylu vzorku, který se používá jako odhad celkové ztráty druhé mocniny chyb z běžných i zvláštních příčin odchylek.

Alternativní metodou je použití vztahu mezi rozsahem vzorku a jeho směrodatnou odchylkou, která má tendenci být méně ovlivněna extrémními pozorováními, které způsobují speciální příčiny. [11]

Pravidla pro detekci signálů

Nejběžnější sady pravidel jsou pravidla společnosti Western Electric a Nelsonova pravidla

Dalším kritériem je, jak dlouhý by měl být počet hodnot, pokud se nachází na stejné straně od středové čáry.

Nejdůležitějším principem pro výběr sady pravidel je, že výběr bude proveden před kontrolou údajů. Chyba typu I může být srovnávána s tzv. falešně pozitivní v jiném testu, zatímco chyba typu II může být srovnávána s tzv. falešně negativní. Volba pravidel, jakmile jsou data k dispozici, má tendenci zvyšovat míru chyb typu I.

Když bod spadá mimo limity stanovené pro daný kontrolní graf, očekává se, že osoby odpovědné za základní proces určí, zda došlo ke zvláštní příčině, a pokud ano, měla by se chyba v rámci možností odstranit.

I když je proces pod kontrolou, existuje přibližně 0,27% pravděpodobnost, že bod překročí meze řízení 3-sigma. Takže i pro kontrolovaný proces vyneseny na správně sestaveném řídicím diagramu může nakonec signál ukázat možnou přítomnost zvláštní příčiny, i když k žádné pravděpodobně nedošlo. U řídicího diagramu Shewhart využívajícího limity 3-sigma se tento falešný poplach vyskytuje v průměru jednou za $1 / 0,0027$ neboli za 370,4 pozorování. Proto je průměrná délka běhu pod kontrolou Shewhartova grafu 370,4.

I když se vyskytne zvláštní příčina, nemusí to mít dostatečnou velikost, aby graf vyvolal okamžitý poplachový stav. Pokud dojde ke zvláštní příčině, lze ji popsat měřením změny průměru nebo rozptylu daného procesu.

Většina regulačních diagramů funguje nejlépe pro numerická data s Gaussovými předpoklady. [11]

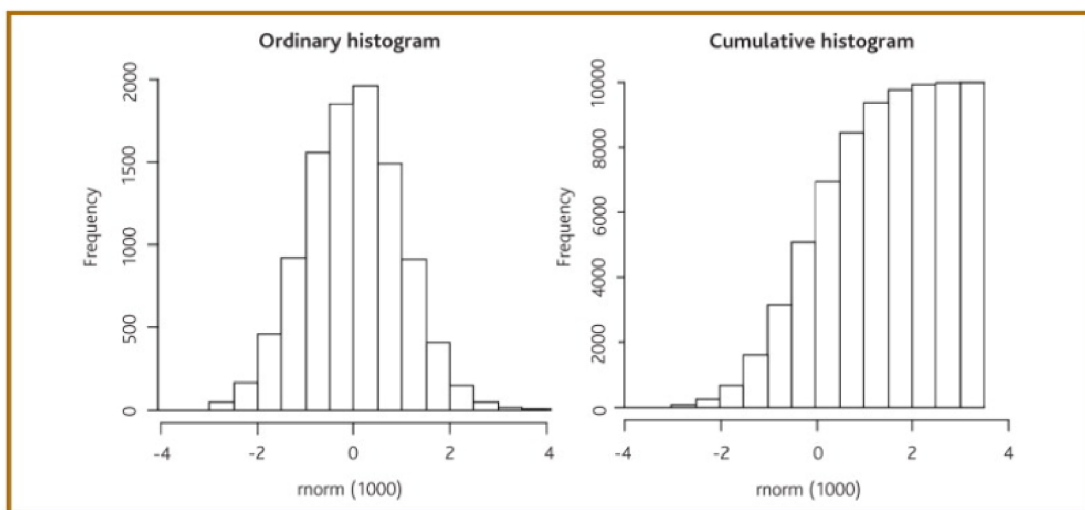
1.10 Histogram

Histogram je jedním ze sedmi základních nástrojů kontroly kvality používaných k sumarizaci, zobrazení a analýze procesních dat. Karl Pearson jej představil jako způsob, jak ukázat rozdělení pravděpodobnosti spojité proměnné.

Histogram se skládá z několika sloupců, postavených v oddělených intervalech. Výška sloupce se rovná četnosti dat v daném intervalu. Celková plocha histogramu se rovná počtu dat. Lze použít také normalizovaný histogram zobrazující relativní četnosti. Poté ukazuje podíl případů, které spadají do každé z několika kategorií, přičemž celková plocha se rovná 1. Intervaly jsou obvykle specifikovány jako po sobě jdoucí nepřekrývající se intervaly proměnné. Intervaly musí sousedit a často jsou vybrány tak, aby měly stejnou velikost. Sloupce histogramu jsou nakresleny tak, aby se navzájem dotýkaly, což znamená, že původní proměnná je spojitá.

Obyčejný histogram zobrazuje množství počátečních hodnot na jednotku intervalu, takže výška každého sloupce se rovná podílu celkových dat, která spadají do dané kategorie. Plocha pod křivkou představuje celkový počet dat.

Na obrázku 11 jsou zobrazeny histogramy s normálním a kumulativním rozdělením. Celková plocha všech sloupců se rovná 100 %. [12]



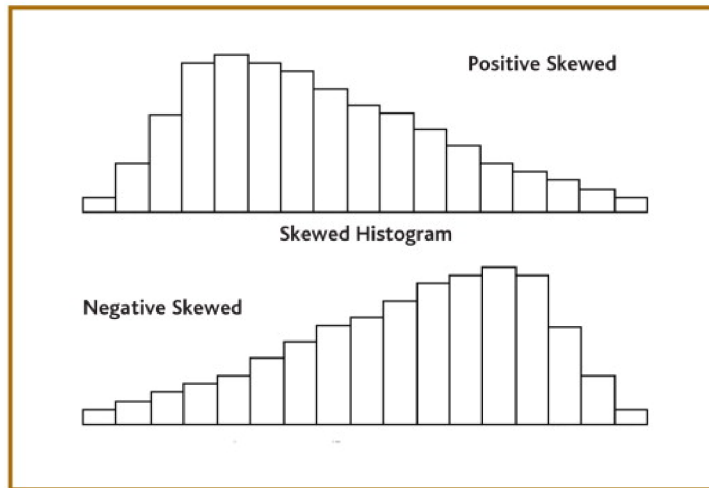
Obrázek 11: Histogram s normálním rozdělením (vlevo) a kumulativním rozdělením (vpravo) (Zdroj [12])

Jinými slovy, histogram představuje rozdělení intervalů pomocí sloupců. Intervaly jsou umístěny společně, aby se ukázalo, že data reprezentovaná histogramem, i když jsou výlučná, jsou také spojitá. (Například v histogramu je možné mít dva spojovací intervaly 10,5–20,5 a 20,5–33,5, ale ne dva spojovací intervaly 10,5–20,5 a 22,5–32,5. Prázdné intervaly jsou reprezentovány jako prázdné a nepřeskočené.)

Histogramy se používají k zobrazení hustoty dat a často pro odhad hustoty: odhad funkce hustoty pravděpodobnosti základní proměnné. Celková plocha histogramu použitá pro hustotu pravděpodobnosti je vždy normalizována na 1. Protože součet intervalů na ose x je vždy 1, histogramy jsou identické s grafy relativních frekvencí.

Tvar nebo forma rozdělení

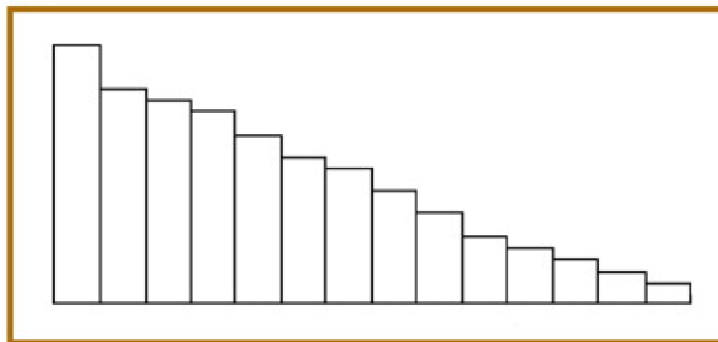
Tvar histogramu poskytuje důležité informace o rozdělení dat. Histogram může být hodně nebo mírně zkosený doleva nebo doprava. Zkosení doprava se označuje jako pozitivní zkosení a doleva jako negativní. Je také možný symetrický tvar, přestože histogram není nikdy dokonale symetrický. [12]



Obrázek 12: Ukázka zkosení histogramu (Zdroj [12])

Histogramy mohou být unimodální, bimodální nebo multimodální, v závislosti na datové sadě.

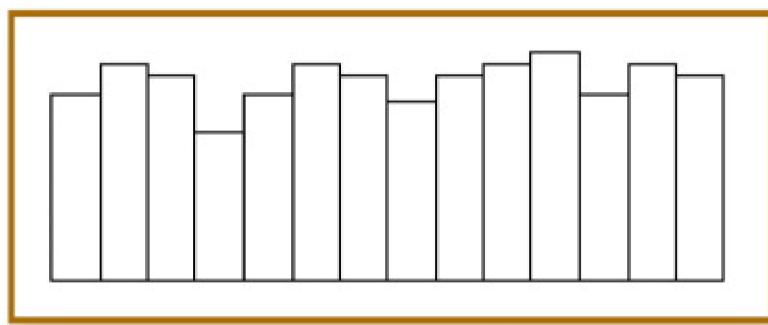
Pokud histogram na jedné straně náhle končí, může se jednat o možné třídění nebo kontrolu nevyhovujících částí. To může také znamenat, že část rozdělení byla odstraněna kontrolou. Takové postupy jsou obvykle nákladné a jsou vhodnými adepty na zlepšení. [12]



Obrázek 13: Zkrácený histogram (Zdroj [12])

Histogram plateau

Pokud histogram vyjde téměř nebo úplně plochý, tak to často znamená, že proces není dobře definován nebo pochopen osobami provádějícími práci nebo kontrolu. Jelikož jednotlivci provádějí proces různými způsoby, existuje mnoho různých měření a žádné nevyniká. Řešením je jasnější definování parametrů procesu nebo dílů. [12]



Obrázek 14: Histogram plateau (Zdroj [12])

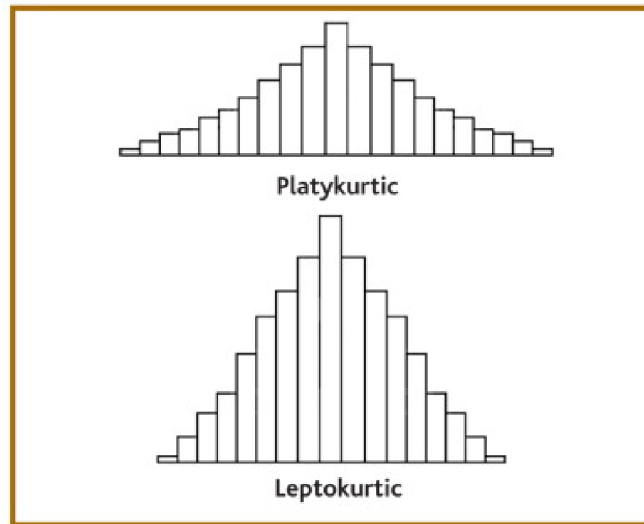
Plošina by se dala nazvat „multimodální distribucí“. Kombinuje se několik procesů s normálním rozdělením. Protože existuje mnoho vrcholů blízko sebe, vrchol distribuce připomíná náhorní plošinu. [12]

Počet sloupců a šířka.

Neexistuje ideální počet sloupců a různé velikosti sloupců mohou odhalit různé vlastnosti dat. Někteří teoretici se pokoušeli určit optimální počet sloupců, ale tyto metody obecně vytvářejí silné předpoklady o tvaru rozdělení. V závislosti na skutečném rozdělení dat a cílech analýzy mohou být vhodné různé šířky sloupců, takže ke stanovení vhodné šířky je obvykle nutné experimentovat. Existují však různé užitečné pokyny a pravidla. [12]

Koeficient špičatosti

Pro koeficient špičatosti platí, že čím je vyšší špičatost, tím větší část rozptylu je výsledkem občasných extrémních odchylek, na rozdíl od častých mírně malých odchylek. Je běžnou praxí použít upravenou verzi Pearsonova rozdělení, nadměrné špičatosti, aby bylo možné porovnat tvar daného rozdělení s tvarem normálního rozdělení. Rozdělení se záporným přebytkem špičatosti se označuje jako platykurtické a s pozitivním přebytkem špičatosti se nazývá leptokurtické rozdělení. Když se křivka nebo histogram porovnává s normálním rozdělením, má platykurtická datová sada plošší vrchol. [12]

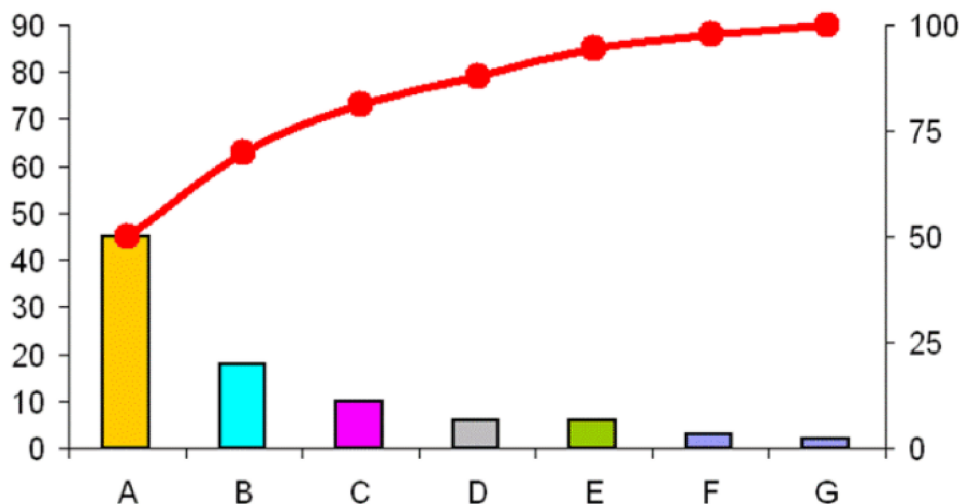


Obrázek 15: Špičatost histogramu (Zdroj [12])

Leptokurické rozdělení je popis špičatosti, ve kterém je statistická hodnota kladná. Má vyšší vrcholy kolem průměru ve srovnání s normálním rozdělením. Japonský vědec Genechi Taguchi uvedl, že cílem výroby by nemělo být jednoduše vyrábět produkt v rámci specifikace, ale cílem by mělo být vyrábět produkt co nejbližší nominálnímu. Princip Taguchi je základem, na kterém jsou založeny teorie a praxe šesti sigma. [12]

1.11 Paretův diagram

Paretův diagram je sloupcový graf podobný histogramu. Liší se však tím, že výšky obdélníků v histogramu nejsou v sestupném pořadí, zatímco v Paretově diagramu ano. Název nese po italském ekonomovi Vilfredo Pareto (1848-1923), ovšem J. M. Juran je považován za prvního člověka, který jej aplikoval na průmyslové problémy. Myšlenka je docela jednoduchá. Jsou uvedeny příčiny všeho, co je vyšetřováno (např. nevyhovující položky), a pro každou příčinu jsou přiřazena procenta, takže celkem je 100 %. Procenta se poté použijí ke konstrukci diagramu, který je v podstatě sloupcovým grafem. Vytvoří se Paretův diagram s libovolnou proměnnou, která je na svislé ose. Příklad Paretova diagramu je uveden na obrázku 16. [3]



Obrázek 16: Paretův diagram (Zdroj [26])

V oblasti řízení je tato metoda jednou z nejefektivnějších běžně dostupných a jednoduše aplikovatelných rozhodujících nástrojů. Tato technika slouží k přehlednému stanovení priorit. Sloupce v Paretově diagramu jsou seřazeny od nejvyššího k nejnižšímu. Cílem je tedy oddělit podstatné příčiny od méně podstatných a ukázat, na co se přednostně zaměřit při zlepšování procesů. Paretovu analýzu lze využít v následujících oblastech:

- analýza počtu neshodných výrobků a jejich druhů
- analýza ztrát s nimi spojených
- analýza časových a finančních ztrát spojených s vypořádáním neshodných výrobků
- analýza reklamací z hlediska finančních ztrát či důvodů reklamací
- analýza příčin výroby neshodných výrobků
- analýza příčin prostojů strojů
- analýza poruch a havárií zařízení
- analýza opotřebení nářadí
- srovnání stavu před realizací a po realizaci opatření ke zlepšení

Analýzu lze využít jak k vyhledání a definování nejpodstatnějších či nejnákladnějších problémů, tak k identifikaci problému u „životně důležité menšiny“ příčin, které způsobují definovaný nebo již odhalený problém. Příkladem životně důležité menšiny může být

výskyt nejčetnějšího druhu neshodných výrobků. V tomto případě se Paretova analýza může provádět po sestavení Ishikawova diagramu.

Postup při Paretově analýze:

1. volba faktorů
2. volba hlediska analýzy
3. sběr a záznam dat
4. sestavení Paretova diagramu
5. volba kritéria pro stanovení životně důležité menšiny faktorů a stanovení životně důležitých faktorů
6. analýza faktorů stanovených jako životně důležitá menšina

Volba faktorů je dána řešeným problémem. Může se jednat například o vysokou míru zmetkovitosti, vysoký počet reklamací, časté poruchy strojů, atd.

Každý problém lze hodnotit z 3 základních hledisek:

- nákladového
- prosté četnosti jednotlivých faktorů
- významnosti daných faktorů

Volba hlediska a sledovaného ukazatele záleží na cílech a prioritách řešení problému. Analýzu lze provést pouze podle jednoho hlediska, ale je možné provést i tzv. vícenásobnou Paretovu analýzu, kdy je problém řešen z několika hledisek. Při sestavení Paretova diagramu je třeba provést tyto činnosti:

1. setřídění faktorů sestupně podle hodnot zvoleného ukazatele
2. výpočet absolutní kumulativní četnosti a kumulativní četnosti v %
3. sestrojení Paretova diagramu, tj.:
 - vyznačení jednotlivých faktorů na ose x
 - sestrojení levé osy y a pravé osy y
 - zakreslení sloupců pro jednotlivé faktory
 - sestrojení Lorenzovy křivky (spojnice bodů, které jsou pravými rohy jednotlivých sloupců) [1]

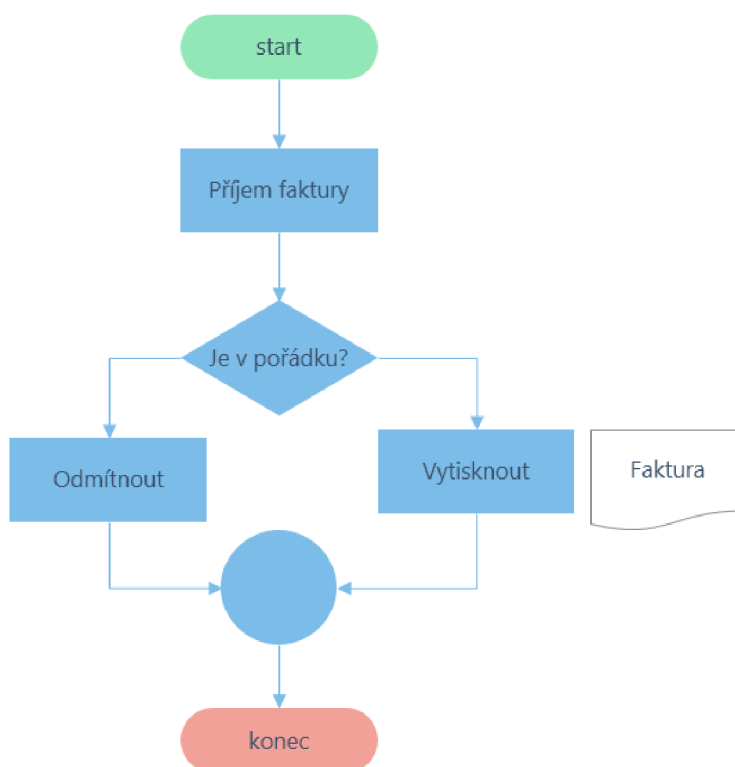
1.12 Vývojový diagram

Vývojový diagram slouží ke grafickému znázornění procesu, postupu nebo algoritmu. Jedná se o konečný orientovaný graf, který má definovaný jeden začátek a jeden konec. Smyslem vývojového diagramu je co nejpřehledněji znázornit tok kroků v procesu od začátku do konce. Jelikož se jedná o grafické zobrazení, tak je lépe pochopitelný než jen slovní popis. Vývojový diagram tvoří geometrické symboly pro zobrazení různých elementů v procesu. Hlavními prvky jsou start, konec, rozhodnutí a aktivita.

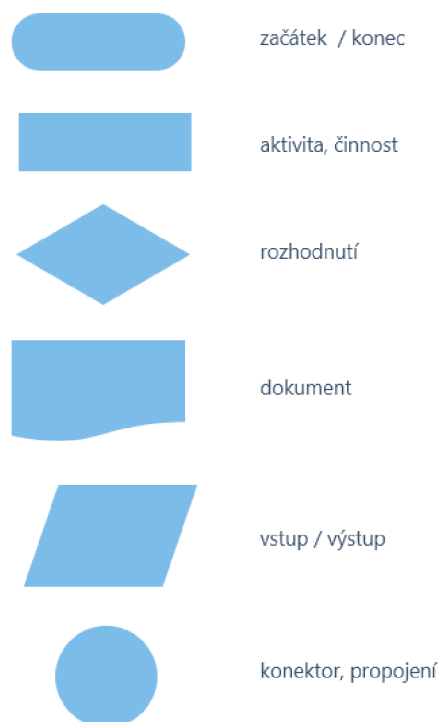
Vývojovým diagramem lze vytvořit popis sekvence kroků pro následující příklady:

- popis procesu
- popis výrobního procesu
- popis pracovního postupu
- popis algoritmu počítačového programu

Příklad vývojového diagramu můžeme vidět na obrázku 17. Základní prvky vývojového diagramy jsou na obrázku 18. [1,13]



Obrázek 17: Vývojový diagram (Zdroj [13])



Obrázek 18: Prvky vývojového diagramu (Zdroj [13])

1.13 Statistická přejímka

Statistická přejímka je druh výběrové kontroly. Pomocí statistické přejímky se rozhodne, zda daná dávka materiálu, polotovarů či konečných výrobků splňuje stanovené požadavky na kvalitu a zda bude přijata nebo zamítnuta. Nejedná se o 100% kontrolu, ale o kontrolu náhodně odebraných vzorků z posuzované dávky. O splnění požadavků na úroveň jakosti dané dávky se rozhoduje podle přejímacího plánu. Díky dodržení přejímacího plánu lze objektivně rozhodnout o celé dávce. Statistickou přejímku lze využít při vstupní, mezioperační i výstupní kontrole.

Přejímací plán je předem určené pravidlo pro rozhodnutí o přijetí či zamítnutí dávky. Je tvořen rozsahy z výběru, které se mají použít a příslušnými přejímacími kritérii.

Přejímací kritérium je tvořeno dvěma hodnotami. Přejímací číslo A_c vyjadřuje nejvyšší přípustný počet neshodných jednotek ve výběru. Zamítací číslo R_e vyjadřuje nepřípustný počet neshodných jednotek ve výběru. U statistické přejímky měřením se ještě určuje přejímací číslo K .

Přijatelná úroveň jakosti vyjadřuje úroveň jakosti, při níž odběratel přijme kontrolovanou dávku.

AQL (Acceptable Quality Level), neboli přípustná mez jakosti, vyjadřuje nejhorší přijatelnou hodnotu průměrného procenta neshodných jednotek ve výrobním procesu. Využívá se u přejímky srovnáním i měřením. Přejímací plány AQL slouží ke kontrole stejného produktu od téhož dodavatele. [1,2]

1.14 Kaloty

Hliníková kalota je druh kovového polotovaru vyrobeného z hliníkové slitiny se stříbrnou barvou o různých tloušťkách a tvarech, například kruh, ovál nebo obdélník. Hliníkové kaloty jsou široce využívány jako základní materiál, který se obvykle používá pro výrobu skládacích trubek, aerosolových nádobek, průmyslových dílů a dalších výrobků.

Hliníkové kaloty jsou kompozitní slitiny s vysokou čistotou hliníku. Jako surovina se nejčastěji používají slitiny A5 a A7, protože jsou lépe tvarovatelné, odolné proti korozi a mají vhodnou tvrdost a sílu pro výrobu trubek. [14]



Obrázek 19: Kaloty (Zdroj [30])

1.15 Proces výroby kalot

Pro dosažení vhodného složení a kvality produktu je tavenina legována, udržována a čištěna. Po tomto zpracování je tavenina připravena k odlévání. Ve slévárně se slitina odlévá do úzkých pásů různých šířek. Úzký odlitý pás je poté válcován za tepla, kde je zmenšena jeho tloušťka a svine se.

Hotová cívka slouží jako vstupní materiál pro proces výroby kalot. Následně se válcuje za studena. Cívka válcovaná za studena je poté přepravena na děrovací linky, kde se z ní vysekají kaloty.

Poté jsou kaloty přesunuty do žíhací pece k žíhání na příslušnou tvrdost, aby získaly optimální mechanické a tvarovací vlastnosti, nezbytné pro další transformaci zákazníkem. Následně proběhne povrchová úprava tryskáním. [15]

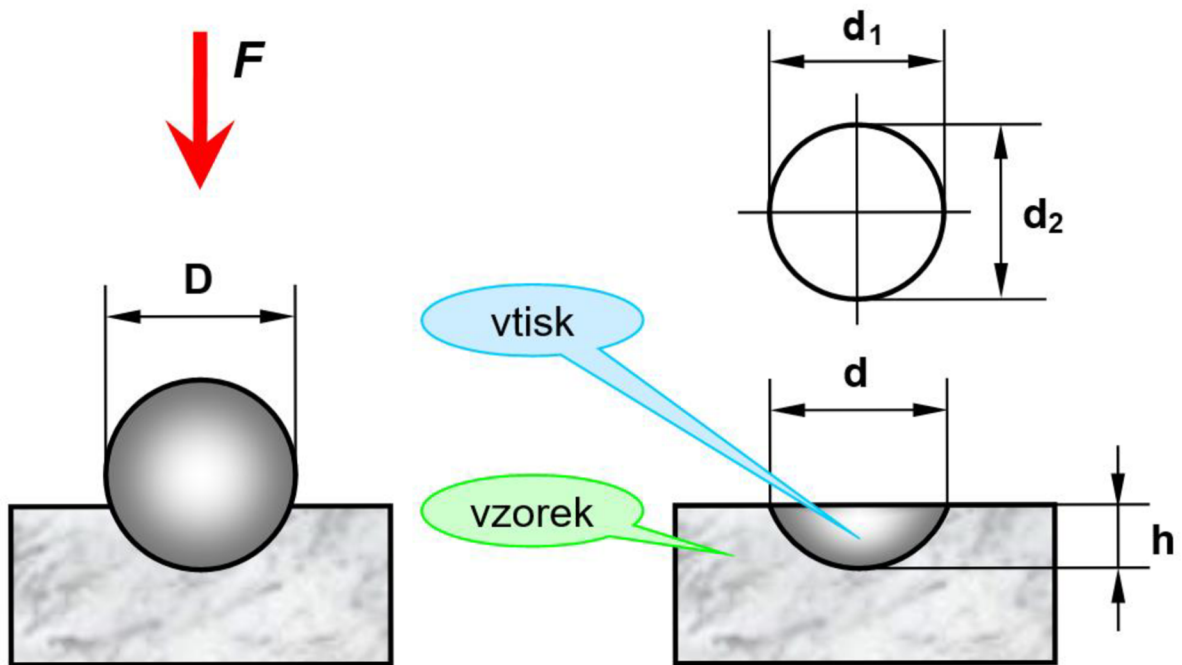
1.16 Zkouška tvrdosti podle Brinella

Zkouška tvrdosti podle Brinella byla poprvé předvedena roku 1900 na mezinárodním kongresu pro zkoušení materiálu. Jejím autorem je švédský inženýr J. A. Brinell. Tato metoda se ujala a dodnes je nejrozšířenější zkouškou tvrdosti. Lze ji využít při měření měkkých a středně tvrdých materiálů s heterogenní strukturou. Metodu lze uplatnit na velké množství kovů, čímž lze získat průměrnou hodnotu celé struktury materiálu.

Pro zkoušku tvrdosti podle Brinella platí norma ČSN EN ISO 6506. Norma se skládá z těchto částí:

- **ČSN EN ISO 6506-1:** Kovové materiály - Zkouška tvrdosti podle Brinella - Část 1: Zkušební metoda
- **ČSN EN ISO 6506-2:** Kovové materiály - Zkouška tvrdosti podle Brinella - Část 2: Ověřování tvrdoměrů Brinell
- **ČSN EN ISO 6506-3:** Kovové materiály - Zkouška tvrdosti podle Brinella - Část 3: Ověřování tvrdoměrných destiček Brinell
- **ČSN EN ISO 6506-4:** Kovové materiály - Zkouška tvrdosti podle Brinella - Část 4: Tabulky hodnot tvrdosti

Metoda je založena na zatlačování vnikajícího tělesa, například kuličky z tvrdokovu, o průměru D do povrchu zkoušeného tělesa silou F . Po odlehčení se určí průměr vtisku d . [16]



Obrázek 20: Schéma zkoušky tvrdosti podle Brinella (Zdroj [16])

Výpočet tvrdosti se spočítá podle vzorce:

$$HBW = 0,102 \times \frac{2F}{\pi \times D^2 \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}}\right)}$$

D - průměr kuličky [mm]

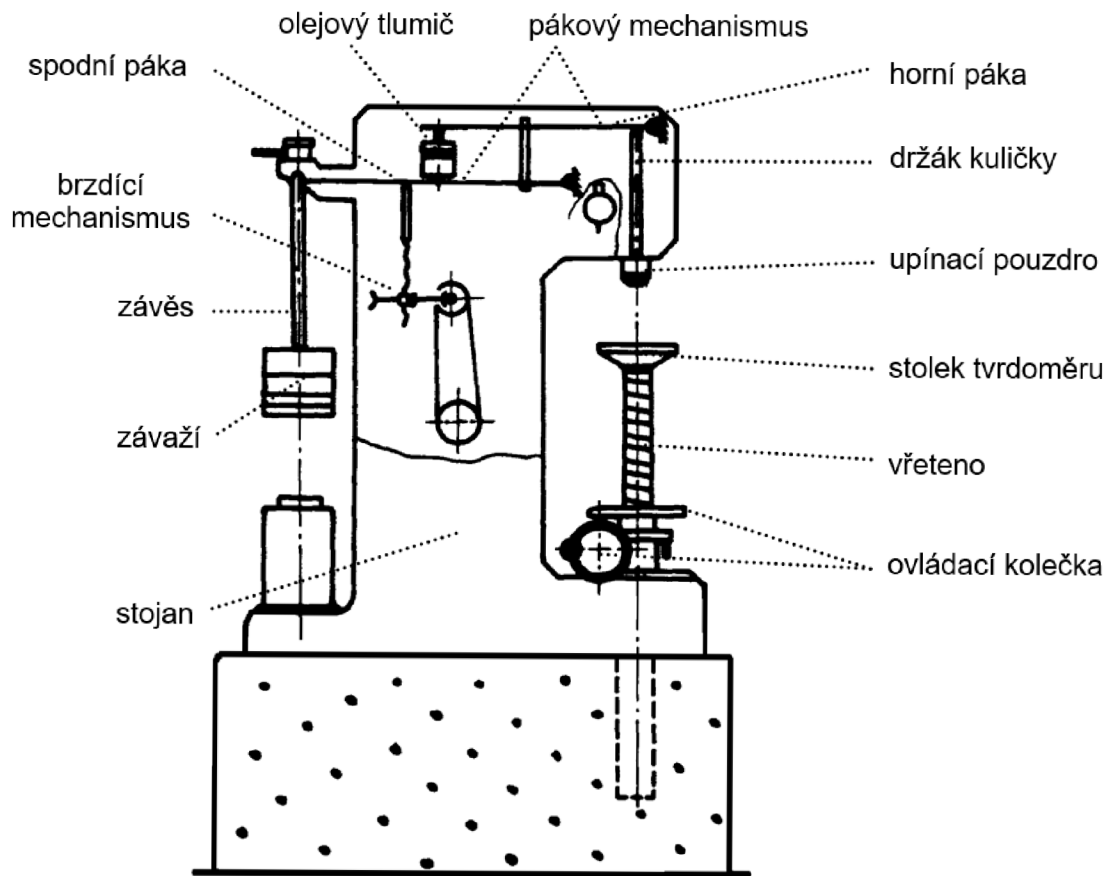
F - zkušební zatížení [N]

d - střední průměr vtisku [mm]

h - hloubka vtisku [mm]

konstanta- $0,102 = \frac{1}{g} = \frac{1}{9,807}$

Zkušební zařízení se nazývá tvrdoměr a je tvořeno třemi částmi: zkušební přístroj, vnikací těleso a měřící zařízení. [17]



Obrázek 21: Schéma přístroje na měření tvrdosti podle Brinella (Zdroj [16])



Obrázek 22: Digitální tvrdoměr (Zdroj [27])

Pro provedení zkoušky musí mít měřené těleso rovný a hladký povrch bez okují a bez mazadel. Tloušťka tělesa musí být minimálně osminásobně větší než předpokládaná hloubka vtisku. Povrch tělesa musí být připraven tak, aby se eliminovala jeho změna způsobena například ohřevem nebo tvářením za studena.

K provedení měření je potřeba dodržet několik zkušebních podmínek:

- teplota během zkoušky by měla být v rozmezí od 10 do 35°C
- zkušební zatížení musí být zvoleno tak, aby průměr vtisku d byl v rozmezí 0,24D až 0,6D (tabulka 4) a doporučené indexy zatížení k průměru, při konkrétním materiálu, jsou uvedeny v tabulce 3

- doba zatěžování od počátku do jeho plné hodnoty by měla být v rozmezí 2-8s, plné zkušební zatížení by mělo trvat 10-15s
- během zkoušky musí být přístroj chráněn před chvěním a otřesy, které mohou ovlivnit výsledky zkoušky
- minimální vzdálenost vtisků je uvedena v tabulce 5
- průměr vtisku se měří ve dvou na sebe kolmých směrech a hodnota výsledná se určí z jejich průměru [17]

Tabulka 3: Doporučené indexy zatížení k průměru u různých kovových materiálů (Zdroj [16])

Materiál	Tvrдость podle Brinella	$\frac{0,102 \cdot F}{D^2}$
Ocel		30
Litina	< 140	10
	≥ 140	30
Měď a její slitiny	< 35	5
	35 ÷ 200	10
	> 200	30
Lehké kovy a jejich slitiny	< 35	1,25
		2,5
	35 ÷ 80	5
		10
		15
	> 80	10
15		
Olovo, cín		1
		1,25
Spékané kovy	viz EN 24 498 -1	

Tabulka 4: Zkušební zatížení pro zkoušku tvrdosti podle Brinella (Zdroj [16])

Značka tvrdosti	Průměr kuličky D [mm]	$\frac{0,102 \cdot F}{D^2}$	Zkušební zatížení F [N]
HBS (HBW) 10/3000	10	30	$29,24 \cdot 10^3$
HBS (HBW) 10/1500	10	15	$14,71 \cdot 10^3$
HBS (HBW) 10/1000	10	10	$9,807 \cdot 10^3$
HBS (HBW) 10/500	10	5	$4,903 \cdot 10^3$
HBS (HBW) 10/250	10	2,5	$2,452 \cdot 10^3$
HBS (HBW) 10/125	10	1,25	$1,226 \cdot 10^3$
HBS (HBW) 10/100	10	1	980,7
HBS (HBW) 5/750	5	30	$7,355 \cdot 10^3$
HBS (HBW) 5/250	5	10	$2,452 \cdot 10^3$
HBS (HBW) 5/125	5	5	$1,226 \cdot 10^3$
HBS (HBW) 5/62,5	5	2,5	612,9
HBS (HBW) 5/31,25	5	1,25	306,5
HBS (HBW) 5/25	5	1	245,2
HBS (HBW) 2,5/187,5	2,5	30	$1,839 \cdot 10^3$
HBS (HBW) 2,5/62,5	2,5	10	612,9
HBS (HBW) 2,5/31,25	2,5	5	306,5
HBS (HBW) 2,5/15,625	2,5	2,5	153,2
HBS (HBW) 2,5/7,8125	2,5	1,25	76,61
HBS (HBW) 2,5/6,25	2,5	1	61,29
HBS (HBW) 2/120	2	30	$1,177 \cdot 10^3$
HBS (HBW) 2/40	2	10	392,3
HBS (HBW) 2/20	2	5	196,1
HBS (HBW) 2/10	2	2,5	98,07
HBS (HBW) 2/5	2	1,25	49,03
HBS (HBW) 2/4	2	1	39,23
HBS (HBW) 1/30	1	30	294,2
HBS (HBW) 1/10	1	10	98,07
HBS (HBW) 1/5	1	5	49,03
HBS (HBW) 1/2,5	1	2,5	24,52
HBS (HBW) 1/1,25	1	1,25	12,26
HBS (HBW) 1/1	1	1	9,807

Tabulka 5: Minimální vzdálenost vtisků (Zdroj [16])

Materiál	Vzdálenost středu vtisku k okraji zkoušeného tělesa	Vzdálenost středů dvou sousedních vtisků
s tvrdostí ≥ 150 HB	nejméně $2,5 \cdot d$	nejméně $4 \cdot d$
s tvrdostí ≤ 150 HB	nejméně $3 \cdot d$	nejméně $6 \cdot d$

Příklad označení tvrdosti podle Brinella: 600HBW 1/30/20

600 - hodnota tvrdosti

HBW - značka tvrdosti

1 - Průměr kuličky

30 - přibližná hodnota zkušebního ekvivalentního zatížení v kgf, kde 30 kgf = 294,2 N

20 - doba zkušebního zatížení [17]

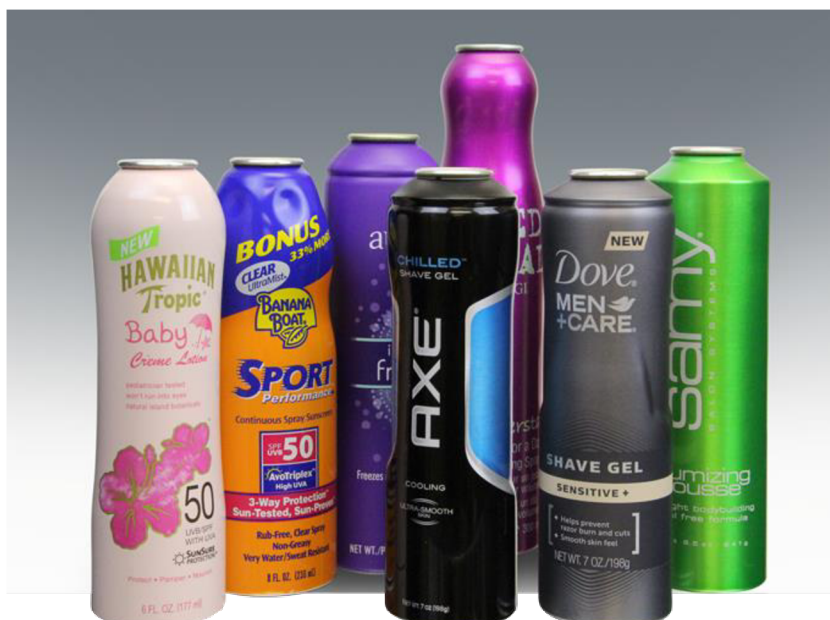
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Úvod analytické části obsahuje základní informace o společnosti, definuje předmět podnikání, popisuje informační systémy společnosti a organizační strukturu. Globální analýza poskytuje informace o současném stavu procesů zachycených v procesních mapách, je popsán průběh zakázky, včetně upozornění na chyby. Detailní analýza obsahuje důkladný popis vybraných procesů, v tomto případě procesy výroby a kontroly, včetně grafického zobrazení.

2.1 Předmět podnikání

Hlavním předmětem podnikání společnosti MORAVIA CANS a.s. je výroba a prodej hliníkových obalů na aerosoly. Dále jsou to:

- výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona
- výroba nebezpečných chemických směsí a prodej chemických látek a chemických směsí klasifikovaných jako vysoce toxické a toxické
- výroba, instalace, opravy elektrických strojů a přístrojů, elektrických a telekomunikačních zařízení
- zámečnictví, nástrojařství



Obrázek 23: Aersolové nádoby (Zdroj [31])

2.2 Historie společnosti

Společnost MORAVIA CANS a.s. byla založena v roce 1992 fondem národního majetku ČR v rámci tzv. kupónové privatizace. Na společnost přešla část majetku státního podniku Zeveta, s.p., konkrétně ta část Zevety, vyrábějící hliníkové aerosolové nádoby již od roku 1966. Roku 1997 společnost získala certifikaci ISO 9001. V roce 2004 byly vyvinuty a začaly se vyrábět plně tvarované výrobky. Následující rok byly zavedeny nové výrobní linky s novou technologií protahování. Díky této technologii jsou nádoby lehčí a pevnější, což ušetří 30 % materiálu, čímž se dostali na vedoucí pozici na trhu ve snižování váhy nádobek. O rok později byly instalovány stahovací lisys s dvojnásobným počtem stanic pro výrobu složitějších tvarů nádobek. V roce 2010 byl zavedený kontrolní systém Wilco, jenž slouží k detekci miniaturních otvorů až do velikosti 10 μ m pomocí natlakování vzduchem. Další rok došlo k navýšení výrobní kapacity a byla pořízena nová výrobní linka, jenž dokáže vyprodukovat až 250 kusů za minutu. O rok později byl v podniku zaveden první light-tester na světě sloužící k detekci miniaturních otvorů na nádobkách. Kontrola probíhá pomocí světla a oproti systému Wilco je zařízení mnohem menší. Roku 2014 bylo oddělení pro výzkum a vývoj posíleno o dva off-line stahovací lisys určené pro vývoj další generace tvarů nádobek. Toto řešení umožnilo vývoj nových tvarů, aniž by to blokovalo výrobu. Následující rok proběhlo další rozšíření pro výzkum a vývoj, tentokrát off-line potiskovačka. Byla pořízena k vývoji a testování nového potisku, aniž by se musela zastavovat výroba. Se stále vzrůstajícím počtem objednávek bylo nutné v roce 2016 postavit novou výrobní halu. Roku 2017 byla instalovaná druhá výrobní linka na novou halu a tento rok společnost získala i několik ocenění: The CanMaker Can of the Year Award 2017, The CanMaker Gold Award Aerosols 2017 a The CanMaker Sustainability Award 2017. [18]

2.3 Velikost společnosti

Společnost zaměstnává kolem 500 zaměstnanců. Podle definice o velikosti podniků se společnost řadí mezi tzv. velké podniky.

2.4 Společnost na trhu

Hlavními odběrateli jsou Velká Británie, Německo, Polsko, Itálie, Portugalsko, Francie a Belgie. Ačkoli firma exportuje i do USA, Afriky a Jižní Ameriky, tak 90 % odbytu je nadále v rámci EU.

Největší zákazníci v roce 2019 (abecedně):

- Coty
- Henkel
- L'Oréal
- Procter&Gamble
- Unilever

2.5 Konkurence v oboru

Hlavním konkurentem na trhu je společnost Ball Aerosol Packaging CZ s.r.o. se sídlem ve Velimi. Jejich největšími zákazníky jsou Henkel, Unilever, Beiersdorf, L'Oréal.

2.6 Dodavatelé

Podnik využívá 3 hlavní dodavatele, jejichž kaloty se liší rozměry, chemickým složením, tvrdostí a cenou. Někteří dodavatelé vyrábí kaloty vyvinuty oddělením R&D Moravia cans. Jedná se společnosti Talum, Aluman S.A. a RHEINFELDEN ALLOYS GmbH & Co. KG

2.7 Informační systémy společnosti

Podnik využívá ERP systém QAD a MES systém MASA.

Systém QAD obsahuje informace o zásobách materiálu, hotových výrobcích, technologické postupy, výrobní plány, metriky, údaje prodeje a služeb, dodavatelský řetězec, data ekonomického oddělení, kmenová data, správu systému, zákaznické úpravy, BPM řízení procesů, výstrahy a další.

Systém MASA obsahuje okamžitý přehled o dění na sledovaných strojích, sběr dat z výroby, statistické vyhodnocení dat, analýzu zmetkovitosti, poruchovosti a prostojů,

využití časového efektivního fondu, záznamy měření, směnové reporty, reporty výzev měření operátorů.

2.8 Organizační struktura

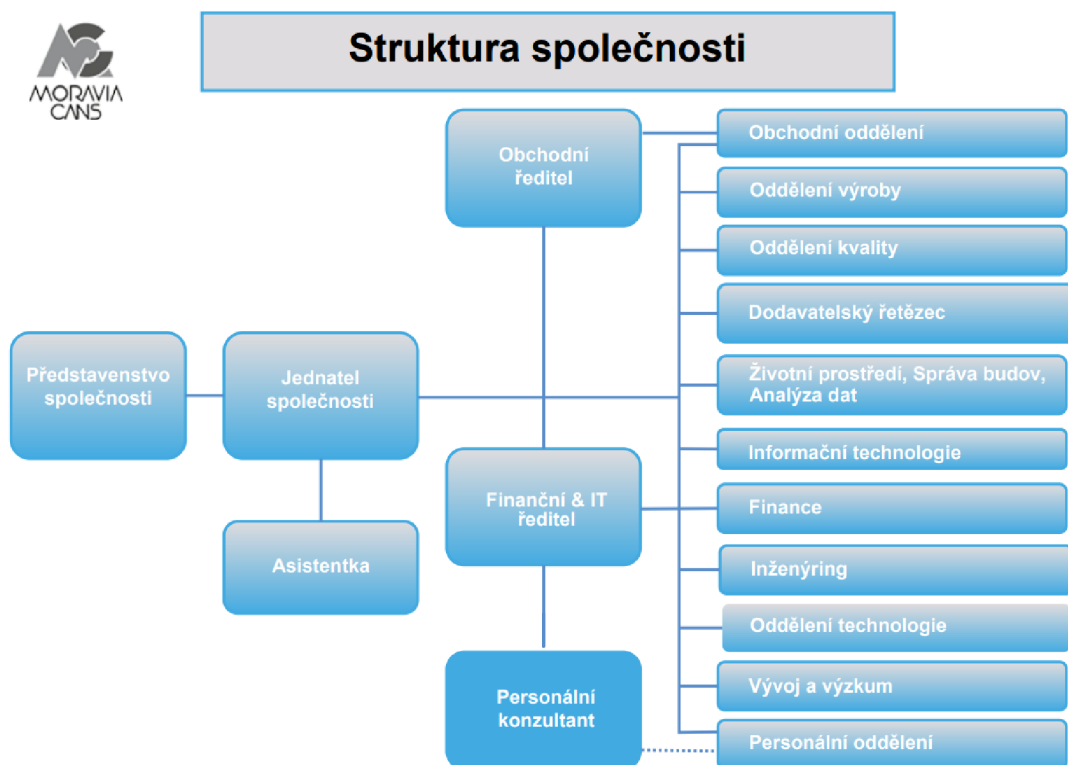
Organizační struktura je zobrazena na obrázku 24.

Obchodní oddělení odpovídá za tvorbu obchodního plánu, zpracování RFQ, řízení vztahu se zákazníkem, marketing, hodnocení výkonnosti dodavatele a nákup palet, kalot, past, laků a režijního zboží.

Oddělení výroby zajišťuje přípravu pracoviště na výrobu, průběh výroby a přenos dat z MES systému do ERP systému.

Oddělení kvality má na starost kontrolu nastavení výrobní linky před zahájením výroby, průběžné kontroly, blokaci a třídění neshodných kusů, archivaci referenčních vzorků, tvorbu certifikátů a audity.

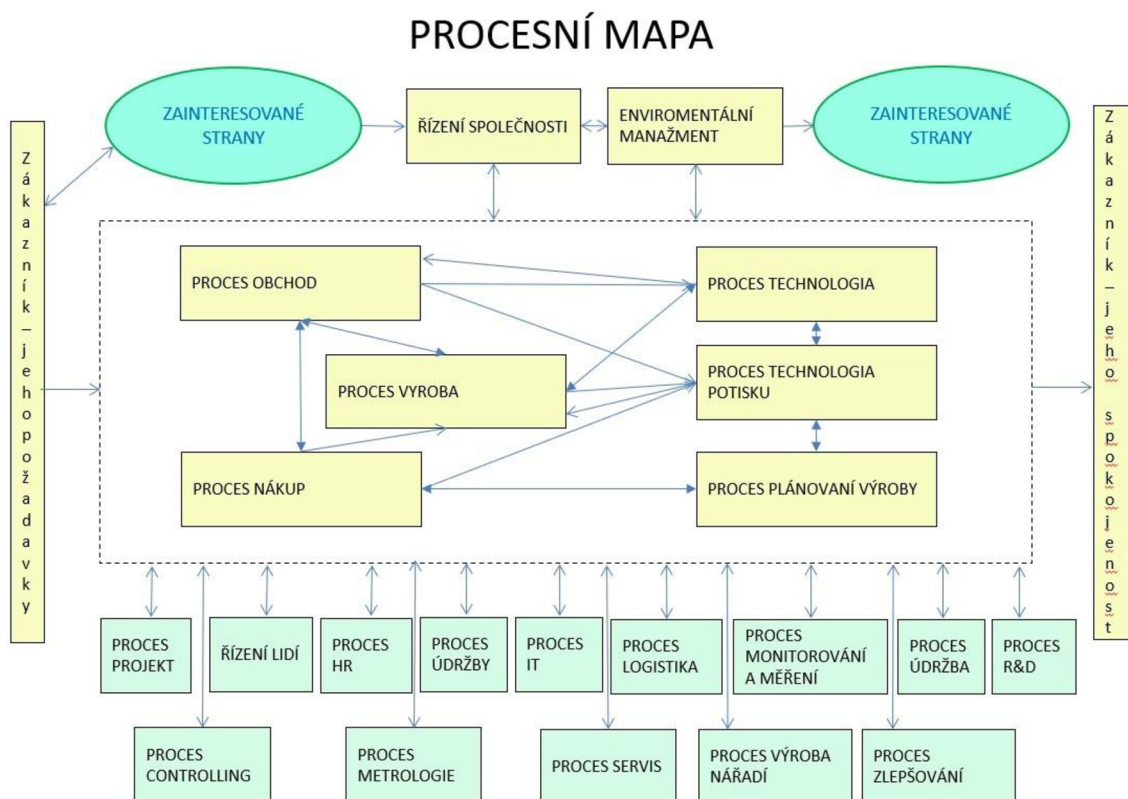
Oddělení logistiky odpovídá za přijetí materiálu, jeho kontrolu a uskladnění. Dále za přesun materiálu v rámci přípravy na výrobu a do výroby. Po dokončení výroby odpovídá za uskladnění výrobků a odeslání zákazníkovi.



Obrázek 24: Organizační struktura (Zdroj [19])

2.9 Globální analýza

Procesy ve firmě jsou rozčleněny na hlavní, řídicí a podpůrné. Mezi hlavní procesy patří výroba, technologie, technologie potisku, obchod, nákup a plánování výroby. Řídicími procesy jsou řízení společnosti, environmentální a bezpečnostní management. Podpůrné procesy jsou například monitorování a měření, logistika, controlling, údržba a mnoho dalších. Všechny procesy jsou zobrazeny na procesní mapě na obrázku 25.



Obrázek 25: Procesní mapa (Zdroj [19])

2.10 Průběh zakázky

Obchodní úsek obdrží objednávku od zákazníka, zaměstnanec obchodního oddělení vytvoří objednávku a zadá ji do ERP systému QAD.

Úsek plánování výroby objedná veškeré potřebné komponenty k výrobě aerosolové nádoby (kaloty, vnitřní lak, navalovací lak, přelakovací lak, pasty, papírové proložky a palety). Jakmile jsou veškeré komponenty skladem, naplňuje objednávku do výroby.

Oddělení nákupu se zabývá vyhodnocením požadavků od plánování, doplnění dodavatelů, kombinací dodávek a jejich požadovaných termínů na vozidlech tak, aby nebyla přetížena. Následně se vytvoří systémové nákupní objednávky a dojde k odeslání objednávek dodavatelům materiálu. Podle konkrétního dodavatele je doprava zajištěna buď dodavatelem, nebo je smluvně zajištěná MC. Po potvrzení dodávky je vytvořen harmonogram vykládek.

Při doručení požadovaných komponentů potřebných k výrobě je provedena prvotní kontrola dle packing listu. Skladník zkontroluje příjem dle harmonogramu vykládek. Následně dochází k fyzické kontrole zboží a neporušenosti obalu dle packing listu a CMR od dodavatele. Pokud dojde ke zjištění neshody v příjmu materiálu, tak se vyplní dokumentace neshody do packing listu, jenž je přes vedoucího skladu odeslán na nákupní oddělení. Pokud je dodané zboží v pořádku, je uloženo na sklad a skladník provede načtení čárového kódu každé palety do systému. Před zahájením a i průběžně během výroby dochází k porovnání aktuálního stavu zásob materiálu v temperaci a požadavků na materiál pro výrobu jednotlivých zakázek dle výrobního plánu. Skladník dostane množství zásob k přeskladnění do temperace. Po uplynutí 72 hodin je materiál navezen z temperační místnosti do výroby.

Pokud se jedná o nový výrobek, vytvoří se zakázka jako nový projekt. Úsek technologie k tomuto druhu výrobku vytvoří technologický postup. První se vyvíjí tvar, u kterého je potřeba 100% kontrola a po schválení zákazníkem se vytvoří nádobka s požadovanou grafikou od zákazníka. Jakmile je projekt schválen zákazníkem, může se vyrábět sériová výroba.

Oddělení výroby obdrží email s plánem výroby od oddělení plánování a předá jej na jednotlivá pracoviště. Následně dojde k přestavbě a seřízení jednotlivých pracovišť linky dle specifikace procesu výroby na novou výrobu. Oddělení kvality provede kontrolu nastavení výrobní linky na úrovni jednotlivých operací. Provádí se vizuální kontrola barevnosti, rozměrová kontrola tvaru, ověření požadovaných vlastností zkouškami na měřicích zařízeních, konzultace s technologií potisku a tvaru. Všechny tyto měření jsou zaznamenány v MES systému a po odsouhlasení manažerem kvality je linka uvolněna pro výrobu. V případě nové výroby dochází ke specifické zákaznické kontrole nebo ke zvýšené interní kontrole, jsou odebrány referenční vzorky a po 100% kontrole dochází k archivaci ze sériové výroby a vystavení certifikátu deklarujícího požadovanou kvalitu hotového výrobku.

Během výroby má každý operátor odpovědnost za svůj uzel. Mistr výroby má celkovou odpovědnost za zakázku. Průběžná automatická výroba AN probíhá na výrobních linkách dle požadovaných specifikací a technologického postupu. Výrobní linka se skládá z pracoviště mazání kalot a ze 4 základních pracovišť (protlačovací lis, vnitřní lakování,

potisk, stahovací lis) a dále z pracoviště paletizace a balení. V případě použití technologie DWI se na pracovišti protlačovacího lisu mění technologie výroby.

V průběhu výroby je prováděna pravidelná vizuální kontrola barevnosti, rozměrová kontrola tvaru a ověření požadovaných vlastností zkouškami na měřicích zařízeních. U neshodných kusů dochází k analýze rozsahu neshody a posouzení vlivu na celkovou výrobní dávku. V případě překročení přípustné meze jakosti dochází k blokování vyrobené dávky a kontejnery z této výrobní dávky jsou umístěny do karantény. Následně je 100% kontrolou zjištěn skutečný stav neshodných výrobků v karanténě. Neshodné výrobky jsou zaslány do lisovny. Shodné výrobky jsou umístěny na paletu, jež je po zabalení označena zakázkou a skutečným počtem kusů. Manažer kvality povolí odblokování výroby, odblokování výrobků z karantény a je provedena korekce dle skutečného stavu shodných výrobků. Následně dochází k zabalení a přeznačení kontejneru s uvedením skutečného počtu kusů výrobků.

Celý proces výroby a kontrol je zaznamenán v systému MASA.

Po dokončení výroby dochází k zabalení hotových výrobků a palety jsou označeny expedičním štítkem. Dochází k přenosu dat ze systému MASA do ERP systému. Následně jsou kontejnery s hotovými výrobky uloženy ve skladu, kde mají přiděleno své skladovací místo.

Jakmile je od zákazníka požadovaná expedice, obchodní úsek vytvoří expediční příkaz. Logistika vytvoří dodací listy, přidá požadovanou certifikaci a odešle zakázku k zákazníkovi.

2.11 Detailní analýza

Celý průběh výroby a kontrol je uveden v příloze 1.

2.11.1 Proces výroby

Výrobní linka se skládá z pracoviště mazání kalot a ze 4 výrobních uzlů, které tvoří protlačovací lis, protahovačka, ořezávací stoj, odmašťovačka, jetliner, navalovací stroj, ofsetový stroj, přelakovací stroj a stahovací lis.

Kaloty jsou 72 hodin před výrobou přesunuty ze skladu dodaného materiálu do temperační místnosti, kde je konstantní teplota a vlhkost, aby měly správné vlastnosti pro výrobu. Poté jsou dodány do výroby a může začít výrobní proces.

2.11.2 Realizace výroby na pracovištích

V průběhu výroby dochází k mezioperačním kontrolám popsané v kapitole Proces kontroly.

1. Mazání

Kalota se nasype do mazacího bubnu, kde dojde k jejímu namazání, za účelem následného bezproblémového tvarování nádoby.

2. Protlačování

Pomocí zpětného protlačování se z kaloty vytvaruje dutinka.

3. Protahování

Pomocí nárazu do kroužku dojde k protažení délky, zúžení a zpevnění stěn dutinky.

4. Ořezání

Dutinka se ořeže na požadovanou délku.

5. Odmaštění

V odmašťovačce se odstraní mazadla, aby bylo možné nanést vnější a vnitřní lak.

6. Vnitřní lak

Pomocí stříkacích pistolí se nanese vrstva vnitřního laku. Vnitřní lak slouží jako ochranná vrstva obalu před náplní.

V peci dojde k vytvrzení vnitřního laku při teplotě 230°C.

7. Navalovací stroj

Pomocí gumového lakovacího válce se nanese základní lak.

K vysušení základního laku dochází při teplotě 110°C.

8. Potisk

Pomocí ofsetového stroje se nanese požadovaná grafika.

Dojde k vypálení potisku a základního laku při teplotě 140°C.

9. Přelakování

Pomocí gumového válce se nanese ochranný lak.

Konečné vytvrzení laku se provádí při teplotě 145°C.

10. Stahovací lis

Pomocí stahovacích kroužků se postupně tvaruje hrdlo a tvar nádoby.

2.11.3 Procesy kontroly kvality

Ve společnosti probíhají 3 typy kontrol. Vstupní kontrola probíhá při přijetí materiálu a kontroluje se dodané množství a neporušenost obalů. Zde ovšem neprobíhá kontrola kvality materiálu. Pokud materiál nesplňuje podmínky vstupní kontroly, řeší to obchodní oddělení. Dále probíhá průběžná kontrola, která je podrobně popsána níže. Na konci výroby před balením hotových kusů dochází k výstupní vizuální kontrole.

System kontroly probíhá ve třech na sobě nezávislých fázích. První fáze kontroly je vykonána operátorem na daném pracovišti. Druhá fáze je prováděna pracovníkem oddělení kvality. Obě kontroly jsou prováděny namátkově odebráním určitého počtu kusů. Třetí fáze je automatizovaná a kontrola probíhá v celém rozsahu výroby. Veškeré kontroly jsou zaznamenány v MES systému MASA. Vstupní kontrolu vykonává skladník, jenž kontroluje správné množství dodaných kusů a neporušenost obalů.

1. Fáze

Kontrola probíhá každou hodinu.

Prvním uzlem výroby jsou označeny operace protlačování, protahování a ořezání. Na jeho konci jsou odebrány vzorky a měří se tloušťka dna, tloušťka stěny a délka nádoby.

Do druhého uzlu výroby spadají operace odmaštění a vnitřní lak. Kontroluje se kvalita odmaštění zevnitř i zvenku. Dále se měří tloušťka vnitřního laku a porozita.

Třetí uzel výroby tvoří navalovací stroj, potisk a přelakování. Zde se měří tloušťka základního a přelakovacího laku a je vykonána acetonová a mřížková zkouška sloužící ke zjištění, zda byl správně vypálený lak a zda drží na nádobce.

Čtvrtým uzlem výroby je stahovací lis, kde se měří porozita a rozměry (výška, průměr, vnitřní a vnější průměr sedla ventilku, rovinnost hrdla a prolis dna).

2. Fáze

Kontrolor z oddělení kvality provádí stejná kontrolní měření jako operátoři ve výrobě v časovém intervalu 1 až 4 hodiny dle technologického postupu. Navíc provádí měření čitelnosti čárového a QR kódu, test na oděr, boiling test, zkoušku vnitřního a vnějšího tlaku.

3. Fáze

Kamerový systém na potisku kontroluje grafiku a na stahovacím lisu neporušenost hrdla.

Light tester - pomocí světla se změní těsnost nádobky.

Na konci výrobního procesu probíhá vizuální kontrola výrobků a následné zabalení pracovníkem paletizace.

Při balení dochází k přenosu dat o dokončené výrobě z MES systému MASA do ERP systému QAD.

2.12 Shrnutí analytické části

V analytické části byly popsány základní informace o podniku. V globální analýze jsou popsány podnikové procesy a průběh zakázky. Detailní analýzu tvoří podrobný popis procesů výroby a kontroly. Z analýzy průběhu zakázky a procesu kontroly vyplývá absence vstupní kontroly materiálu, což má negativní vliv na proces výroby.

3 Návrhová část

Návrh je zaměřen na zlepšení procesu pomocí nástrojů kvality. V rámci návrhu se zaměřím na obecný postup metodiky a využití nástrojů kvality v rámci jednotlivých kroků. Součástí návrhů je konkrétní aplikace navržené metodiky na proces kontroly materiálu kalot.

3.1 Návrh metodiky zlepšení procesů

Jelikož je výrobní proces tvořen mnoha operacemi a jejich kontrolami, v jeho průběhu může vznikat množství různých problémů. U nejčtenějších neshod je potřeba nalézt vlivy a určit kořenové příčiny. Je potřeba postupovat systematicky. Jako nejvhodnější se jeví využití kombinace nástrojů kvality. Metodika je zaměřena na návrh kroků zlepšení kvality a využití nástrojů kvality v těchto krocích.

Vlastní metodika obsahuje 5 opatření:

- Cíl zlepšení procesu
- Sběr dat
- Stanovení kritických neshod
- Stanovení příčin kritických neshod
- Definování nápravných opatření

3.1.1 Cíl zlepšení procesu

V této fázi je třeba definovat konkrétní problémy a metriky ke zlepšení procesu. Příkladem může být počet neshod, finanční ztráty atd. Zároveň je nutné stanovit konkrétní metriky, které budou hodnoceny po zavedení změn procesu a měly by vést ke zlepšení procesu.

3.1.2 Sběr dat

Z ERP systému získává systém MASA automaticky informace o obchodních zakázkách, výrobních příkazech a měřících předpisech stanovených oddělením technologie. Jakmile se začíná vyrábět výrobní příkaz na lince, tak se na jednotlivých pracovištích generují

operátorům výzvy pro měření jednotlivých ID měření. Každé ID měření má předepsanou hodnotu s tolerancemi a časový předpis měření. Operátor pomocí stanoveného měřidla provede měření a hodnota se automaticky ukládá do systému MASA, kde se vyhodnocuje. Pokud je měření mimo toleranci, tak se označí červeně a operátor je vyzvaný k seřízení linky a opětovnému měření. Duplicitní měření dělá kontrola kvality, navíc v laboratoři kvality probíhá speciální měření.

K analýze nejčastějších neshod se využijí data z MES systému obsahující název měření a nesplnění podmínek statistické regulace. Při výběru těchto dat je potřeba v systému MASA provést volbu linky, vybrat období sběru dat a exportovat data do excelu. Z tohoto souboru se vyberou data ze sloupců „Název měření“, zahrnující názvy konkrétních měření a ze sloupce „Mimo limity“ se vyberou data nesplňující statistickou regulaci označeny slovem „ANO“. Příklad výběru dat ze systému MASA je uveden na obrázku 26.

	ID	Zakázka	Typ výrobku	Osobní číslo	Operátor	Název měření	Čas měření	Mód měření	Limit LoLo	Limit HIHI	Mimo limity	Jednotky	Hodnota
Pracoviště	zakázky	Zakázka	Typ výrobku	Osobní číslo	Operátor	Název měření	Čas měření	Mód měření	Limit LoLo	Limit HIHI	Mimo limity	Jednotky	Hodnota
Stahování	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Jméno	04_vnejsi_prumer_sedla_ventil	14.03.2019 12:03	Kvalita laboratoř	31,10	31,50	NE	mm	31,24
Stahování	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Jméno	04_vnejsi_prumer_sedla_ventil	14.03.2019 12:04	Kvalita laboratoř	31,10	31,50	NE	mm	31,24
Stahování	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Přijmení	04_prumer_nadobky	14.03.2019 12:04	Kvalita laboratoř	44,70	45,30	NE	mm	44,91
Stahování	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Jméno	04_prumer_nadobky	14.03.2019 12:04	Kvalita laboratoř	44,70	45,30	NE	mm	44,90
Stahování	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Jméno	04_prolis_dna	14.03.2019 12:04	Kvalita laboratoř	7,00	8,00	NE	mm	7,29
Stahování	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Přijmení	04_prolis_dna	14.03.2019 12:04	Kvalita laboratoř	7,00	8,00	NE	mm	7,41
Lisování	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Jméno	01_tloustka_dna_lis	14.03.2019 12:04	Kvalita laboratoř	0,70	0,75	ANO	mm	0,77
Lisování	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Přijmení	01_tloustka_dna_lis	14.03.2019 12:05	Kvalita laboratoř	0,70	0,75	NE	mm	0,75
Stahování	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Jméno	04_vyska	14.03.2019 12:05	Kvalita laboratoř	189,60	190,40	NE	mm	190,17
Stahování	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Přijmení	04_vyska	14.03.2019 12:05	Kvalita laboratoř	189,60	190,40	NE	mm	190,15
Lisování	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Jméno	01_tloustka_steny_horni_lis	14.03.2019 12:07	Kvalita laboratoř	0,290	0,310	NE	mm	0,299
Odmaštění	xxxxxxx	xxxxxxx	MC 45 190 2Q A	xxx	Přijmení	02_tloustka_laku_vnitri	14.03.2019 12:07	Kvalita laboratoř	6,000	12,000	NE	nm	6,500

Obrázek 26: Ukázka systému MASA (Zdroj: Vlastní zpracování)

Tabulka 6 ukazuje neshodné měření dle četnosti neshod. Ze sloupce název měření se procentuálně určí, kolikrát konkrétní neshoda byla mimo limity ve zvoleném období.

Tabulka 6: Neshodné měření (Zdroj: Vlastní zpracování)

Název měření	Počet neshod	%
Neshoda 1	700	35%
Neshoda 2	560	28%
Neshoda 3	340	17%
Neshoda 4	100	5%
Neshoda 5	80	4%
Neshoda 6	60	3%
Neshoda 7	60	3%
Neshoda 8	40	2%
Neshoda 9	20	1%
Neshoda 10	20	1%
Neshoda 11	20	1%

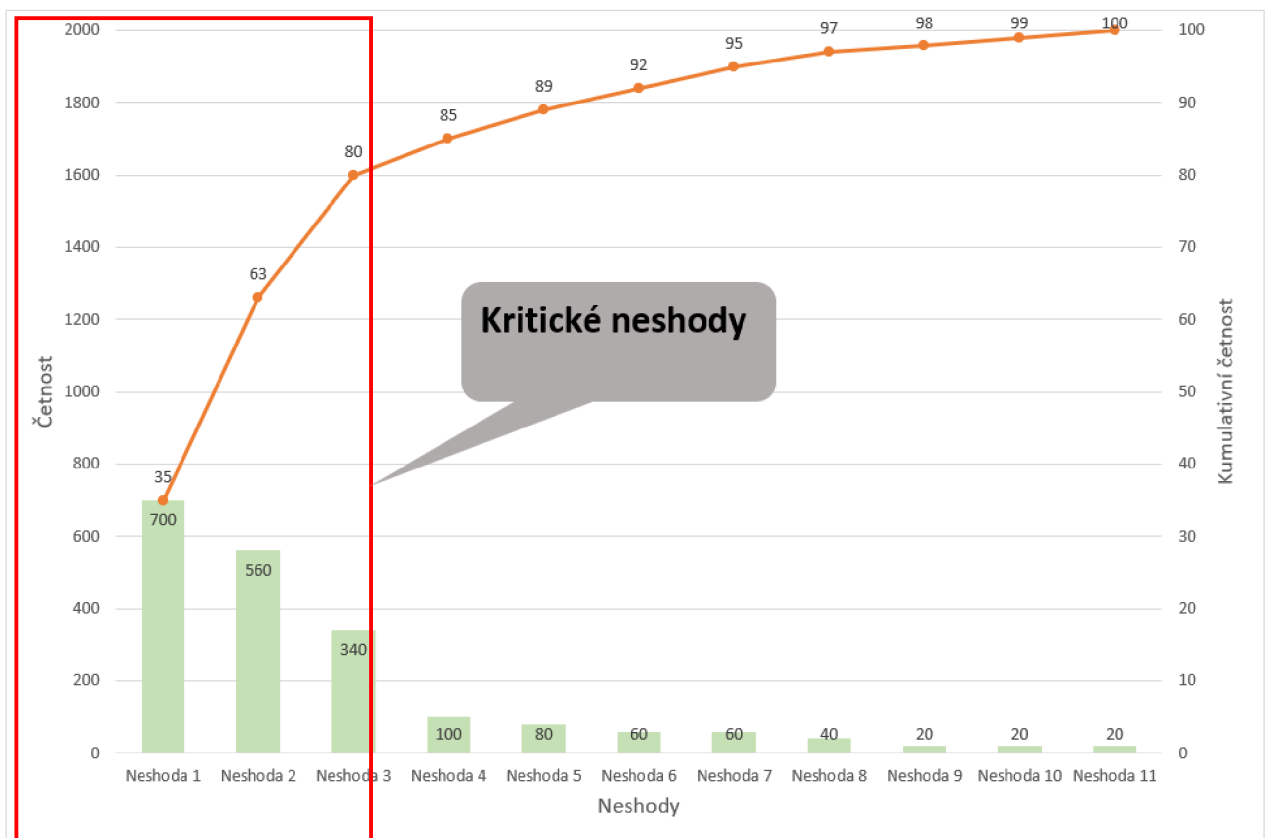
3.1.3 Stanovení kritických neshod

Kritické neshody tvoří 20 % neshod, které mají 80% důsledek. Pro klasifikaci neshod je vhodné použít Paretův diagram, což je graf zobrazující absolutní četnost neshod jednotlivými sloupci a kumulativní četnost za pomoci Lorenzovy křivky. Pro výsledný Paretův diagram na obrázku 27 je nutné rozšířit tabulku 6 o kumulativní četnosti neshod do tabulky 7.

Tabulka 7: Rozšířená tabulka neshodného měření (Zdroj: Vlastní zpracování)

Název měření	Četnost neshod		Kumulativní četnost neshod	
	Absolutní	Relativní	Absolutní	Relativní
Neshoda 1	700	35%	700	35%
Neshoda 2	560	28%	1260	63%
Neshoda 3	340	17%	1600	80%
Neshoda 4	100	5%	1700	85%
Neshoda 5	80	4%	1780	89%
Neshoda 6	60	3%	1840	92%
Neshoda 7	60	3%	1900	95%
Neshoda 8	40	2%	1940	97%
Neshoda 9	20	1%	1960	98%
Neshoda 10	20	1%	1980	99%
Neshoda 11	20	1%	2000	100%

Paretův diagram je tvořen sloupci, jenž vyjadřující absolutní četnost neshod. Tyto sloupce leží na ose X. Hlavní osa Y obsahuje počet neshod a vedlejší svislá osa zobrazuje odpovídající procenta pro hlavní osu Y. Diagram tvoří sloupce začínající na ose X, jenž označují konkrétní měření. Jejich výška zobrazuje počet neshod daného měření, odpovídající sloupci Absolutní četnosti neshod v tabulce 7. Druhou částí diagramu je Lorenzova křivka začínající na vrcholu prvního, a současně nejvyššího sloupce, a končící nad posledním prvkem osy X v hodnotě 100 %. Lorenzova křivka zobrazuje hodnoty kumulativní relativní četnosti z tabulky 7. Na výsledném grafu se vyznačí průsečík s 80% neshod. Nalevo od tohoto průniku se nachází kritické neshody.



Obrázek 27: Stanovení kritických neshod pomocí Paretova diagramu (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.1.4 Stanovení příčin kritických neshod

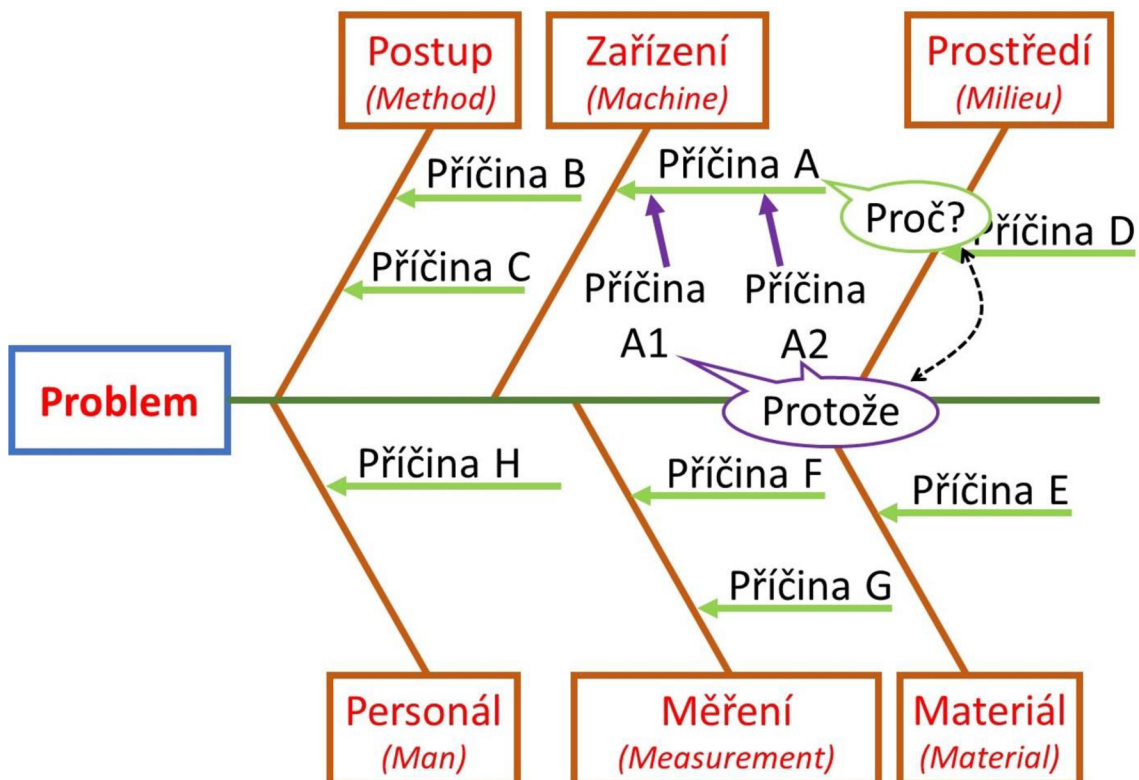
Pro stanovení příčin je nejvhodnější Ishikawův diagram. Sestavení diagramu má několik kroků:

- výběr problému z kritických neshod
- volba kategorií
- přiřazení prvotních a druhotných příčin ke zvoleným kategoriím.

Po volbě hlavního problému následuje brainstorming a stanovení příčin.

K sestavení Ishikawova diagramu je v tomto případě třeba určit tým tvořený členy z oddělení výroby, kvality a technologie. Takzvanou rybí hlavou, neboli hlavní příčinou, se zvolí nejčastější neshoda vyplývající z Paretovy analýzy.

Na rybí hlavu navazuje vodorovná čára, na niž míří šipky jednotlivých kategorií. Příčiny vzniku hlavního problému jsou rozděleny do několika kategorií. Pro oblast výroby je vhodné použít 4 kategorie a to lidé, materiál, metody a stroje.



Obrázek 28: Tvorba Ishikawova diagramu (Zdroj [29])

Ke každé kategorii jsou přiřazeny příčiny navržené během brainstormingu. Vybraný tým ke každé kategorii určuje možné příčiny vzniku problému a následně celý tým vyhodnocuje pravděpodobnost jednotlivých příčin a možnosti jejich eliminace. Jako zdroj k provedení brainstormingu se využívá katalog vad.

3.1.5 Definování nápravných opatření

Po určení hlavních kořenových příčin se zvolí konkrétní nápravné opatření, způsob jeho zavedení, kontroly, termínu realizace a odpovědnosti za realizaci. Dále budou na nápravných opatřeních sledovány metriky zlepšení procesu tak, jak jsou definovány.

Novým opatřením v tomto případě bude zavedení kontroly tvrdosti materiálu. Materiál bude kontrolován pomocí statistické přejímky, konkrétně metodou AQL. U metody AQL je důležité znát velikost dávky, určit kontrolní úroveň a přípustnou úroveň jakosti. Po definování těchto hodnot se pomocí tabulek určí rozsah výběru, přejímací číslo a zamítací číslo. Počet neshodných kusů u přejímky může být nanejvýš rovný přejímacímu číslu. Materiál bude kontrolován na tvrdoměru pomocí zkoušky tvrdosti podle Brinella. Kontrolu materiálu budou vykonávat zaměstnanci oddělení kvality. Předpokládaný termín realizace tohoto návrhu je květen 2021.

3.2 Aplikace navržené metodiky

3.2.1 Sběr dat

Za období únor 2019 proběhl sběr dat neshodných výrobků souvisejících s tvarem a fyzickými vlastnostmi výrobků. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Data neshodného měření (Zdroj: Vlastní zpracování)

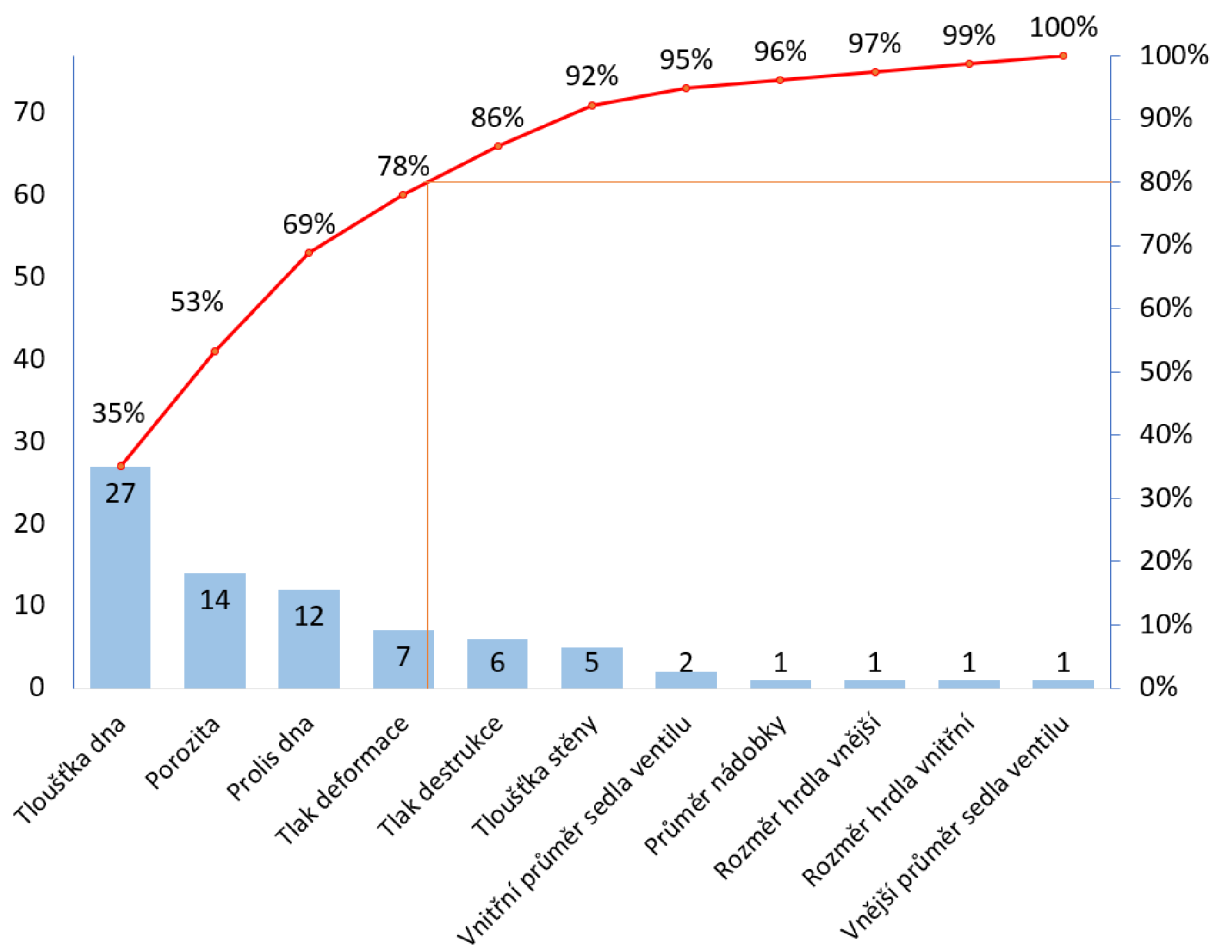
Název měření	Počet neshod	%
Tloušťka dna	27	35,06%
Porozita	14	18,18%
Prolis dna	12	15,58%
Tlak deformace	7	9,09%
Tlak destrukce	6	7,79%
Tloušťka stěny	5	6,49%
Vnitřní průměr sedla ventilu	2	2,60%
Průměr nádoby	1	1,30%
Rozměr hrdla vnější	1	1,30%
Rozměr hrdla vnitřní	1	1,30%
Vnější průměr sedla ventilu	1	1,30%

3.2.2 Stanovení klasifikace a četnosti neshod

K účelu sestavení Paretova diagramu a pro přehlednější návaznosti jednotlivých neshod se tabulka rozšířila o kumulativní četnosti.

Tabulka 9: Rozšíření tabulky s daty neshodného měření (Zdroj: Vlastní zpracování)

Název měření	Četnost neshod		Kumulativní četnost neshod	
	Absolutní	Relativní	Absolutní	Relativní
Tloušťka dna	27	35,06%	27	35,06%
Porozita	14	18,18%	41	53,25%
Prolis dna	12	15,58%	53	68,83%
Tlak deformace	7	9,09%	60	77,92%
Tlak destrukce	6	7,79%	66	85,71%
Tloušťka stěny	5	6,49%	71	92,21%
Vnitřní průměr sedla ventilu	2	2,60%	73	94,81%
Průměr nádoby	1	1,30%	74	96,10%
Rozměr hrdla vnější	1	1,30%	75	97,40%
Rozměr hrdla vnitřní	1	1,30%	76	98,70%
Vnější průměr sedla ventilu	1	1,30%	77	100%



Obrázek 29: Paretův diagram-četnost neshod ve výrobě (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z grafu lze vyčíst, že nejčastějším problémem je tloušťka dna, vyskytující se v 35 % případů. Současně s tloušťkou dna je v grafu vidět, že z prvního výrobního uzlu je také nevyhovující tloušťka stěny v 6,5 % případů. Přičemž veškeré faktory ovlivňující nevhodnou tloušťku stěny rovněž způsobují i nevyhovující tloušťku dna. Veškeré příčiny ovlivňující tloušťku dna jsou zobrazeny v následující kapitole na obrázku 30. Dále je na grafu vyznačena hranice kritických neshod.

3.2.3 Stanovení příčin kritických neshod

Z Paretovy analýzy vyplynulo, že mezi kritické neshody patří tloušťka dna, porozita, prolis dna a tlaková deformace. Pro aplikaci navržené metodiky se zaměřím pouze na tloušťku dna. Z brainstormingu vyplynuly následující příčiny:

- Materiál

Problémy materiálu mohou být v chemickém složení, tvrdosti, rozměru a povrchu. Tato kategorie byla stanovena technologií jako nejčastější možná příčina, která vede k neshodám tloušťky dna. Rozdílná tvrdost kaloty způsobuje, že dutinka (kalota po protlačování) bude mít silnější dno. Kalota s nízkou drsností povrchu nebude dostatečně namazaná, což způsobí oděr při protlačování.

- Lidé

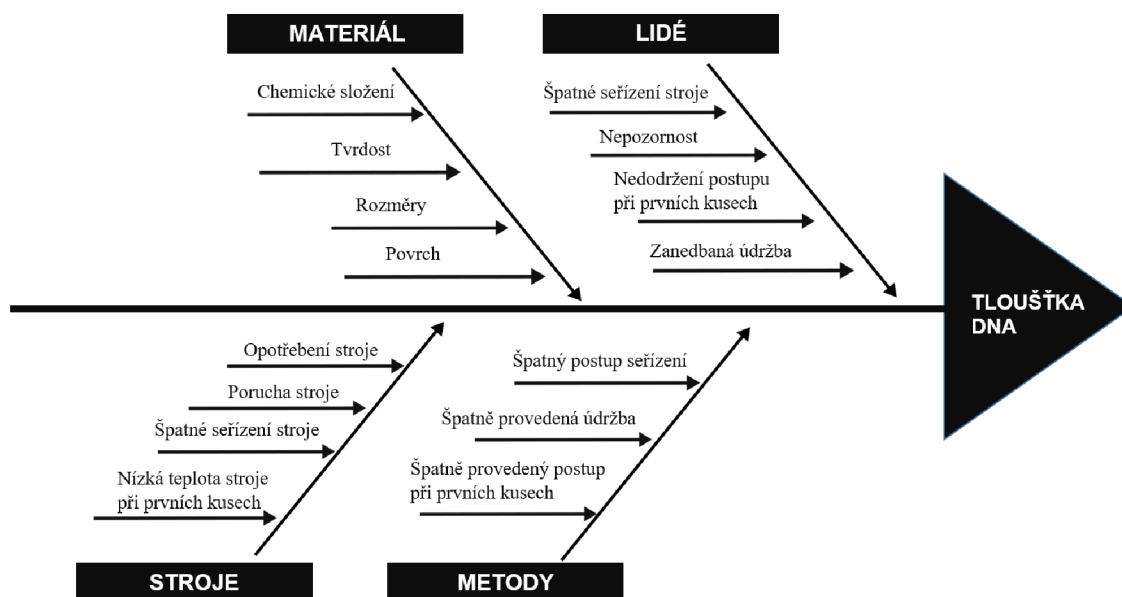
Příčiny způsobeny lidmi mohou nastat z důvodu jejich nepozornosti, špatného seřízení stroje, špatně provedené údržby nebo nedodržením postupu při prvních kusech.

- Metody

Nevhodnými metodami způsobující neshody mohou být špatný postup seřízení, špatně provedená údržba, či špatně provedený postup při prvních kusech.

- Stroje

Příčiny neshod způsobeny stroji mohou být opotřebení stroje, porucha stroje, špatné seřízení stroje nebo nízkou teplotou protahováku po časové prodlevě.



Obrázek 30: Ishikawův diagram-nalezení příčin neshod tloušťky dna (Zdroj: Vlastní zpracování)

Určení hlavních příčin není zcela jednoznačné, jelikož všechny faktory mohou do jisté míry na proces působit. Některé faktory nelze téměř ovlivnit, jako je třeba nízká teplota protlačovadla po prodlevě výroby. Další příčiny způsobené lidmi nebo stroji jsou řešitelné opětovným seřízením stroje. Ovšem příčiny způsobeny špatným materiálem momentálně nejsou nijak regulovány a byly určeny jako hlavní příčina podle katalogu vad.

Ostatní chyby ze 4. výrobního uzlu (zobrazeny v tabulce 8) mohou být také zapříčiněny špatným materiálem, jejich identifikace je ovšem složitější, protože chyba mohla nastat již během předchozích procesů nebo na daném pracovišti. K odstranění příčin z důvodu nedostatečné kvality materiálu navrhuji zavést vstupní kontrolu materiálu.

3.2.4 Nápravná opatření

Vady materiálu jsou měřitelné, ovšem v podniku zatím není nastaven systém jejich kontrol a regulace. Pro ukázkou nápravných opatření se budu zabývat tvrdostí materiálu.

3.2.5 Metoda AQL

Jednou z možností kontroly vstupního materiálu je zavedení statistické přejímky, konkrétně přejímkou jedním výběrem.

Po dohodě s dodavatelem se kaloty dodávají zvlášť bez poslední povrchové úpravy, tzn. po žíhání. Společně se vzorky kalot se dodává i certifikace o výstupní kontrole obsahující informace se vstupními parametry a výslednými hodnotami provedené zkoušky. Vstupní kontrola probíhá podle stejných parametrů jako u dodavatele a porovnávají se hodnoty.

Přejímací plán je stanoven podle normy ISO 2859. Rozsah dávky spadá do intervalu 35 001 až 150 000. Speciální kontrolní úroveň je v tomto případě S-4. Příslušná úroveň jakosti odpovídá 2,5 %.

Rozsah dávky	Speciální kontrolní úroveň				Obecné kontrolní úroveň		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 - 8	A	A	A	A	A	A	B
9 - 15	A	A	A	A	A	B	C
16 - 25	A	A	B	B	B	C	D
26 - 50	A	B	B	C	C	D	E
51 - 90	B	B	C	C	C	E	F
91 - 150	B	B	C	D	D	F	G
151 - 280	B	C	D	E	E	G	H
281 - 500	B	C	D	E	F	H	J
501 - 1.200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 - 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 - 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 - 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 - 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 - 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 a výše	D	E	H	K	N	Q	R

Obrázek 31: Kódová písmena rozsahu výběru (Zdroj [20])

Z tabulky na obrázku 31 jsem zjistil kódové písmeno, které se použije pro stanovení rozsahu výběru a k určení přejímacího a zamítacího čísla. Kódové písmeno rozsahu výběru úroveň S-4 a dávku 40 000 kusů je písmeno J.

Kódové písmeno	Rozsah výběru	AQL – přípustné úrovně jakosti																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Q	1 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
R	2 000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

Obrázek 32: Tabulka hodnot určující rozsah výběru a přípustnou mez kvality (Zdroj [20])

Podle tabulky na obrázku 32 vyšlo, že rozsah výběru pro písmeno J je 80 kusů. Při úrovni přípustné meze 2,5 % pro tyto data vychází přejímací číslo 5 a zamítací číslo má hodnotu 6.

Zvolený přejímací plán má následující parametry:

Velikost dávky: $N = 40\ 000$ ks

Přípustná úroveň jakosti: $AQL = 2,5$

Rozsah výběru: $n = 80$ ks

Přejímací číslo: $Ac = 5$

Zamítací číslo $Re = 6$

3.2.6 Zkouška tvrdosti

Tvrдость materiálu je měřena na tvrdoměru FH-001-0004/0005 od společnosti Tinius Olsen. Zkouška se provádí metodou Brinell. Indentorem je kulička o průměru 5mm při zvoleném zatížení 62,5kgf po dobu 10 sekund.

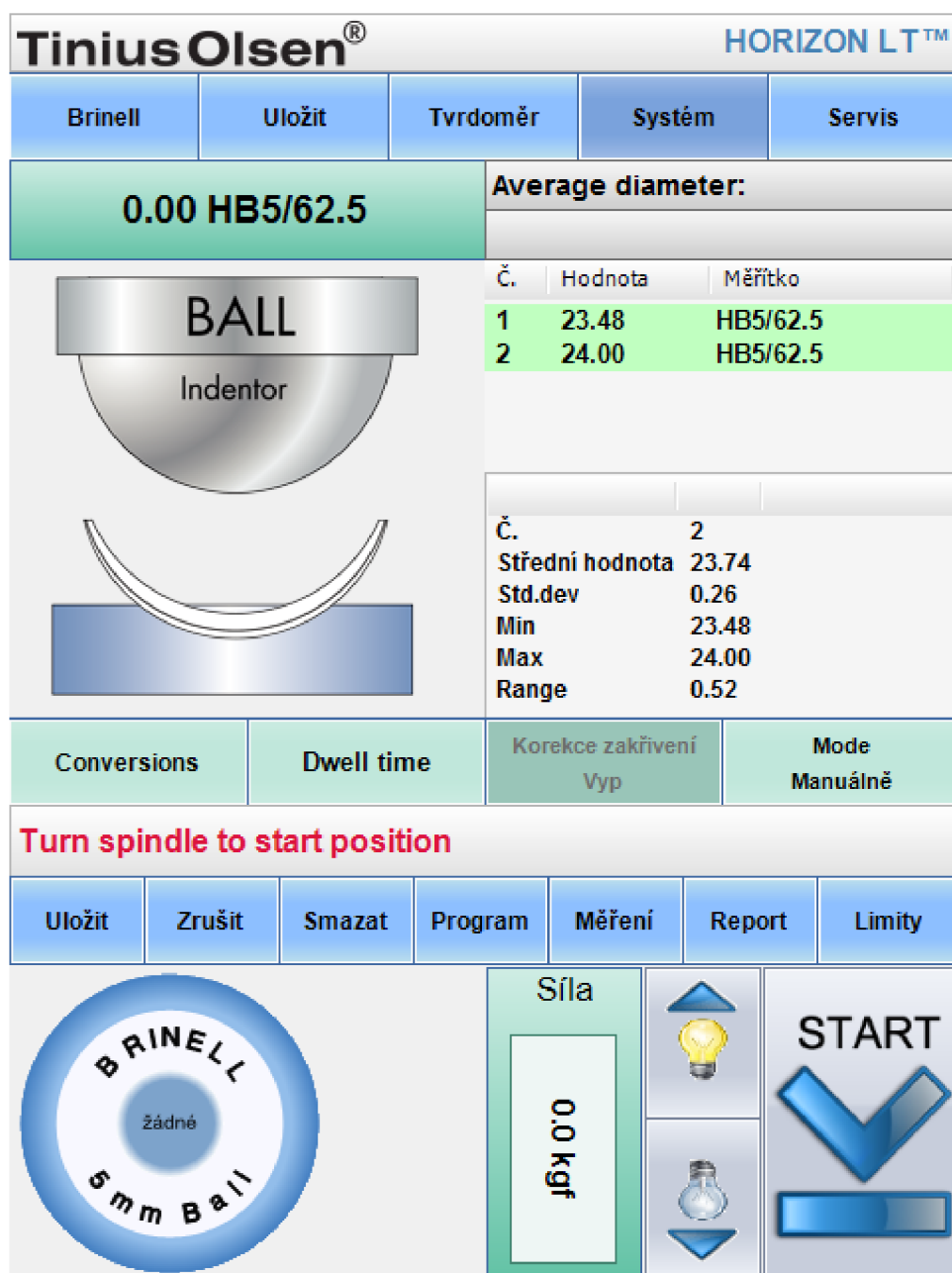


Obrázek 33: Tvrdoměr FH-001-0004/0005 (Zdroj [28])

Postup měření:

Na tvrdoměru se zvolí požadovaná zkouška a vybrané parametry. Způsob zkoušky se vybere pomocí ikony, jež má název aktuálně zvolené zkoušky. Při výběru Brinell je třeba vybrat HBW5/62,5kgf vycházející z normy ISO 6506. Následně se určí doba zatížení na 10 sekund. Na stůl tvrdoměru se položí kalota tak, aby v očekávaném místě vtisku byla co nejrovnější plocha. Následně se vysune stůl do výšky, aby vzdálenost mezi kalotou a indentorem byla 1 mm a spustí se měření. Proběhne vtisk indentoru do kaloty. Následně se kalota odebere a položí na stůl, kde se na místo vtisku se přiloží scanner. Pomocí scanneru se nalezne vtisk, jež se zobrazí na displeji tvrdoměru. Po

vhodném zobrazení vtisku na obrazovce se zvolí možnost měření a je nutné správně ohraničit vtisk. Následně stroj automaticky provede měření a vypočítá hodnotu, která se uloží do systému.



Obrázek 34: Rozhraní tvrdoměru (Zdroj: Vlastní zpracování)

Naměřená data se rovněž ukládají do tabulky v excelu, jenž po vzoru ostatních databází v podniku bude obsahovat název měření, typ kalot, dodavatele, šarži kaloty, hodnotu naměřenou dodavatelem, druh zkoušky, čas měření, mód měření, dolní limit, horní limit, splnění limitů (mimo limit), jednotky, naměřené hodnoty (hodnota 1) a popis.

Název měření	Typ kalot	Dodavatel	Šarže kaloty	Hodnota od dodavatele	Druh zkoušky	Čas měření	Mód měření	Limit LoLo	Limit HiHi	Mimo limity	Jednotky	Hodnota 1	Popis
00_tvrдост_kalot	MC2	ALUMAN s.a.	211685/07/01/240421/01	22,00-22,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:21	Kvalita laboratoř	21	23	NE	HB	21,22	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	MC2	ALUMAN s.a.	211685/07/01/240421/01	22,00-22,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:21	Kvalita laboratoř	21	23	NE	HB	21,02	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	MC2	ALUMAN s.a.	211685/07/01/240421/01	22,00-22,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:22	Kvalita laboratoř	21	23	NE	HB	21,44	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	MC2	ALUMAN s.a.	211685/07/01/240421/01	22,00-22,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:22	Kvalita laboratoř	21	23	ANO	HB	20,83	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	MC2	ALUMAN s.a.	211685/07/01/240421/01	22,00-22,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:23	Kvalita laboratoř	21	23	NE	HB	21,56	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/03/01/060521/03	19,80-19,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:23	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,08	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/03/01/060521/03	19,80-19,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:24	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,34	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/03/01/060521/03	19,80-19,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:24	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,60	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/03/01/060521/03	19,80-19,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:25	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,21	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/03/01/060521/03	19,80-19,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:25	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,64	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/03/01/060521/02	19,80-19,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:26	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,53	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/03/01/060521/02	19,80-19,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:26	Kvalita laboratoř	19	21	ANO	HB	18,98	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/03/01/060521/02	19,80-19,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:27	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,02	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/03/01/060521/02	19,80-19,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:27	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,53	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/03/01/060521/02	19,80-19,90	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:28	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,40	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/04/01/060521/02	19,80-20,10	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:28	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,08	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/04/01/060521/02	19,80-20,10	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:29	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,40	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/04/01/060521/02	19,80-20,10	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:29	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,34	Měření bez výzvy
00_tvrдост_kalot	A5	ALUMAN s.a.	211685/04/01/060521/02	19,80-20,10	HBW5/62,5kgf	13.05.2021 15:30	Kvalita laboratoř	19	21	NE	HB	19,53	Měření bez výzvy

Obrázek 35: Návrh tabulky (Zdroj: Vlastní zpracování)

V navržené tabulce bude kontrola přijatého materiálu označována čísly „00“ s názvem měření po vzoru současných databází, kde čísla 01 až 04 označují výrobní uzel viz obrázek 26. Sloupec hodnota od dodavatele obsahuje naměřené hodnoty od dodavatele. Tyto hodnoty jsou součástí přiložené certifikace k jednotlivým šaržím kalot. Kontrola vybraných vzorků proběhne co nejdříve po dodání, během uskladnění zbylého materiálu ještě před přesunutím do temperační zóny. Zaznamenané hodnoty budou vyhodnocovány pomocí excelu. Sloupec „Hodnota 1“ obsahuje data naměřená tvrdoměrem. Sloupce „Limit LoLo“ a „Limit HiHi“ tvoří regulační meze, jenž jsou definovány v certifikaci. Splnění podmínek regulace je označeno slovem „NE“ ve sloupci „Mimo limity“ a slovo „ANO“ označuje neshodné kusy. Po sumarizaci neshodných kusů se vytvoří report o tom, zda je dodržena úroveň přípustné meze.

3.2.7 Řešení překročení přípustné meze neshod

Pokud bude přípustný počet neshod překročen, tak se určí, zda lze použít materiál pro jiný druh výroby nebo zda bude reklamován. V obou případech proběhne odškodnění od dodavatele.

4 Zhodnocení návrhu

4.1 Přínosy návrhu

Návrh zavedení nové kontroly má hlavní přínosy ve snížení zmetkovitosti a řešení reklamací s dodavateli. Díky vstupní kontrole se do výrobního procesu již nedostane nevyhovující materiál, což sníží počet výrobků s nevyhovujícími vlastnostmi a tvarem. Díky eliminaci špatných kusů ve výrobě se sníží i potencionální množství neshodných výrobků odeslaných odběrateli, a tím pádem se očekává méně reklamací ze strany zákazníka. Nevhodné vlastnosti materiálu rovněž způsobovaly prostoje ve výrobě, protože bylo nutné seřizovat stroje dle materiálu, což mnohdy ani nebylo možné a výroba se musela rozjet znovu s novým materiálem. Odebraný materiál nebylo doposud možné zkontrolovat a musel být odeslán na kontrolu dodavateli. Tento zdlouhavý proces lze nyní zcela eliminovat, protože materiál je již kontrolován před zahájením výroby. Pokud by přesto nastávaly stejné problémy, je možnost odebrat další vzorky materiálu a zkontrolovat je. Díky možnosti vlastní kontroly materiálu má podnik mnohem lepší pozici při reklamaci s dodavatelem. Vytvoření databáze kontrolovaného materiálu lze také využít pro hodnocení dodavatelů a případnou možnost změny výrobce standardizovaných kalot. V neposlední řadě díky tomuto návrhu podnik ušetří velké množství nákladů za:

- nekvalitní materiál, jenž bude řešen vrácením kalot na základě oprávněné reklamace zpět k dodavateli
- za provoz strojů během výroby s tímto neshodným materiálem, kde hodina odstávky jedné linky stojí 18 000 Kč
- eliminaci dalších kontrol, jako např. 100% kontrolu hotových výrobků
- reklamace od odběratele v případě pochybení lidského faktoru při blokaci neshodných výrobků na výrobní lince

4.2 Finanční zhodnocení

Uvedená aplikace, která byla provedena v návrhové části si vyžádala investici 500 000 Kč. Při hodnocení návratnosti investice jsem vycházel z toho, že se sníží počet neshod tloušťky dna a defektů na stěně nádoby o 60 %, což dle odhadů společnosti by

mohlo dělat 700 000 Kč v horizontě 1-3 let, v závislosti na množství zachyceného nevhodného materiálu od dodavatelů. Výše uvedené odhady byly z důvodu utajení informací zkresleny.

5 Závěr

Bakalářská práce byla zaměřena na zlepšení procesů ve strojírenské výrobě. Tohle téma jsem zpracoval ve spolupráci s podnikem MORAVIA CANS a.s., kde navrhované změny byly rovněž implementovány. Cílem práce bylo analyzovat současný stav výroby v souvislosti s řízením jakosti, analyzovat příčiny nejčastějších neshod ve výrobě a zavést opatření k jejich eliminaci. Výstupem mé práce je zavedení nového způsobu kontroly.

Díličními cíli této práce bylo představení teoretických východisek a seznámení s podnikem. Následně proběhla globální analýza procesů a detailní analýza vybraných procesů. Po výstupech detailní analýzy proběhl návrh zlepšení vybraných procesů, jeho implementace a zhodnocení.

Úvod teoretické části byl zaměřena na manažerské přístupy k řešení problematiky kvality a zlepšování procesů. Teoretickou část dále tvořily aplikovatelné analýzy k danému tématu, konkrétně sedm základních nástrojů kvality. Na závěr teoretická část obsahuje informace o materiálu a podklady ke kontrole materiálu zahrnující způsob výběru materiálu a konkrétní metodu měření.

Informace o společnosti obsahují předmět podnikání, historii společnosti a působení společnosti na trhu. V rámci globální analýzy společnosti se zabývám podnikovými procesy a průběhem zakázky. Detailní analýza obsahuje proces výroby, kvality a jejich provázanost zobrazenou v příloze 1.

Návrhovou část tvoří návrh metodiky zlepšení procesů obsahující cíl zlepšení procesu, sběr dat, stanovení kritických neshod, stanovení příčin kritických neshod a definování nápravných opatření. Následnou aplikaci navržené metodiky tvoří sesbíraná data z MES systému, stanovení klasifikace a četnosti neshod seskupených dat pomocí Paretovy analýzy. Pro nejčetnější problém, v tomto případě tloušťku dna, byl sestaven Ishikawův diagram, ve kterém se jako hlavní příčiny jeví problémy s materiálem. Konkrétně pro tvrdost materiálu byl zaveden nový způsob kontroly. Pro kontrolu materiálu byla zvolena metoda AQL, díky níž byl stanoven přejímací plán. Kontrola tvrdosti materiálu je realizována pomocí zkoušky podle Brinella, což vyžádalo investici v podobě zakoupeného tvrdoměru a pro evidenci výsledků měření tvrdosti materiálu jsem navrhl tabulku obdobnou těm, co společnost používá nyní.

Navrhované změny by měly do budoucna přispět ke snížení zmetkovitosti, snížení prodlev ve výrobě z důvodu špatného materiálu, posílení pozice při reklamaci vůči dodavateli, zrychlení řešení reklamací a snížení reklamací od odběratele. Rovněž společnost ušetří náklady za nekvalitní materiál, provoz strojů během výroby s neshodným materiálem, další kontroly a reklamace od odběratele. Díky těmto úsporám se návratnost investice odhaduje za 1-3 roky.

Seznam použitých zdrojů

- [1] NENADÁL, Jaroslav. Moderní management jakosti: principy, postupy, metody. Praha: Management Press, 2004. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [2] NENADÁL, Jaroslav. Moderní systémy řízení jakosti: quality management. 2. dopl. vyd. Praha: Management Press, 2002. ISBN 80-7261-071-6
- [3] RYAN, Thomas P. Statistical Methods for Quality Improvement. 3rd ed. USA: John Wiley, 2011. ISBN 9780470590744.
- [4] HUAI, Jinmei, 2012. Apply TQM to E-Government Outsourcing Management. Physics Procedia [online]. 24, 1159-1165 [cit. 2021-3-18]. ISSN 18753892. Dostupné z: doi:10.1016/j.phpro.2012.02.173
- [5] JAVORCIK, Beata a Naotaka SAWADA, 2018. The ISO 9000 certification: Little pain, big gain? European Economic Review [online]. 105, 103-114 [cit. 2021-3-18]. ISSN 00142921. Dostupné z: doi:10.1016/j.eurocorev.2018.03.005
- [6] SMĘTKOWSKA, Monika a Beata MRUGALSKA, 2018. Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. Procedia - Social and Behavioral Sciences [online]. 238, 590-596 [cit. 2021-3-18]. ISSN 18770428. Dostupné z: doi:10.1016/j.sbspro.2018.04.039
- [7] SOKOVIC, Mirko, Jelena JOVANOVIC, Zdravko KRIVOKAPIC a Aleksandar VUJOVIC, 2009. Basic Quality Tools in Continuous Improvement Process. Journal of Mechanical Engineering [online]. 5(55) [cit. 2021-3-18]. Dostupné z: http://lab.fs.uni-lj.si/lazak/assets/qc-tools-sokovic_zl-1-.pdf
- [8] MAGAR, Varsha M. a Vilas B. SHINDE, 2014. Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Processes. International Journal of Engineering Research and General Science [online]. 2(4), 364-371 [cit. 2021-4-28]. ISSN 2091-2730. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.468.7546&rep=rep1&type=pdf>
- [9] COX, Merrilee a Kelly SANDBERG, 2018. Modeling Causal Relationships in Quality Improvement. Current Problems in Pediatric and Adolescent Health

- Care [online]. 48(7), 182-185 [cit. 2021-3-19]. ISSN 15385442. Dostupné z: [doi:10.1016/j.cppeds.2018.08.011](https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2018.08.011)
- [10] FLOTT, Leslie W., 2012. Using the Scatter Diagram Tool to Compare Data, Show Relationship. Metal Finishing [online]. 110(8), 33-35 [cit. 2021-3-20]. ISSN 00260576. Dostupné z: [doi:10.1016/S0026-0576\(13\)70148-X](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(13)70148-X)
- [11] FLOTT, Leslie W., 2012. Introduction to Control Charts. Metal Finishing [online]. 110(6), 36-38 [cit. 2021-3-19]. ISSN 00260576. Dostupné z: [doi:10.1016/S0026-0576\(13\)70220-4](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(13)70220-4)
- [12] FLOTT, Leslie W., 2012. The Histogram as a Measurement of Process Consistency. Metal Finishing [online]. 110(7), 36-38 [cit. 2021-4-28]. ISSN 00260576. Dostupné z: [doi:10.1016/S0026-0576\(13\)70101-6](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(13)70101-6)
- [13] Vývojový diagram (Flow chart) [online]. [cit. 2021-3-26]. ISSN 2327-3658. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/vyvojovy-diagram-flow-chart>
- [14] What is aluminum slugs [online], 2017. [cit. 2021-3-25]. Dostupné z: <http://www.fuchuanmetal.com/newsshow-12-16-1.html>
- [15] PUNCHED SLUGS – PURE ALUMINIUM [online]. [cit. 2021-3-25]. Dostupné z: <http://www.rondal.si/en/products/punched-slugs-pure-aluminium>
- [16] MOLLIKOVÁ, Eva. ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ A VÝROBKŮ: Zkouška tvrdosti podle Brinella [online]. [cit. 2021-4-12]. Dostupné z: <http://ime.fme.vutbr.cz/images/umvi/opory/zmv/Index.html>
- [17] ČSN EN ISO 6506-1. Kovové materiály - Zkouška tvrdosti podle Brinella - Část 1: Zkušební metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015, 20s.
- [18] Historie naší společnosti [online]. [cit. 2021-3-15]. Dostupné z: <https://www.moraviacans.cz/o-nas>
- [19] MORAVIA CANS a.s. Dokumentace systému řízení kvality. Interní dokument. Zlínský kraj, 2018
- [20] ČSN ISO 2859-1. Statistické přejímky srovnáváním - Část 1: Přejímací plány AQL pro kontrolu každé dávky v sérii. Praha: Český normalizační institut, 2000

- [21] ManagementMania DMAIC cyklus. In: ManagementMania [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/cyklus-zlepsovani>
- [22] Deming PDCA cycle. In: Tallyfy [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://tallyfy.com/pdca-cycle/>
- [23] Process Distribution Check Sheet. In: Syque [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <http://www.syque.com/improvement/Process%20Distribution%20Check%20Sheet.htm>
- [24] Managementmania-ishikawa-diagram. In: ManagementMania [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/ishikawuv-diagram>
- [25] ControlChart. In: Wikimedia Commons [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ControlChart_cz.svg
- [26] Pareto Chart, Continuous Process Improvement. In: ToughNickel [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://toughnickel.com/business/Pareto-Chart-Continuous-Process-Improvement>
- [27] Univerzální tvrdoměr FH 10. In: Anamet [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://www.anamet.cz/tvrdomery-brinell>
- [28] Univerzální tvrdoměr FH 001. In: Anamet [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://www.anamet.cz/tvrdomery-brinell>
- [29] Ish-3. In: Quapriori [online]. [cit. 2021-4-28] Dostupné z: <http://quapriori.cz/blog/ishikawa/m37>
- [30] Aluminum slugs. In: Haomei Aluminum [online]. [cit. 2021-4-28] Dostupné z: <https://www.aluminium-hm.com/new/aluminum-slugs.html>
- [31] Specialty Care Containers In: CCL Container [online]. [cit. 2021-4-28] Dostupné z: <http://cclcontainer.com/markets-served/personal-care/>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Cyklus DMAIC	16
Obrázek 2: Demingův cyklus	20
Obrázek 3: Sedm základních nástrojů kvality pro zlepšení kvality	22
Obrázek 4: Kontrolní tabulka	23
Obrázek 5: Ishikawův diagram	24
Obrázek 6: Korelační diagram	26
Obrázek 7: Silná korelace	27
Obrázek 8: Střední korelace.....	28
Obrázek 9: Žádná korelace	28
Obrázek 10: Regulační diagram	31
Obrázek 11: Histogram s normálním rozdělením a kumulativním rozdělením	35
Obrázek 12: Ukázka zkosení histogramu	36
Obrázek 13: Zkrácený histogram.....	36
Obrázek 14: Histogram plateau	37
Obrázek 15: Špičatost histogramu	38
Obrázek 16: Paretův diagram	39
Obrázek 17: Vývojový diagram	41
Obrázek 18: Prvky vývojového diagramu	42
Obrázek 19: Kaloty	43
Obrázek 20: Schéma zkoušky tvrdosti podle Brinella	45
Obrázek 21: Schéma přístroje na měření tvrdosti podle Brinella	46
Obrázek 22: Digitální tvrdoměr.....	47
Obrázek 23: Aersolové nádoby.....	51
Obrázek 24: Organizační struktura	55
Obrázek 25: Procesní mapa	56
Obrázek 26: Ukázka systému MASA	63
Obrázek 27: Stanovení kritických neshod pomocí Paretova diagramu	65
Obrázek 28: Tvorba Ishikawova diagramu	66
Obrázek 29: Paretův diagram-četnost neshod ve výrobě	69
Obrázek 30: Ishikawův diagram-nalezení příčin neshod tloušťky dna	71

Obrázek 31: Kódová písmena rozsahu výběru	72
Obrázek 32: Tabulka hodnot určující rozsah výběru a přípustnou mez kvality	73
Obrázek 33: Tvrdoměr FH-001-0004/0005	74
Obrázek 34: Rozhraní tvrdoměru	75
Obrázek 35: Návrh tabulky	76

Seznam tabulek

Tabulka 1: 7 nástrojů kvality ve vztahu k cyklu DMAIC	19
Tabulka 2: 7 nástrojů kvality ve vztahu k cyklu PDCA	21
Tabulka 3: Doporučené indexy zatížení k průměru u různých kovových materiálů	48
Tabulka 4: Zkušební zatížení pro zkoušku tvrdosti podle Brinella	49
Tabulka 5: Minimální vzdálenost vtisků	50
Tabulka 6: Neshodné měření	64
Tabulka 7: Rozšířená tabulka neshodného měření	64
Tabulka 8: Data neshodného měření	68
Tabulka 9: Rozšíření tabulky s daty neshodného měření	68

Seznam příloh

Příloha 1: Proces výroby a kontrol

Příloha 1: Proces výroby a kontrol (Zdroj: Vlastní zpracování)

