



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

MOŽNOSTI UVOLŇOVÁNÍ VÝROBKU VE VÝROBNÍM PODNIKU

POSSIBILITIES OF PRODUCT RELEASE IN A MANUFACTURING ENTERPRISE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Sechra

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jana Rozehnalová, M.Sc.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	David Sechra
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce:	Ing. Jana Rozehnalová, M.Sc.
Akademický rok:	2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Možnosti uvolňování výrobku ve výrobním podniku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Ekonomické dopady v případě produkce neshodného výrobku mohou generovat závažné důsledky pro hospodářský výsledek podniku. Z tohoto pohledu je minimalizace výskytů neshodných produktů pomocí vhodného uvolňování výrobků (článek 8.6 v ČSN EN ISO 9001) velmi důležitým prvkem systémů managementu kvality.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše současného stavu vědy a techniky u řešené problematiky.

Systémový rozbor řešené problematiky, postupy a příklady dokladování výstupů z uvolňování produktů či služeb.

Návrh použití metod ověřování shody produktů nebo služeb zabezpečování kvality vztahující se k řízení neshodného výrobku.

Vlastní závěr a/nebo doporučení.

Seznam doporučené literatury:

NENADÁL, Jaroslav. Moderní management jakosti: principy, postupy, metody. Praha: Management Press, 2008, 377 s. : tabulky ; 24 cm. ISBN 978-80-7261-186-7.

PETRAŠOVÁ, Ivana. Moderní plánování kvality produktu (APQP) a plán kontroly a řízení: referenční příručka. 2. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2009, 107 s. : grafy, formuláře. ISBN 978-80-02-02142-1.

ČSN online [online]. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016 [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/>

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje uvolňování výrobku v brněnském výrobním závodě společnosti Bosch Rexroth. Nejprve je popsán teoretický úvod do problematiky včetně představení metod analýzy vzniku vad při výrobním procesu. Praktická část se zabývá popisem současného stavu uvolňování výrobku ve firmě a jeho analýzou. Práce je zakončena návrhy a doporučeními vzhledem k poznatkům analýzy a popisu současného stavu.

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the product's release in the Brno production plant of Bosch Rexroth. First, a theoretical introduction to the issue is described, including an introduction to analysis methods of failures in the production process. The practical part deals with the description of the company's current state of product release and its analysis. The work ends with suggestions and recommendations regarding the analysis findings and a description of the current state.

KLÍČOVÁ SLOVA

Uvolňování výrobku, FMEA, QAM

KEYWORDS

Product release, FMEA, QAM

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SECHRA, David. Možnosti uvolňování výrobku ve výrobním podniku [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140144>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Jana Rozehnalová..

PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří Ing. Janě Rozehnalové, M.Sc. za odborné vedení při zpracovávání této bakalářské práce. Rovněž chci poděkovat kolegům a především Ing. Zdeňku Knajblovi za umožnění vypracování této závěrečné práce ve společnosti Bosch Rexroth. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině a přátelům za podporu během celého studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠ ENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jany Rozehnalové M.Sc a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20.5.2022

.....

David Sechra

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	TEORETICKÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY	17
2.1	Management kvality	17
2.1.1	Plánování kvality	17
2.1.2	Prokazování kvality	18
2.1.3	Řízení kvality	18
2.1.4	Zlepšování kvality	18
2.2	Koncepce managementu kvality	18
2.2.1	Koncepce managementu kvality na bázi norem ISO	18
2.2.2	Koncepce managementu kvality na bázi odvětvových standardů	19
2.2.3	Koncepce managementu kvality TQM	19
2.3	Uvolňování výrobku	20
2.4	Metody analýzy vzniku vad při výrobním procesu	21
2.4.1	FMEA	21
2.4.2	QAM	24
3	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	27
3.1	Bosch Group	27
3.2	Bosch Rexroth	28
3.3	Výrobní závod v Brně	29
4	POPIS PRODUKTU	31
5	REALIZACE ZAKÁZKY V BOSCH REXROTH	35
6	PROCES VÝROBY HYDRAULICKÉHO AGREGÁTU	37
6.1	Přejímka u dodavatele	40
6.2	Vstupní kontrola	40
6.3	Lakování	42
6.4	Kontrola laku	43
6.5	Předmontáž	43
6.6	Montáž hydraulických agregátů, trubkových sad a hadic	44
6.7	Štítkování a závěrečné práce	45
6.8	Kontrola ukončení montáže	46
6.9	Elektromontáž a kontrola elektromontáže	47
6.10	Funkční zkouška	47
6.11	Produktový a výrobní audit	49
6.12	Závěrečná kontrola před expedicí	50
6.13	Řízení neshody	51
7	ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU A NÁVRH ZMĚN	53
7.1	Přejímka	53
7.2	Vstupní kontrola	53
7.3	Kontrola laku	53
7.4	Kontrola ukončení montáže	54
7.5	Kontrola elektromontáže	54
7.6	Funkční zkouška	54
7.7	Produktový a výrobní audit	54
7.8	Závěrečná kontrola před expedicí	55

8 PRAKTICKÁ ANALÝZA SYSTÉMU KONTROL VE VÝROBNÍM PROCESU.....	57
9 VLASTNÍ NÁVRHY A DOPORUČENÍ	59
9.1 Pravidelná školení	59
9.2 Montážní mapa	59
9.3 Kontrola montáže	60
9.4 Sebekontrola	60
10 ZÁVĚR.....	63
11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	65
12 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	67
12.1 Seznam tabulek.....	67
12.2 Seznam obrázků.....	67
12.3 Seznam zkratk.....	68
13 SEZNAM PŘÍLOH.....	69

1 ÚVOD

V současné době je pro výrobní podniky klíčové naplňovat požadavky zákazníků tím, že jejich produkty jsou kvalitní. Tedy také kromě jiného jsou tyto produkty bez vad. Aby toho bylo docíleno, tak je nutné mít nastaveny kontroly a zkoušky v rámci procesu výroby, tak aby dokázaly efektivně odhalovat již zmíněné vady a tím mohly snižovat náklady na řízení neshodného produktu.

Tato práce má za cíl popsat současný stav uvolňování výrobku ve výrobním závodě firmy Bosch Rexroth a nastínit možné příležitosti pro zlepšení. Dalším krokem má být aplikace vhodné analytické metody pro analýzu systému kontrol a zkoušek v podniku. Závěrem by práce měla vyzdvihnout klíčové poznatky z konkrétní aplikace již zmíněné metody a vzhledem k nim doporučit změny.

2 TEORETICKÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY

2.1 Management kvality

První pojem, který by měl být vymezen a vysvětlen je kvalita (nebo také jakost, což je synonymem ke slovu kvalita). Existuje řada definic, mezi ty nejcitovanější patří:

Juran: „Kvalita je způsobilost k užití.“

Crosby: „Kvalita je shoda s požadavky.“

Feigenbaum: „Kvalita je to, co za ni považuje zákazník.“

ČSN EN ISO 9000:2016 definuje kvalitu následovně: „Kvalita je stupeň splnění požadavků souborem inherentních charakteristik objektu.“ [1]

Tyto rozdíly ve výkladu pojmu kvalita naznačují, že nelze kvalitu vyjádřit jednoznačně, jelikož vnímání kvality je subjektivní. Proto je nezbytné naslouchat požadavkům zákazníka.

Management kvality je součástí celkového managementu podniku. Management kvality je zaměřen na zajišťování spokojenosti zákazníků a současně na minimalizaci nákladů. Podle ČSN EN ISO 9000:2016 můžeme management rozdělit na čtyři části:

2.1.1 Plánování kvality

Tato první část managementu kvality se zabývá vytyčením cílů kvality, které by měly korespondovat s požadavky zákazníka, případně ostatních zainteresovaných stran, pro správné určení požadavků zákazníků může sloužit například průzkum trhu. K vytyčeným cílům je nezbytné definovat procesy a zdroje potřebné pro dosažení zamýšlených cílů. Tato fáze managementu kvality je poměrně významná, jelikož o výsledné kvalitě produktu se rozhoduje až z 80 % v předvýrobních etapách. Rovněž ve fázi plánování vzniká největší množství chyb. [2] S tímto faktem souvisí náklady na odstranění neshody, kdy tyto náklady mohou být až desetkrát nižší, pokud budou odhaleny ještě ve fázi plánování oproti odhalení ve fázi výroby, stokrát nižší, než kdyby byly odhaleny před expedicí a tisíckrát nižší, než když neshodu objeví až zákazník. [3]



Obr. 1) Závislost nákladů a detekovatelnosti vad na fázi realizace produktu [9]

2.1.2 Prokazování kvality

ČSN EN ISO 9000:2016 definuje prokazování kvality takto: „Část managementu kvality zaměřená na poskytování důvěry, že požadavky na kvalitu budou splněny.“ [1] Tato definice by se dala vyložit, tak že prokazování kvality se zabývá určováním (přezkoumáváním, monitorováním, měřením) procesů, které se týkají kvality, tedy typickým nástrojem prokazování kvality je například audit.

2.1.3 Řízení kvality

Definice řízení kvality podle ČSN EN ISO 9000:2016 je zdánlivě podobná definici pro prokazování kvality a zní takto: „Část managementu kvality zaměřená na plnění požadavků na kvalitu.“ [1] Řízení kvality bývá zaměřováno s prokazováním kvality a naopak. Pro zjednodušení se dá tvrdit, že prokazování kvality se zabývá procesy, zatímco řízení kvality se zabývá produkty. Typickým nástrojem řízení kvality je technická kontrola. O řízení kvality bude dále pojednávat kapitola 3.3 Uvolňování výrobku.

2.1.4 Zlepšování kvality

Nosnou myšlenkou této poslední části managementu kvality je, že nestačí pouze nastavit systém kvality, tak aby zajišťoval plnění požadavků zákazníka a zainteresovaných stran, ale je potřeba usilovat o zvyšování schopnosti plnit tyto požadavky, tak aby organizace dokázala čelit zvyšování nároků zákazníka a také konkurenci v podobě ostatních organizací. Dalším faktorem, kvůli kterému je nutné neustále zlepšovat systém managementu kvality, je vývoj vědy a techniky, jenž umožňuje vznik nových příležitostí. V neposlední řadě vnější faktory jako jsou neustále zpřísnující se legislativní požadavky, nebo měnící se situace na trhu surovin a lidských zdrojů také mohou být důvodem pro zlepšování.

Základní platformou zlepšování kvality je PDCA cyklus pana Wiliama Deminga. Tento cyklus se skládá ze čtyř kroků, které na sebe navazují. Jedná se o:

- Plánuj (Plan) – v této fázi se na základě identifikovaných příležitostí pro zlepšení vytváří plán nápravných či preventivních opatření.
- Vykonej (Do) – zde dochází k praktickému vykonání naplánovaných opatření.
- Zkontroluj (Check) – po vykonání opatření následuje měření a analýza dosažených výsledků a porovnání s plánovanými cíli.
- Reaguj (Act) – tento krok závisí na předchozím – pokud byly plánované cíle naplněny, tak dochází ke standardizaci opatření, ale pokud cíle naplněny nebyly, tak se hledá jiné řešení.

[2]

2.2 Koncepce managementu kvality

Vývoj managementu kvality a rozmanitost oblastí, kde je management kvality uplatňován, způsobili vznik více koncepcí managementu kvality. V současnosti mluvíme o třech základních koncepcích: koncepcie managementu kvality na bázi norem ISO, koncepcie managementu kvality na bázi odvětvových standardů a koncepcie managementu kvality TQM.

2.2.1 Koncepce managementu kvality na bázi norem ISO

Jedná se o pravděpodobně nejrozšířenější koncepci, která vznikla jako reakce Mezinárodní organizace pro normy ISO na globalizaci trhu v osmdesátých letech minulého století. Jde o normy řady 9000. Charakteristická je pro tyto normy jistá univerzálnost. Díky této

vlastnosti lze systémy managementu kvality podle této koncepce aplikovat téměř na jakoukoliv organizaci, nehledě na typ procesů, kterým se věnuje a nezávisle na typu produktu, který realizuje (může se jednat jak o výrobek, tak o službu). Vedle univerzálnosti platí pro tuto koncepci nezávaznost. Povinné se tyto normy stávají až ve chvíli, kdy se organizace zavazuje k zavedení systému managementu kvality podle této koncepce. Avšak v současné době na evropském trhu je běžné, že organizace vyžadují zavedení systému managementu kvality u svých dodavatelů, tudíž se dá tvrdit, že normy ISO řady 9000 se staly součástí evropské legislativy. Norem řady 9000 je několik, ale základ tvoří především tyto:

- ISO 9000:2015 Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník
- ISO 9001:2015 Systémy managementu kvality – Požadavky
- ISO 9004:2015 Management kvality – Kvalita organizace – Návod k dosažení udržitelného úspěchu

2.2.2 Koncepce managementu kvality na bázi odvětvových standardů

Toto pojetí má původ v sedmdesátých letech minulého století, kdy některé organizace cítily potřebu vytvořit systém managementu kvality. Požadavky pro tyto systémy byly popsány v normách, které měly nebo i mají platnost v jednotlivých odvětvích. Pro koncepci managementu kvality na bázi odvětvových standardů platí, že akceptují strukturu požadavků normy ISO 9001, ale rozšiřují ji o další požadavky. Lze tedy říci, že co se týče náročnosti požadavků na systémy managementu kvality, tak koncepce na bázi odvětvových standardů je náročnější než koncepce dle ISO, díky užšímu poli působnosti není tato koncepce tak generická jako právě ISO. [2] Mezi odvětvové standardy patří například tyto:

- GMP (Good Manufacturing Practice) patří mezi ty vůbec nejstarší. Přístup GMP se využívá především v souvislosti s výrobou léčiv a také s jejich přepravou, skladováním a distribucí. [2]
- GMP, nebo také HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points) lze nalézt u organizací, které působí v potravinářském průmyslu. [2]
- ASME (The American Society of Mechanical Engineers) je profesionální organizace, která se zabývá pořádáním konferencí, sdílením znalostí, tvorbou kódů, norem a publikací napříč všemi inženýrskými obory. [4]
- API standardy pro zabezpečování kvality produkce olejářských trubek.
- Publikace AQAP řady 2100 k managementu kvality u dodavatelů pro armády členských zemí NATO. [2]

2.2.3 Koncepce managementu kvality TQM

Vedle koncepce ISO a odvětvových standardů existuje právě koncepce managementu kvality TQM (Total Quality Management), která se řadí, co se týče náročnosti na zdroje a znalosti, na pomyslné první místo v porovnání s již zmíněnými koncepcemi. Tato koncepce je poměrně těžko uchopitelná, jelikož se jedná spíše o otevřenou filozofii. Přestože v minulosti byla tato koncepce populární, tak neexistovala shoda na tom, jaké jsou základní principy TQM. [5] To zapříčinilo vznik modelů na podporu TQM, které jsou dnes označovány jako modely excelence, mezi nejznámější patří:

- Demingovy ceny za jakost v Japonsku
- Model americké Národní ceny Malcolma Baldrige (MBNQA)

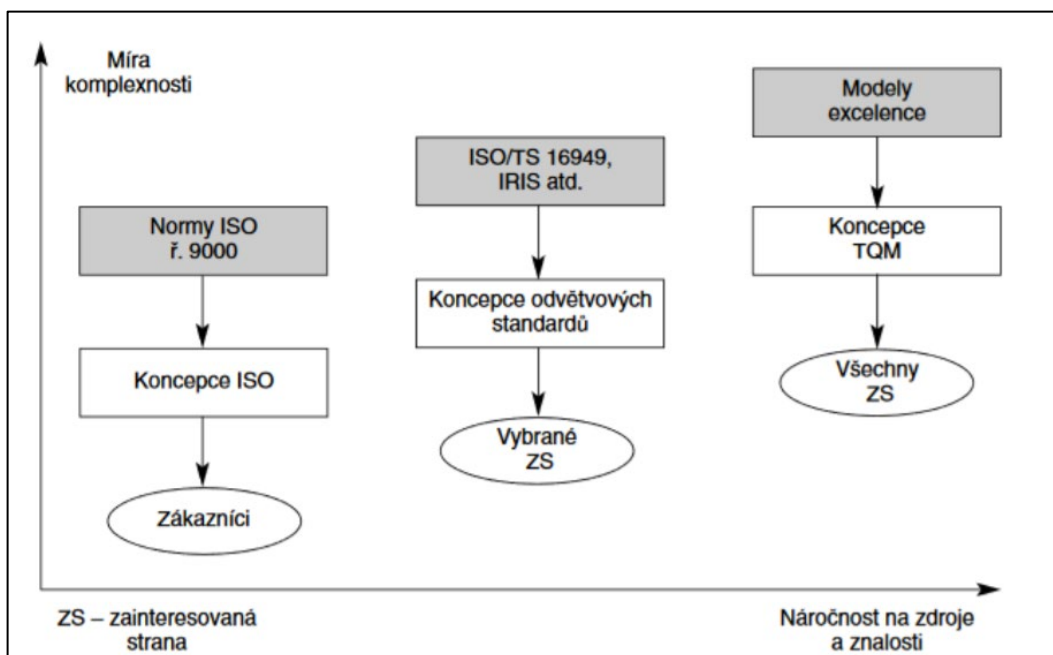
- EFQM Model Excellence, který je v Evropě nejrozšířenější

[2]

Logika modelu EFQM předpokládá, že dosahování vynikajících výsledků organizace musí být dosaženo při maximální spokojenosti zákazníků, zaměstnanců s ohledem na okolí. Přičemž adekvátní podmínky pro dosahování těchto výsledků musí zajišťovat precizní řízení procesů, které se neobejde bez vhodné politiky, strategie a řízení zdrojů, za což odpovídá vedení. Model EFQM má 9 hlavních a 32 dílčích kritérií. Hlavní kritéria jsou dělena na nástroje a prostředky (5 prvních), zbylá hlavní kritéria se týkají výsledků. Hlavní kritéria jsou:

- Vedení
- Politika a strategie
- Lidé
- Partnerství a zdroje
- Procesy
- Výsledky vzhledem k zákazníkovi
- Výsledky vzhledem k zaměstnancům
- Výsledky vzhledem ke společnosti
- Klíčové výsledky výkonnosti

[6]



Obr. 2) Koncepce managementu kvality [2]

2.3 Uvolňování výrobku

Dle požadavků normy ČSN EN ISO 9001:2016 organizace musí provádět v určených etapách výroby produktu ověření shody se specifikovanými požadavky na produkt včetně přejímacích kritérií. Norma také požaduje, aby produkt nebyl uvolněn k zákazníkovi, pokud nejsou úspěšně dokončeny veškeré plánované činnosti, kontroly a zkoušky, ve výjimečných případech lze provést uvolnění na základě požadavků zákazníka, nebo příslušného orgánu. Dále norma klade na organizaci povinnost uchovávat dokumentované informace o uvolnění

produktu, přičemž tyto dokumentované informace musí obsahovat důkazy o shodě s přijímacími kritérii a sledovatelnost na osobu, která uvolnění produktu schválila.

[7]

Obvyklým způsobem prokazování shody s požadavky na produkt je technická kontrola nebo zkouška. Cílem těchto kontrol a zkoušek je:

- Objektivně posoudit míru shody mezi požadavky a skutečností.
- Odhalovat a identifikovat neshody.
- Zabránit průniku neshodných produktů nejen k zákazníkovi, ale na každý další stupeň zpracování.

Z ekonomického hlediska lze tedy říci, že primárním cílem kontrol a zkoušek je minimalizovat externí náklady na vady (náklady které vzniknou při dodání neshodného výrobku zákazníkovi). Dalším cílem je minimalizovat interní náklady na vady (náklady které vznikají před odesláním výrobku zákazníkovi ve výrobním závodě při řízení neshod) například zamezením pohybu neshodných výrobků skrz výrobní proces.

Kontroly a zkoušky v podniku proto musí být nastaveny tak, aby co nejlépe plnily výše zmíněné cíle, ale je třeba pamatovat na to, že kvalita se nedá vykontrolovat, ale musí být vyrobena. Jinak řečeno kontrolní činnosti kvalitu nevytváří, ale zvyšují výrobní náklady. Tyto náklady lze redukovat několika způsoby:

- Zefektivněním samotné kontroly (např. jeden daný parametr není kontrolován častěji, než je to nezbytně nutné) a také zjednodušením dokumentace, která nese informace o výsledku kontroly.
- Přenesením odpovědnosti za kvalitu dodávaných dílů plně na dodavatele, díky čemuž lze vstupní kontrolu zredukovat pouze na statisticky regulovanou nebo namátkovou. Posledním stupněm je úplné zrušení vstupní kontroly, což ale vyžaduje funkční systém výběru a hodnocení dodavatelů. [2]
- Přejímkou od sekundární kontroly (prováděné např. pracovníkem oddělení kvality) ke kontrole primární (sebekontrola, kterou provádí samotný pracovník výroby). Ovšem je ale nezbytné, aby u této kontroly měl pracovník prostor pro iniciaci hledání neshody a její příčiny a také pro případné navržení a realizaci nápravného opatření. Na druhou stranu to ale rovněž klade vyšší požadavky na samotného pracovníka, je třeba, aby byl velice zodpovědný a loajální [2], proto je nutné neustále rozšiřovat povědomí o kvalitě u všech pracovníků.

2.4 Metody analýzy vzniku vad při výrobním procesu

Jak již bylo zmíněno výše, cílem kontrol a zkoušek je odhalovat vady tak, aby nedocházelo k uvolňování neshodných výrobků, což může posléze vést k nenaplnění požadavků zákazníka a ekonomickým ztrátám, proto je nezbytné systematicky analyzovat výrobní proces vzhledem k možnému výskytu vad. V této kapitole budou popsány dvě metody: FMEA a QAM.

2.4.1 FMEA

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je analýza způsobů a důsledků poruch. Jedná se o systematickou metodu, která hodnotí objekt nebo proces a má za cíl identifikovat možné způsoby poruch a jejich důsledky. [8] Součástí této metody je hodnocení rizik, ze kterého se

vychází při návrhu opatření pro zmírnění rizik. [2] Pro aplikaci této metody je klíčové sestavení týmu, který by měl být tvořen zaměstnanci ze všech relevantních oddělení napříč organizací (např. konstrukce, výroba, logistika, kvalita, atd.) tak, aby bylo využito co největšího možného objemu znalostí a zkušeností. Pokyny pro vypracování FMEA upravuje ČSN EN IEC 60812 ed. 2: Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA a FMECA).

Mezi hlavní přínosy metody FMEA patří:

- Systémový přístup k prevenci nízké kvality.
- Možnost ohodnotit riziko a naplánovat opatření ke zlepšení.
- Minimalizace změn a ekonomických nákladů v realizaci (díky optimalizaci návrhu).
- Vytvoření databáze možných vad, jejich následků a příčin.

FMEA má základní dvě varianty:

- FMEA návrhu produktu – je prováděna ve fázi návrhu
- FMEA procesu – bývá aplikována před zahájením výroby dle nových nebo změněných technologických postupů. Obvykle navazuje na FMEA návrhu produktu a využívá její výsledky. Může být také využita pro analýzu již používaného procesu. Tato aplikace lze použít i pro nevýrobní procesy. [2]

Praktický postup FMEA analýzy lze rozdělit do tří kroků:

1) Analýza a hodnocení současného stavu

U analýzy pro návrh produktu je nejprve produkt rozdělen na jednotlivé dílčí části. Dále je nezbytné vytvořit seznam všech možných vad, které mohou nastat během celého plánovaného života produktu. Ke všem možným vadám jsou přiřazovány veškeré možné následky. Tyto následky by měly být formulovány tak, aby vystihovaly dopad na zákazníka, případně zainteresovanou stranu. Kromě následků jsou ke všem vadám přiřazovány i příčiny, které jsou hledány v navrhovaném řešení. Příčiny je třeba popsat konkrétně, aby případná nápravná opatření byla vhodná a efektivně zamezovala vzniku vady, nebo snižovala pravděpodobnost vzniku vady s danou příčinou.

Dalším nezbytným krokem při analýze je ohodnocení jednotlivých vad rizikovým číslem. Vzorec pro výpočet rizikového čísla je uveden níže:

$$RPN = S \times O \times D$$

Význam jednotlivých členů rovnice je:

- Rizikové číslo – RPN (Risk Priority Number)
- Význam vady – S (Severity)
- Očekávaný výskyt vady – O (Occurrence)
- Detekovatelnost vady – D (Detection)

Jednotlivé členy rovnice (S, O, D) jsou hodnoceny na stupnici 1-10, přičemž hodnota 10 značí velmi vysoký význam vady (očekávaný výskyt vady, detekovatelnost vady). Hodnocení je prováděno pomocí hodnotících tabulek. Po ohodnocení všech vad následuje vyčlenění těch vad, u kterých je Rizikové číslo vyšší než kritické. Kritickou hodnotu může určovat zákazník (např. RPN = 100). K vyčleněným vadám s vysokou hodnotou RPN je nutné přiřadit také vady, u kterých je jeden z kritérií (S, O, D) ohodnocen 9 nebo 10 body.

U FMEA procesu je analýza prováděna podobně jako u FMEA návrhu produktu. Proces je rozdělen na jednotlivé dílčí operace a ty jsou analyzovány postupně. Jsou hledány vady, které negativně ovlivní finální produkt, ale také ovlivní následující kroky. Příčiny jsou zde hledány v nedostacích procesu.

Tab 1) Příklad stupnice pro klasifikaci detekovatelnosti [8]

Klasifikace detekovatelnosti (D)	Popis
1	Způsob poruchy bude vždy odhalen před tím, než následky začnou působit.
2	Způsob poruchy je zjevný a bude obvykle odhalen před tím, než následky začnou působit.
:	:
8	Způsob poruchy může být odhalen pouze kontrolami např. výběrovou kontrolou.
9	Způsob poruchy je obtížné odhalit, a tedy téměř nevyhnutelně začne působit.
10	Vlastnosti nemohou být kontrolovány a způsob poruchy nemůže být detekován, např. jsou nepřístupné.

2) Návrh opatření

Opatření jsou navrhována a realizována u vad s vysokou hodnotou RPN (případně je-li jedno z kritérií ohodnoceno 9-10 body). Cílem opatření je snížit hodnotu rizikového čísla. U vad s velkým významem (S) je prioritně snaha snižovat právě hodnotu tohoto kritéria, poté je snaha snižovat očekávaný výskyt (O) vady a až v poslední řadě zvyšovat detekovatelnost vady (D).

3) Hodnocení stavu po realizaci opatření

Jedná se o poslední krok metody FMEA. Po aplikaci opatření jsou vady znovu ohodnoceny rizikovým číslem. Toto hodnocení by se mělo řídit stejnou hodnotící stupnicí jako při analýze současného stavu. Výsledkem hodnocení je nová hodnota RPN, která by měla při porovnání s původní hodnotou znázorňovat efektivitu použitého opatření. Cílem je dostat novou hodnotu RPN pod kritickou hranici, jestliže opatření nebylo dostatečné a hodnota RPN je stále vyšší než kritická hodnota, je nutné se opět vrátit k etapě 2) – návrh opatření.

Tab 2) Příklad aplikace FMEA pro proces zapouzdření elektronické součástky [8]

Požadavek na funkci procesu	Potenciální způsob poruchy	Potenciální důsledek(ky) poruchy	S	Potenciální příčina(ny) / mechanismus(my)	O	Stávající řízení procesu	D	RPN	Doporučovaný zásah(y)	Odpovědnost a cílové datum dokončení	Uskutečněný zásah	Nové S	Nové O	Nové D	Nové RPN
Značení	Bude rozmazané	Tisk netže rozluštit	8	Management podmínek laseru není vhodný	2	Vizuální kontrola na začátku práce – kontrolní cyklus u 1 desky z každé dávky	2	32	Žádný						
	Posunutí značení	Špatný vzhled	8	Posunutá pozice postupu	2	Zkouška značení u 1 desky z každé dávky	1	16	Žádný						
	Značení je opačné	Špatný vzhled	8	Výrobek je ustaven v opačném směru	2	Směr výrobku je posuzován pomocí celkové četnosti rozpoznávání obrazu	1	16	Žádný						
Rozlámání	U výrobku dochází k otřepům a prohlubním	Špatná velikost výrobku	8	Při nastavování podložky pro výhradní nástroj je vůle příliš velká	4	Údržba výhradního nástroje, samokontrola	2	64	Zavedení nového lámacího stroje zkontrolovaného při zavádění	Technologie výroby z 31. ledna 2003	Zavedení nového lámacího stroje zkontrolovaného při zavádění Kontrola velikosti výrobku C _{pk} (způsobilost procesu): 2.58	7	2	2	28

2.4.2 QAM

QAM (Quality Assurance Matrix) nebo také Firewall je analytická metoda, jejímž cílem je analyzovat vznik a možnosti odhalení vad ve výrobním procesu v rámci filozofie neustálého zlepšování. [9] Jako vstupy využívá poznatky z metody FMEA, kontrolních plánů a dalších relevantních zdrojů. Mezi hlavní přínosy metody QAM patří následující:

- Přehledná vizualizace návaznosti Quality Gates (body ve kterých může být odhalena neshoda, především se jedná o kontrolní činnosti, ale můžou zde patřit i výrobní činnosti) ve výrobním procesu.
- Pomocí metody lze nalézt konkrétní etapu ve výrobním procesu, na kterou je potřeba se zaměřit při plánování opatření pro konkrétní vadu a její příčinu.
- Zobrazení slabých míst ve výrobním procesu (např. kontroly, které efektivně neodhalují neshody).
- Zobrazení nadbytečných kontrol (např. daná neshoda je vždy odhalena v předchozím kroku).

Na rozdíl od FMEA neexistuje žádná norma, která by popisovala, jak metodu provádět. Tudíž každá organizace používá svou vlastní verzi QAM, ale většinou jsou tyto verze velice podobné. Příklad šablony a body, které obsahuje jsou popsány níže:

- 1) Název procesu, na který metodu QAM aplikujeme.
- 2) Zdroj informací pro vstupy do QAM.
- 3) Subproces, ve kterém vzniká příslušná vada.
- 4) Seznam všech prioritních vad, na které se analýza zaměřuje (např. pouze ty vady z FMEA, které mají hodnotu RPN vyšší než kritické, nebo vady, které se vyskytly v reklamaci od zákazníka).
- 5) Příčiny – jedna konkrétní vada může mít více příčin, ty jsou opět převzaty z FMEA.
- 6) Očekávaný výskyt vady (hodnota kritéria “O” z FMEA), zde se neuvádí číslo z FMEA, ale je využito tříbarevného značení (semaforu) viz. Tab 4)
- 7) Quality Gates – body ve kterých lze odhalit neshodu (např. technické kontroly.)
- 8) Detekovatelnost vady v dané Quality Gate – toto hodnocení se provádí opět pomocí tříbarevného semaforu viz. Tab 5)
- 9) Status zajištění kvality – jedná se o finální výstup z metody QAM. Pro určení statusu je využito hodnocení z 6) a 8). Vyhodnocení se řídí maticí viz. Tab 6). Výsledný status pro každou vadu a její příčinu je jeden z následujících:
 - Zelená – proces je spolehlivý
 - Žlutá – je vhodné prověřením možnosti zlepšení
 - Červená – je nutné zlepšení procesu

Tab 3) Šablona QAM

		Datum vytvoření:		Vytvořil:	Quality Assurance Matrix (QAM)													
		Datum poslední změny:		Schválil:	1)													
Zdroj informací	Proces	Vada	Příčina	Očekávaný výskyt vady	Quality gates										Status zajištění kvality červená žlutá zelená			
					7)													
2)	3)	4)	5)	6)	8)													9)

Tab 4) Hodnocení očekávaného výskytu vady

Barva	Slovní popis	Očekávaný výskyt vady (O)
Zelená	Jednoznačná prevence vady (velmi nízká pravděpodobnost výskytu vady)	1-2
Žlutá	Střední prevence vady (střední pravděpodobnost výskytu vady)	3-6
Červená	Nedostatečná prevence vady (vysoká pravděpodobnost výskytu vady)	7-10

Tab 5) Hodnocení detekovatelnosti vady

Barva	Slovní popis	Detekovatelnost vady (D)
Zelená	Jednoznačná detekovatelnost vady (velmi vysoká pravděpodobnost odhalení vady)	1-2
Žlutá	Střední detekovatelnost vady (střední pravděpodobnost odhalení vady)	3-6
Červená	Nedostatečná detekovatelnost vady (nízká pravděpodobnost odhalení vady)	7-10
Bílá	Není zajištěna detekce pro daný typ vad	/

Tab 6) Vyhodnocení statusu zajištění kvality

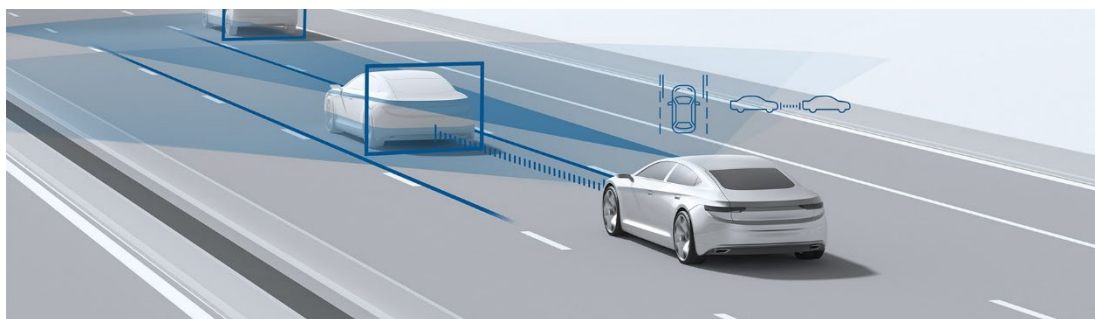
			Detekovatelnost vady (D)			
			Zelená	Žlutá	Červená	Bílá
			Vysoce pravděpodobná	Středně pravděpodobná	Málo pravděpodobná	Nezajištěna
Očekávaný výskyt vady (O)	Zelená	Vysoce pravděpodobná	Spolehlivý proces	Spolehlivý proces	Prověřit možnost zlepšení	
	Žlutá	Středně pravděpodobná	Spolehlivý proces	Prověřit možnost zlepšení	Nutné zlepšení	
	Červená	Málo pravděpodobná	Prověřit možnost zlepšení	Nutné zlepšení	Nutné zlepšení	

3 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

3.1 Bosch Group

Bosch Group se řadí k předním světovým dodavatelům technologií a služeb. Celosvětově zaměstnává zhruba 395 000 zaměstnanců (k 31. prosinci 2020). Společnost vygenerovala v roce 2020 tržby ve výši 71,5 miliardy eur. Její operace jsou rozděleny do čtyř obchodních sektorů: [10]

- Automobilový průmysl – podílí se na většině prodejů Bosch Group (59 %), rovněž je v tomto sektoru zaměstnáno nejvíce pracovníků (cca 229 000). Mezi hlavní témata Bosch v automobilovém průmyslu patří elektromobilita (ale stále i benzínové a dieselové pohony), automatizovaná mobilita. [11]



Obr. 3) Jízdní asistent Bosch [11]

- Průmyslové technologie – tato sekce se zabývá vývojem, výrobou a distribucí software, systémů a komponent pro širokou řadu průmyslových aplikací (automatizace, hydraulické pohony, balící technologie atd.)
- Spotřební zboží a elektrické nářadí – přestože podíl tohoto sektoru na celkových prodejích Bosch Group činí přibližně „pouze“ 26 %, je mezi veřejností vnímán pravděpodobně jako nejznámější, jelikož široké portfolio spotřebního zboží tvoří například domácí spotřebiče, elektrické nářadí, které má velká část populace ve svých domácnostech.
- Energie a chytré budovy – poslední sekce ve výčtu se věnuje vývoji a stavbě chytrých budov, přičemž mezi zásadní aspekty patří automatizace řízení, regulace, monitorování a optimalizace podmínek a zařízení, bezpečnost, uhlíková neutralita. [12] Konkrétní aplikací je například basebalový stadion Texas Rangers, jenž disponuje automatizovaným systémem pro stahování střechy. Dalším příkladem může být budova Labské filharmonie v Hamburku využívající komplexní systém, který zajišťuje vytápění a klimatizaci v celé budově. Toto technické řešení dokáže generovat různé teplotní zóny například, aby byly optimalizovány akustické podmínky pro umělce. [13]



Obr. 4) a) Labská filharmonie [13], b) Basebalový stadion Texas Rangers [12]

3.2 Bosch Rexroth

BOSCH REXROTH Aktiengesellschaft (dále jen Bosch Rexroth) je dceřinou společností Robert Bosch GmbH spadající pod sektor Průmyslová technika. Bosch Rexroth zaměstnává v současné době přibližně 29 600 zaměstnanců ve více než 80 zemích světa. Jednotlivé produktové skupiny jsou následující:

- Hydraulika
- Převodová technika
- Automatizační řešení
- Lineární technika
- Svařovací technologie
- Montážní technologie

Výrobky Bosch Rexroth nalézají využití v řadě odvětvích průmyslu jako např.:

- Zemědělství a lesnictví
- Automobilový průmysl
- Výroba baterií
- Výstavba a infrastruktura
- Energie a služby
- Zdravotní péče a farmacie
- Logistika a doprava
- Volný čas a zábava – konkrétně se jedná např. o jevištní techniku. Mezi projekty z posledních let patří například Státní opera v Praze nebo Státní divadlo Stuttgart.

[10]



Obr. 5) Státní opera v Praze [17]

3.3 Výrobní závod v Brně

Bosch Rexroth, spol. s r.o. v České republice má sídlo v Brně a další dvě pobočky v Praze a Ostravě. Přičemž v Brně se nachází výrobní závod a také prodejní jednotka (V Praze a Ostravě jsou pouze obchodně-servisní jednotky). Ve výrobním závodě jsou produkovány hydraulické agregáty a zkušební zařízení pro hydraulická čerpadla, bloky, ventily, atd. Jedná se o zakázkovou výrobu. Většinou se jedná o agregáty pro nejnáročnější aplikace s extrémními požadavky na spolehlivost, okolní podmínky a provozní parametry. Návrh agregátů je proveden s cílem dosažení maximální energetické účinnosti a funkční bezpečnosti. Proto jednotlivé zakázky vždy vyžadují individuální přístup s ohledem na konkrétní aplikaci.

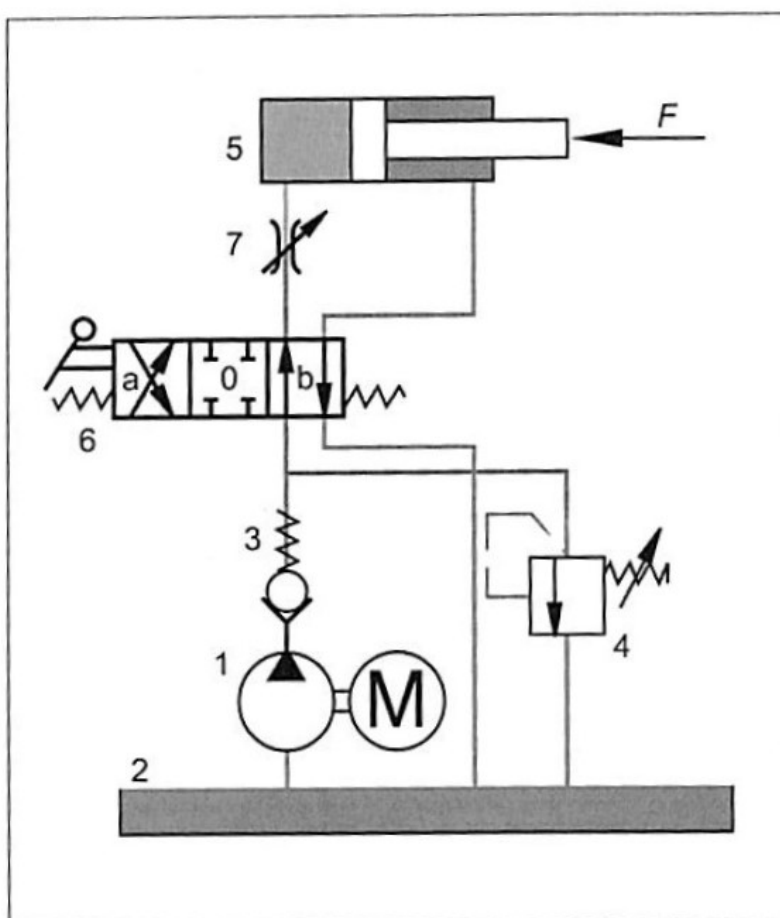


Obr. 6) Výrobní závod v Brně

4 POPIS PRODUKTU

Tato kapitola je věnována představení produktu, který je produkován výrobním závodem Bosch Rexroth v Brně Černovicích, a také vyjmenování a objasnění funkcí základních komponent, ze kterých je smontován. Jedná se o hydraulický agregát (v závodě jsou také vyráběny zkušební standy, jejich produkce ale nebude předmětem této práce). Funkce agregátu je taková, že se elektrická energie ze sítě přeměňuje na energii tlakovou. Točivý pohyb a kroutící moment pohánějícího motoru se převádí pomocí hydraulického čerpadla na průtok kapaliny o jisté hodnotě tlaku, který je dán odporem výtlačku čerpadla. [14]

Pro znázornění funkce hydraulického agregátu a jeho základních komponent slouží hydraulické schéma. Jednotlivé komponenty jsou ve schématu znázorněny symbolicky, označeny číselně a poté popsány níže.



Obr. 7) Hydraulické schéma agregátu [14]

1. Čerpadlo
2. Nádrž
3. Zpětný ventil
4. Pojistný ventil
5. Hydraulický válec
6. Rozvaděč

a) Pracovní poloha – pístnice se zasunuje

0) Pracovní poloha – píst s pístnicí jsou v klidu

b) Pracovní poloha – pístnice se vysunuje

7. Škrťací ventil

Čerpadlo – funkcí čerpadla je dopravit pracovní kapalinu do hydraulického válce. Pokud bude síla (zatěžující píst) v hydraulickém schématu nulová, tak bude kapalina dodávána pouze s malým tlakem. S rostoucím zatížením od síly F je potřeba zvýšit tlak pracovní látky, tak aby se píst mohl pohybovat.

Nádrž – nádrž na hydraulický olej slouží především jako zásobník, ale stěny nádrže také plní funkci odvodu tepla, které se uvolňuje při tlakových ztrátách. Na kvalitu vnitřního povrchu nádrže jsou kladeny nároky tak, aby nedocházelo ke znečištění pracovní kapaliny. Například tloušťka laku nesmí překračovat stanovenou hranici, aby nedocházelo k jeho odlupování.

Zpětný ventil – Zpětný ventil propouští kapalinu pouze v jednom směru. Tudíž zajišťuje to, že při odpojení motoru od čerpadla nedojde k navrácení kapaliny z hydraulického válce zpět do čerpadla, díky tomu nenastane nechtěný pohyb pístu do původní polohy.

Pojistný ventil – Úkolem pojistného ventilu je zamezit překročení stanovené maximální hodnoty tlaku oleje v obvodu. Při dosažení tohoto kritického tlaku dojde k otevření ventilu a část oleje je odvedena zpět do nádrže, tím tlak klesne a ve chvíli, kdy tlak klesne pod stanovenou maximální hodnotu, ventil se opět uzavře.

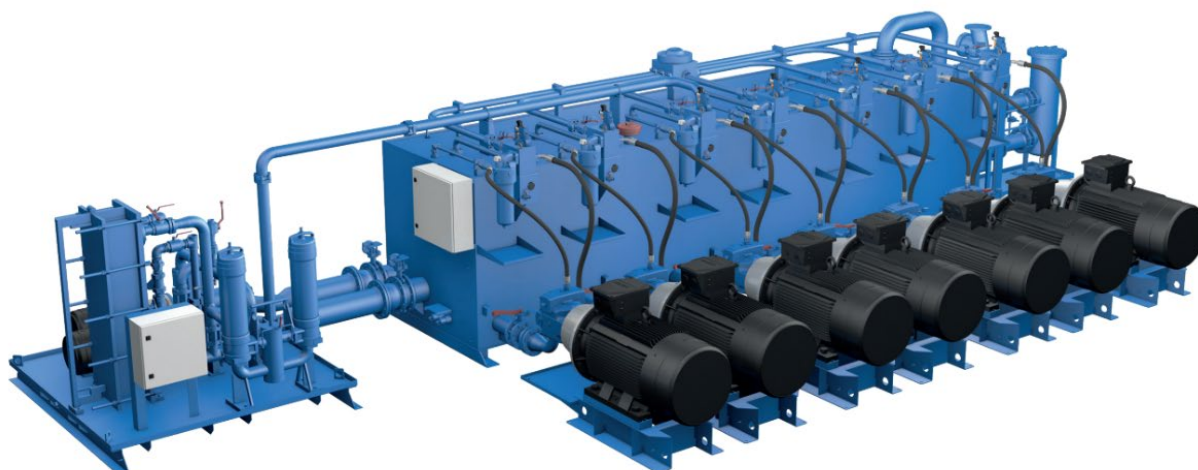
Hydraulický válec (přímočarý hydromotor) – Jedná se o komponent, který přeměňuje tlakovou energii kapaliny na mechanickou práci. Hydraulický válec zajišťuje propojení mezi hydraulickým obvodem a pracovním mechanismem.

Rozvaděč – Zabudováním rozvaděče do hydraulického obvodu získáme možnost pohybu pístu hydraulického válce v obou směrech. Obecně můžeme říct, že pomocí hydraulického rozvaděče lze řídit rozběh mechanismu, hrazení průtoku a změnu směru průtokového tlaku média.

Škrťací ventil – Obecně průtokový ventil, konkrétně škrťací ventil umožňuje změnu rychlosti pohybu pístu hydraulického válce tím, že mění průtokový průřez (při zmenšení průtokového průřezu se rychlost pohybu pístu zmenší a při zvětšení průtokového průřezu se rychlost pohybu pístu zvětší). Pro úplnost je vhodné zmínit, že průtokové ventily se dělí na škrťací ventily a regulátory průtoku. U škrťacích ventilů je průtok kapaliny závislý na tlakovém spádu (s rostoucím spádem roste průtok). Škrťací ventily se aplikují v případech, kdy není požadována zcela konstantní hodnota rychlosti proudění. Zatímco regulátory průtoku dokážou udržovat konstantní hodnotu rychlosti průtoku kapaliny nezávisle na změnách hodnot pracovního tlaku.

Ostatní příslušenství – Propojení jednotlivých hydraulických prvků zajišťují trubky a hadice. Kromě již zmíněných základních prvků hydraulické agregáty obvykle disponují dalšími komponenty podle požadavků zákazníka. Níže je uvedeno několik příkladů:

- Hydraulický akumulátor
- Filtr
- Chladič, topení
- Měřič tlaku
- Stavoznak



Obr. 8) Modulární hydraulický agregát ABMAXX [18]

5 REALIZACE ZAKÁZKY V BOSCH REXROTH

Než bude popsán samotný proces výroby hydraulického agregátu je třeba nejprve tento proces zařadit do kontextu ostatních dílčích procesů, ze kterých se skládá proces realizace zakázky. Pro tento účel je využito metody SIPOC. Jedná se o přehlednou tabulku, která chronologicky v řádcích popisuje jednotlivé pod procesy. Ke každému procesu jsou přiřazeny následující položky:

- S (supplier/dodavatel vstupu)
- I (input/vstup)
- O (output/výstup)
- C (customer/zákazník)

Procesem výroba agregátu, zde není myšlena pouze montáž a ostatní podpůrné výrobní činnosti, ale patří sem i veškeré kontroly a zkoušky, podrobněji bude tento proces popsán v následující kapitole.

Tab 7) SIPOC realizace zakázky v Bosch Rexroth

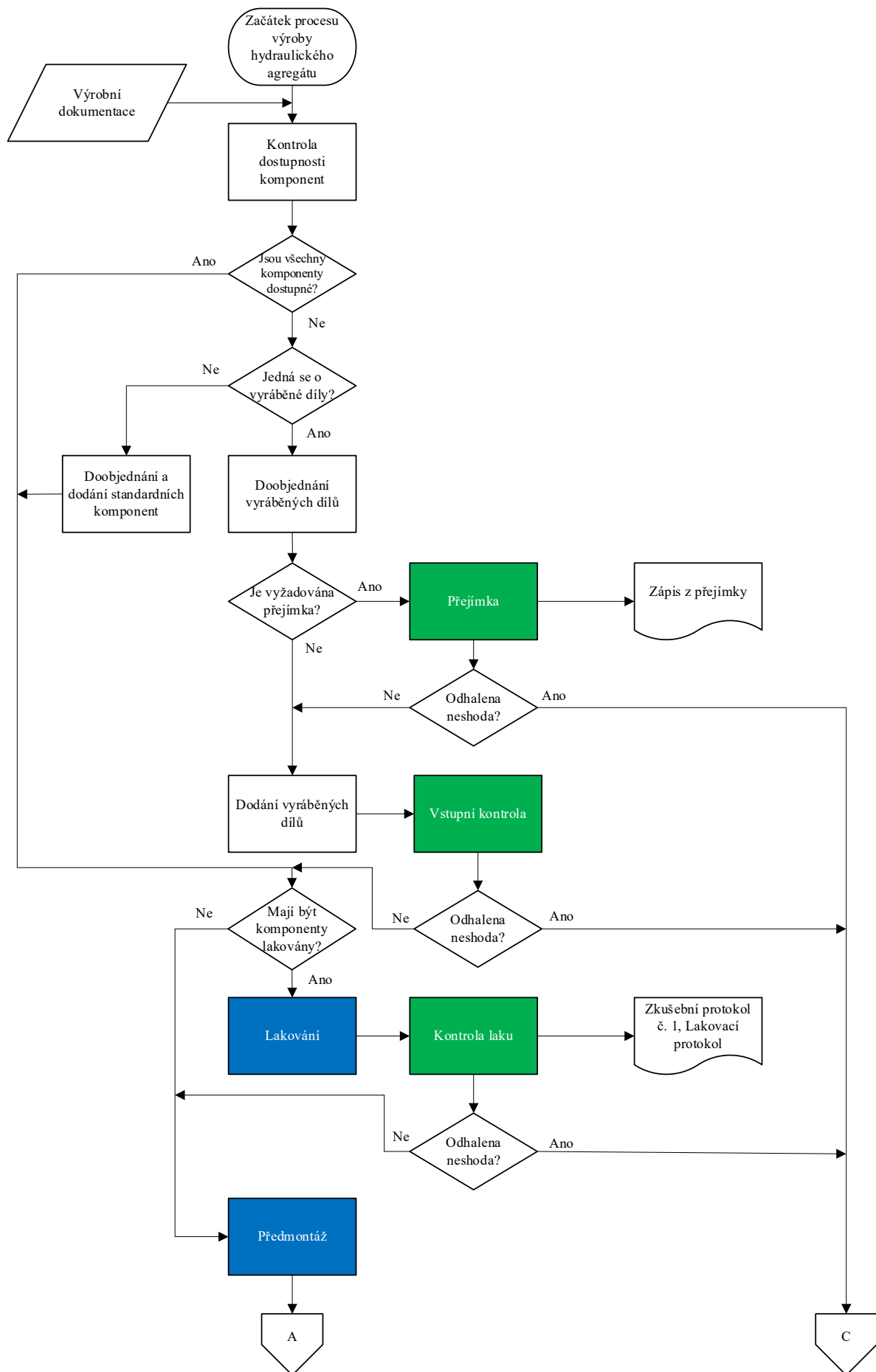
S	I	P	O	C
Zákazník	Technické požadavky	Tvorba technické specifikace	Technická specifikace	Oddělení konstrukce
Oddělení obchodu	Technická specifikace	Tvorba výrobní dokumentace	Výrobní dokumentace	Oddělení nákupu
Oddělení konstrukce	Výrobní dokumentace	Objednání komponent	Objednané komponenty	Oddělení výroby
Oddělení konstrukce a oddělení nákupu	Výrobní dokumentace, komponenty	Výroba agregátu	Agregát	Oddělení logistiky
Oddělení výroby	Agregát	Balení a expedice	Expedovaný agregát	Zákazník

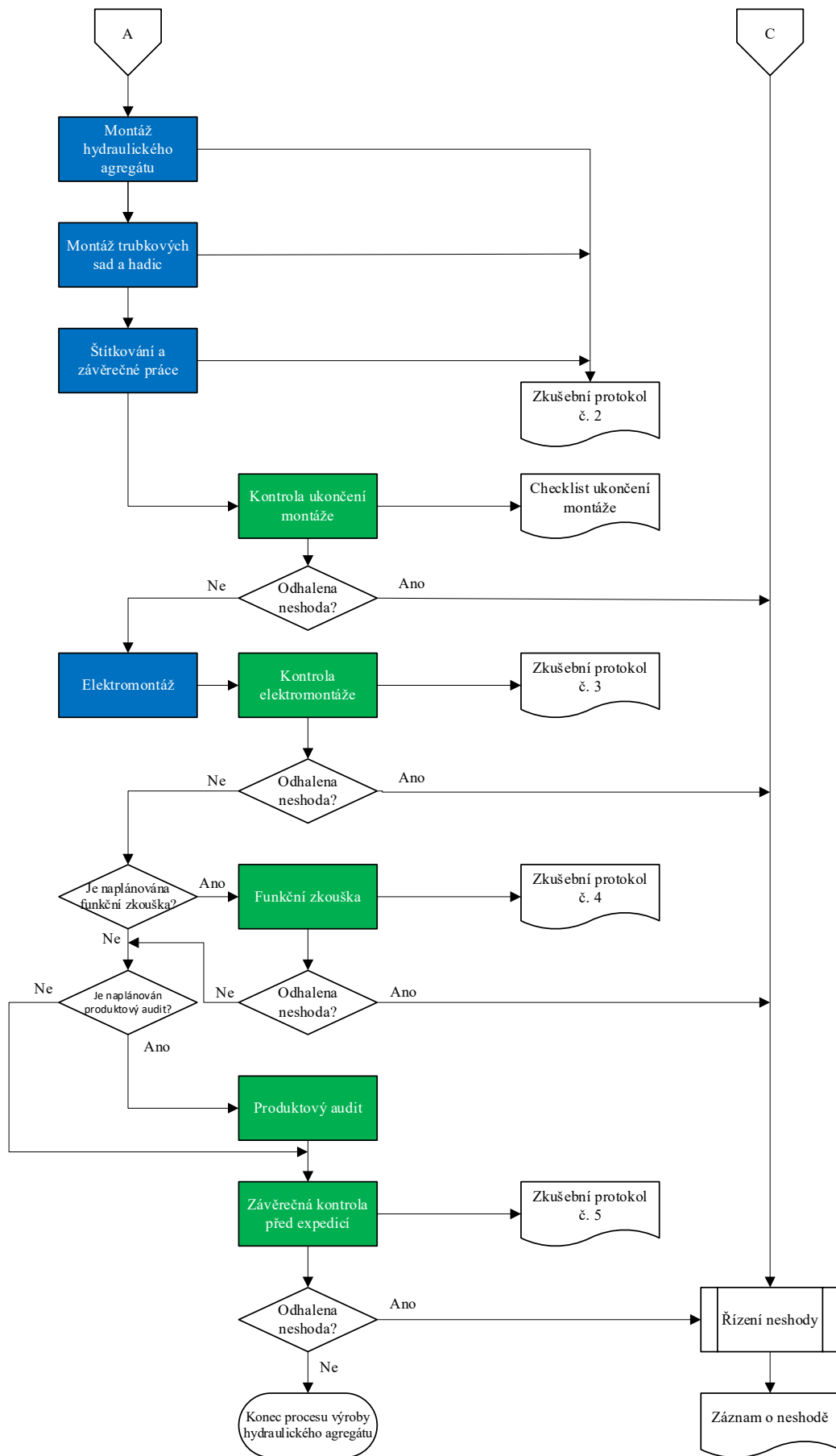
6 PROCES VÝROBY HYDRAULICKÉHO AGREGÁTU

Pro popis procesu výroby hydraulického agregátu je využit vývojový diagram, který zobrazuje jednotlivé kroky procesu a jejich vzájemné vztahy. Přičemž jednotlivé výrobní činnosti, které se podílí na kvalitě výsledného produktu, jsou pro přehlednost označeny modrou barvou, zatímco kontrolní činnosti, které nezlepšují výslednou kvalitu produktu jsou označeny zelenou barvou. Dále se v procesu nacházejí odkazy na ostatní procesy nebo činnosti, přičemž řízení neshodného produktu je níže popsáno, zatímco objednávání a dodání komponent detailněji popsáno není, jelikož se nejedná o procesy, kterými se tato práce zabývá. Jednotlivé výrobní a kontrolní činnosti, počínajíc přejímkou, jsou podrobněji popsány dále v této kapitole.

Komponenty, které vstupují do procesu výroby, je nutné rozdělit na dvě základní skupiny:

- Vyráběné díly jsou svařované ocelové konstrukce (rámy, vany, nádrže, bloky a trubkové sady). Vyráběné díly zpravidla pocházejí od tuzemských dodavatelů. Tyto díly podléhají vstupní kontrole (případně přejímce u dodavatele), jelikož se právě u nich objevují nejčastěji neshody.
- Standardní díly (čerpadla, motory, hydraulické prvky, atd.) nespádají pod vstupní kontrolu, vždy jsou zkoušeny při výstupní kontrole u dodavatele. Některé standardní díly jako např. čerpadla mohou pocházet od jiného výrobního závodu firmy Bosch Rexroth.





Obr. 9) Vývojový diagram výrobního procesu

6.1 Přejímka u dodavatele

Přejímka u dodavatele slouží k posouzení shody vyráběných dílů se specifikací ještě před expedicí od dodavatele. Přejímka neprobíhá u všech zakázek, dochází k ní ve speciálních případech např. při dodávce od nového dodavatele, nebo u komponent, kde existuje předpoklad možné odchylky od specifikace například vzhledem ke zkušenostem z minulých zakázek. Rozsah kontrolovaných parametrů přibližně odpovídá vstupní kontrole, která je popsána dále. Výsledek z přejímky je zaznamenáván do dokumentu Protokol – zápis z přejímky. Jedná se o jednoduchý checklist, ve kterém se značí body, které jsou kontrolovány. Může se jednat o:

- Namátková vizuální kontrola svarů
- Namátková kontrola čistoty vnitřních prostor
- Namátková kontrola provedení výkresu
- Namátková kontrola rozměrů
- Namátková kontrola lakování
- Namátková kontrola dokumentace

Dále jsou do protokolu zaznamenány zjištění a rozhodnutí o přijetí kontrolovaného materiálu.

Mezi vyráběné díly, u kterých lze provádět přejímku patří: trubkové sady, rámy, vany, nádrže a bloky.

6.2 Vstupní kontrola

Jak již bylo zmíněno v předchozí podkapitole, vstupní kontrola se zabývá posouzením shody se specifikací dle Kontrolních plánů následujících vyráběných dílů: trubkové sady, rámy, vany, nádrže a bloky. Vstupní kontrola probíhá i v případě, kdy ji předchází přejímka u dodavatele a důraz je kladen především na konkrétní body, které byly u přejímky problematické. Požadavky, které jsou kontrolovány při vstupní kontrole (přejímce) lze rozdělit na obecné a zvláštní.

Obecné požadavky

Tyto požadavky platí pro všechny typy vyráběných dílů a jejich posuzování probíhá především vizuálně a namátkově. Konkrétně jsou požadavky shrnuty v následující tabulce:

Tab 8) Obecné požadavky – vstupní kontrola (přejímka)

Název kontroly			
Vstupní kontrola/ přejímka			
Komponenta	Kontrolní znak	Požadavek	Rozsah kontroly
Vyráběné díly	Lakování	Barva a tloušťka laku dle specifikace	Namátková
Vyráběné díly	Závity	Bez znečištění (lak, kuličky po svařování, špony, koroze...)	Namátková
Vyráběné díly	Vnitřní povrch	Bez nečistot, reze a okují	Namátková
Vyráběné díly	Materiál	Dle výrobní dokumentace	Namátková

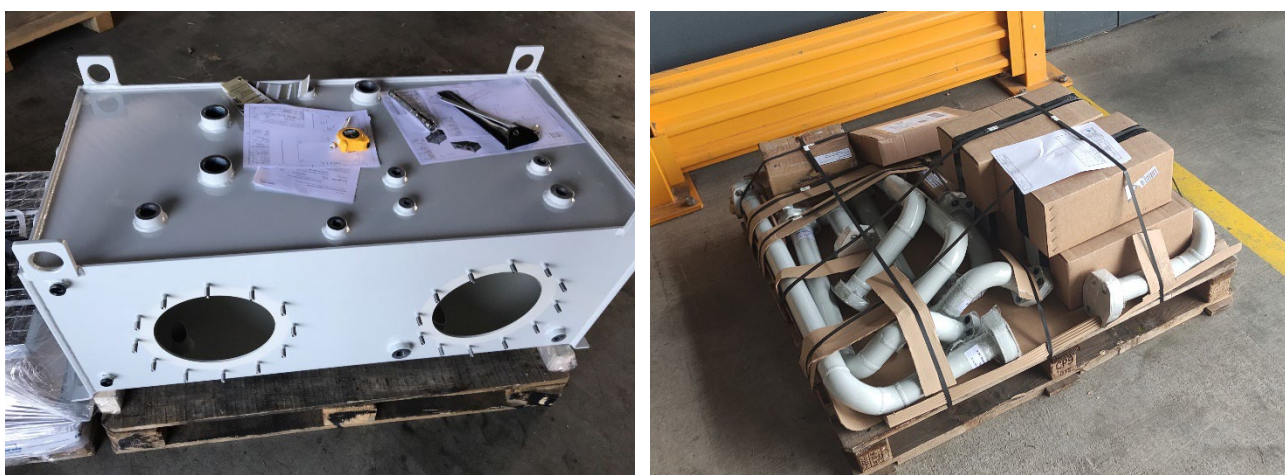
Vyráběné díly	Značení	Dle výrobní dokumentace	Namátková
Vyráběné díly	Konzervace	Holé kovové plochy a vnitřní povrch konzervován olejem	Namátková
Vyráběné díly	Volné díly	Značení dle výkresu	Namátková
Vyráběné díly	Dokumentace	Kompletnost a obsahová správnost	Namátková

Zvláštní požadavky

Zvláštní požadavky se liší u jednotlivých typů vyráběných dílů, jsou posuzovány rovněž vizuálně jako obecné požadavky.

Tab 9) Zvláštní požadavky – vstupní kontrola (přejímka)

Název kontroly			
Vstupní kontrola/ přejímka			
Komponenta	Kontrolní znak	Požadavek	Rozsah kontroly
Trubkové sady	Svary	Správně provařený kořen, čistý povrch bez okují a vizuálních vad	Namátková
Trubkové sady	Těsnící plochy (příruby)	Drsnost povrchu dle výkresu, plochy nelakované a bez koroze	Namátková
Trubkové sady (pouze u zákazníka SMS)	Ovalita ohybů	(pr. $\leq 88,9$ mm max. 4 %, pr. $> 88,9$ mm max. 2,5 %.)	100%
Rámy, vany a nádrže	Nosné svary (závěsná oka)	Bez vizuálních vad, správná výška svaru, ovařeno dokola.	100%
Rámy, vany a nádrže	Olejetěsné svary	Bez vizuálních vad, správná výška svaru, svar bez porušení	100%
Rámy, vany a nádrže	Těsnící plochy	Drsnost dle výkresu, bez koroze a mechanického poškození.	Namátková
Obráběné bloky	Zástavbové otvory pro ventily	Funkční plochy bez koroze a mechanického poškození	Namátková
Obráběné bloky	Těsnící plochy	Drsnost dle výkresu, bez koroze a mechanického poškození.	Namátková



Obr. 10) a) Vstupní kontrola nádrže, b) Trubková sada před vstupní kontrolou

6.3 Lakování

V závodě jsou obvykle lakovány vyráběné díly nebo případně standardní komponenty jednotlivě a až poté jsou montovány dohromady. U každé zakázky jsou specifikovány požadavky na lakování (odstín, druh barvy, tloušťka nátěru). Před samotným lakováním je nezbytné provést čištění a úpravu daných ploch. Konkrétně jsou odstraněny okraje, ořepy, rez, špína, prach, mastnota, olej a jiné látky, které nepříznivě ovlivňují přilnavost laku. Dále je povrch ošetřen speciálním čističem/odmašťovadlem tak, aby nedocházelo ke vzlínání oleje pod vrstvou laku. Po následovném dokonalém vysušení jsou aplikovány maskovací pásy na místa, která nemají být lakována (díly z nerezové oceli, díly z plastu a gumy, těsnící plochy, štítky, atd). [15]

Pro samotné lakování je použito vzduchové nízkotlaké stříkání HVLP (ruční pistole) nebo bezvzduchové stříkání (stříkací zařízení s automatickým mícháním). Velmi důležitá je výsledná tloušťka laku, která musí být v předepsaném rozpětí. Příliš malá vrstva nezaručí požadovanou ochranu před korozi, příliš velká vrstva má sklony k odlupování a zbytečně se zvyšuje spotřeba barvy (neekonomické). Bezprostředně po nanesení barvy se provádí informativní měření tloušťky laku pomocí speciálního měřicího hřebene. Schnutí je závislé na tloušťce nátěru, teplotě výrobku, teplotě okolí, pohybu vzduchu, typu rozpouštědla, procesu schnutí a vlhkosti vzduchu. [15]



Obr. 11) a) Komponenty připravené na lakování, b) Pracoviště lakovny

6.4 Kontrola laku

Kontrolu laku provádí lakýrník. Po samotném lakování je měřena tloušťka laku a je zaznamenána do Lakovacího protokolu. Dále lakýrník vyplňuje Zkušební protokol. Požadavky na lakování ze Zkušební protokolu jsou shrnuty v následující tabulce.

Tab 10) Požadavky kontroly laku

Název kontroly		
Kontrola laku		
Komponenta	Kontrolní znak	Požadavek
Vyráběný díl/ standardní komponenta	Lak	Tloušťka laku dle výrobní dokumentace
Vyráběný díl/ standardní komponenta	Lak	Odborné provedení
Vyráběný díl/ standardní komponenta	Lak	Rovnoměrné a odborně provedené lakování
Vyráběný díl/ standardní komponenta	Maskování a štítky	Odstranění maskování a čitelnost štítků

6.5 Předmontáž

Než proběhne montáž komponent do jednoho celku, dochází k montáži dílčích celků na pracovišti předmontáže. Jsou zde montovány pohonné jednotky, které se skládají z čerpadla, spojky, držáku čerpadla a elektromotoru. Dalšími dílčími celky realizovanými na pracovišti předmontáže jsou hydraulické bloky, které mohou být montovány pomocí pevnostních tyčí do

jednoho hydraulického bloku (ten se skládá z více jednotlivých bloků). Poté jsou bloky osazovány hydraulickými prvky (škrťící ventily, zpětné ventily, regulátory, zámky, atd). [16]

6.6 Montáž hydraulických agregátů, trubkových sad a hadic

Pracoviště montáže sousedí s pracovištěm předmontáže. Jednotlivé komponenty z předmontáže a lakovny jsou umístěny na určená místa (do košů nebo na palety). Poté jsou montovány do jednoho celku. Podpůrným pracovištěm pro montáž je svařovna, kde dochází ke svařování trubkových sad, ty jsou poté rovněž montovány na agregát. V rámci tohoto výrobního kroku montér provádí kontrolu, která se řídí Zkušebními protokolem viz. tabulka níže.

Tab 11) Požadavky kontroly v rámci montáže

Název výrobního kroku		
Montáž hydraulických agregátů, trubkových sad a hadic		
Komponenta	Kontrolní znak	Požadavek
E-motor	Napětí	Dle technické specifikace
Komponenty	Napětí	Dle technické specifikace
Potrubní rozvody	Provedení	Dle výrobní dokumentace
Trubky	Průměry trubek	Dle výrobní dokumentace
Vývody	Poloha, tolerance, rozměr	Dle výrobní dokumentace
Trubky	Ohyb trubek	Dle interních norem
Trubky	Ovalita	Dle interních norem
Trubky	Čistota	Vyčištěny a nakonzervovány
Potrubí	Provedení	Dle interních norem
Hadicová vedení	Provedení	Dle interních norem
Hadice	Ochrana proti oděru	Použita ochrana proti oděru dochází-li ke kontaktu s jinými komponenty
Pojistky hadic	Provedení	Dle interních norem
Agregát	Svary	Bez pórů, svařovacích vrubů, kuliček a nečistot
Sací a zpětné potrubí	Umístění	Dle výrobní dokumentace
Agregát	Zástavbové a přípojovací rozměry	Dle výrobní dokumentace
Nádrž	Čistota	Bez usazenin rzi a špon
Agregát	Šroubení	Dotažena a označena pečeti voskem



Obr. 12) Pracoviště montáže



Obr. 13) Komponenty vyskladněné pro montáž

6.7 Štítkování a závěrečné práce

Typ a druh štítků je proveden dle požadavků zákazníka. Štítky jsou buď lepené nebo nýtované. Počet štítků odpovídá počtu prvků agregátu, počtu vstupů a výstupů, regulačních a měřících míst. Mezi závěrečné práce patří čištění. Montér zde opět jako u montáže provádí kontrolu dle Zkušebního protokolu – požadavky jsou shrnuty v následující tabulce.

Tab 12) Požadavky kontroly v rámci štítkování

Název výrobního kroku		
Štítkování a závěrečné práce		
Komponenta	Kontrolní znak	Požadavek
Agregát	Štítky	Jsou čitelné a odpovídají výrobní dokumentaci



Obr. 14) Příklad štítkování

6.8 Kontrola ukončení montáže

Po dokončení montáže, před tím, než agregát postoupí na další výrobní krok – elektromontáž, skupinový vedoucí provádí kontrolu ukončení montáže, kontrolované požadavky se řídí Checklistem ukončení montáže.

Tab 13) Požadavky kontroly ukončení montáže

Název kontroly		
Kontrola ukončení montáže		
Komponenta	Kontrolní znak	Požadavek
Agregát	Vazací body	Označeny
Agregát	Čistota	Bez špon, prachu a oleje
Agregát	Šroubení	Utaženo, označeno
Agregát	Neošetřené části	Natřeny proti korozi
Agregát	Lak	Dle výrobní dokumentace
Agregát	Výstražné značení	Umístěno
Agregát	Směr průtoku	Kontrola zpětných ventilů, umístěny šipky
Potrubí	Čistota a značení	Dle výrobní dokumentace
Svařované potrubí	Označení a ošetření	Dle výrobní dokumentace

6.9 Elektromontáž a kontrola elektromontáže.

Na elektromontáži probíhá instalace svorkovnice, kabelových kanálů a dalších elektrokomponent. Kabely jsou uloženy a označeny kabelovým štítkem, také jsou připojeny konektory. Elektromontáž je prováděna dle schématu. Následnou kontrolu a zkoušky provádí pracovníci elektromontáže podle Zkušebního protokolu. Kontrolované body jsou sepsány v následující tabulce:

Tab 14) Požadavky kontroly elektromontáže

Název kontroly		
Kontrola ukončení elektromontáže		
Komponenta	Kontrolní znak	Požadavek
Svorkovnice	Rezervy místa	Dostatečné rezervy místa
Vodiče	Průchodnost	Průchodné
Elektrokomponenty	Výstražné značení	Nalepeno dle požadavků
Hydraulický agregát	Ochranný vodič	Dle EN60204
Svorkovnice	Provedení a značení	Dle výrobní dokumentace
Motory	Štítky	Dle dokumentace a čitelné
Hydraulický agregát	Vedení	Dle výrobní dokumentace
Trubky, kabelové vedení	Ostré hrany	Opatřeny vývodkami nebo ochranou hran
Cívky a motory	Odrušovací členy	Dle výrobní dokumentace
Přípojky šroubových spojek	Dotazenost	Dle výrobní dokumentace
Elektrické kabely	Stínění a kabeláž	Odborně
Šroubové spoje	Umístění a velikost	Dle výrobní dokumentace
Ochranné vodiče	Barevné rozlišení	Zeleně/ žlutě
Ochranné vodiče	Průřez	Dle výrobní dokumentace
Zemnicí body	Značení	Dle EN60204
Zemnicí svorka	Připojení a připevnění	Provedena odborně
Přístroje a kabely	Značení	Dle výrobní dokumentace
Ochranné vodiče	Průchodnost	Průchodné

6.10 Funkční zkouška

V brněnském závodě nejsou všechny hydraulické agregáty testovány, a to z důvodu velikosti zkušebny, která není přizpůsobena k testování největších agregátů. Pokud agregát testován je, tak existují dvě základní varianty zkoušek: standardní interní zkouška a zákaznická přejímka. Zákaznickou přejímku lze dále rozdělit na optickou kontrolu, rozměrovou kontrolu, standardní zkoušku některých částí a standardní zkoušku všech částí, případně lze naplánovat speciální zkoušku dle požadavků zákazníka.

V této práci bude uvažována pouze standardní zkouška, jelikož je prováděna nejčastěji. Cílem je zajistit dodání kompletního a plně funkčního zařízení zákazníkovi. Nejprve zkušební technik provede optickou kontrolu, kterou ověří, že je agregát kompletně smontován a připraven na zkoušku. Rovněž technik provede kontrolu čistoty nádrže a také kontrolu značení dotažení šroubení. Dále je zařízení připojeno ke zkušebnímu standu a elektromotory jsou připojeny do sítě. Samotná zkouška ověřuje těsnost agregátu, a to nejprve při tlaku menším než 50 bar, následně při tlaku vyšším než 50 bar. Po ukončení zkoušky je agregát odtlakován, nádrž vypuštěna a celé zařízení očištěno. Na závěr je znovu provedena kontrola čistoty nádrže a zaplombování nastavených pojistných ventilů. Kromě zkoušky hydrauliky je prováděna i zkouška elektrických zařízení. Zkušební technik zaznamenává výsledky zkoušky do Zkušebního protokolu viz. tabulka.



Obr. 15) Označení agregátu po zkouškách

Tab 15) Požadavky funkční zkoušky hydrauliky

Název kontroly		
Funkční zkouška hydrauliky		
Komponenta	Kontrolní znak	Požadavek
Tlakové ventily a regulátory	Nastaveny, zapečetěny nebo zaplombovány	Dle výrobní dokumentace
Hydraulický agregát	Těsnost	Žádné vnější průsaký
Potrubí	Ukotvení	Dostatečné ukotvení
Nádrž	Čistota	Po zkouškách čistý vnitřek nádrže

Tab 16) Požadavky funkční zkoušky elektrických zařízení

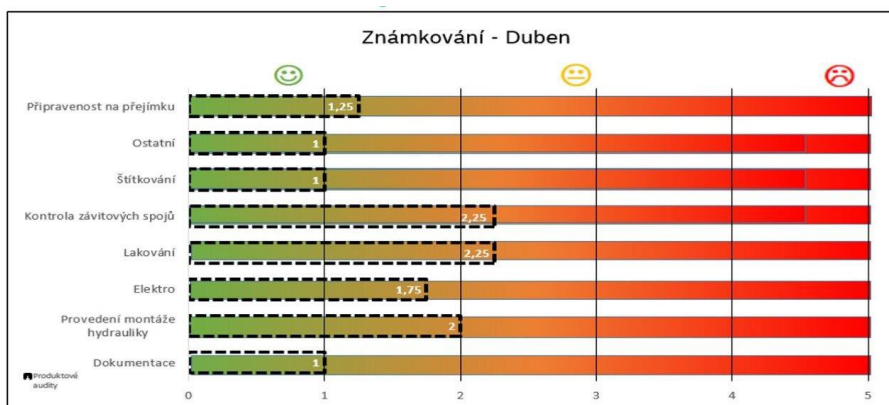
Název kontroly		
Funkční zkouška elektrických zařízení		
Komponenta	Kontrolní znak	Požadavek
Nouzový vypínač	Účinnost	Funkční, po odblokování nedojde k samočinnému rozběhu
Elektrická ochranná zařízení	Funkčnost	Jsou funkční
Hydraulický agregát	Elektrické funkce	Jsou funkční
Svorkovnice/rozvaděč	Zkušební svorky	Jsou odstraněny

6.11 Produktový a výrobní audit

Jedná se o interní audity vztahující se k výrobku. Jsou prováděny techniky oddělení kvality (případně výroby), kteří mají dostatečné zkušenosti a kvalifikaci k provádění těchto auditů.

Produktový audit je nastaven tak, že prověřuje stav produktu před odesláním zákazníkovi (auditor simuluje zákazníka při převjímcě). Počet auditů se liší každý měsíc, v roce 2021 byly v průměru každý měsíc provedeny 3 produktové audity, přičemž každý měsíc je realizováno přibližně 20 zakázek. Při vytipování zakázek pro audit je přihlédnuto k výsledkům zákaznických přejímek, výsledkům předchozích auditů a případným reklamacím. Rozsah je dán formulářem produktového auditu viz. Tabulka. Produktový audit se liší od kontrol tím, že auditor hodnotí dané parametry známkou (1-5 jako ve škole), přičemž u kontrol se zaznamenává výsledek kontroly pouze binárně (shoda/neshoda).

Výrobní audit má za cíl stanovit stav produktu a plnění požadavků zákazníka a interních požadavků v jakékoliv fázi rozpracovanosti produktu. Rozsah je dán stejným dokumentem jako u produktového auditu, ale je omezen fází rozpracovanosti produktu. V současné době výrobní audity nejsou prováděny z personálních důvodů.



Obr. 16) Vizualizace reportu z produktových auditů

Tab 17) Požadavky produktového auditu

Název kontroly		
Produktový audit		
Komponenta	Kontrolní znak	Požadavek
Hydraulické komponenty	Provedení	Dle specifikace
Hydraulické komponenty	Zapojení	Ve správném směru
Trubky	Provedení	Odborně
Trubky	Tavby	Jsou zapsány
Šroubení	Správný typ	Dle výrobní dokumentace
Vstupní/výstupní otvory	Uzavřenost	Jsou uzavřeny
Hadice	Provedení, bezpečnostní pojistky	Odborně, u trubek s tlakem vyšším než 100 bar použity bezpečnostní pojistky
Spojka	Vůle	Vůle na spojce
Eektroinstalace	Provedení	Odborně
Zemnicí bod	Umístění	Zemnicí bod umístěn
Hydraulický agregát	Lakování	Odborné a rovnoměrné
Šroubení	Utaženost a označení	Šroubení jsou utažena a označena
Akumulátory a svorkovnice	Štítkování	Výstražný štítek umístěn
Hydraulický agregát	Štítkování	Dle výrobní dokumentace
Hydraulický agregát	Přístup	Dostatečný prostor pro obsluhu a údržbu
Hydraulický agregát	Čistota	Zařízení je čisté
Transportní oka	Označena	Označena dle požadavků
Chybějící díly	Označeny	Chybějící díly jsou označeny

6.12 Závěrečná kontrola před expedicí

Závěrečná kontrola je finálním kontrolním bodem před odesláním výrobku zákazníkovi. Je prováděna technikem zkušebny a rozsah se řídí Zkušebním protokolem, konkrétní body jsou v následující tabulce.

Tab 18) Požadavky závěrečné kontroly před expedicí

Název kontroly		
Závěrečná kontrola před expedicí		
Komponenta	Kontrolní znak	Požadavek
Měřicí hadice	Namontování	Dle výrobní dokumentace
Akumulátory a elektrické zařízení	Varovné štítky	Jsou umístěny
Olejevá vana	Namontování	Dle výrobní dokumentace
Kryt pro tlumení zvuku	Namontování	Dle výrobní dokumentace
Hydraulický agregát	Čistota	Zařízení je čisté
Výstupní šroubení	Odborně uzavřeny	Dle výrobní dokumentace
Elektrické konektory	Namontovány	Dle výrobní dokumentace
Hydraulický agregát	Kompletnost	Dle výrobní dokumentace
Manometry a trubky	Značení	Dle výrobní dokumentace

6.13 Řízení neshody

Pokud dojde k odhalení neshody na komponentě nebo agregátu, tak prvním krokem je označení tohoto objektu tak, aby se předešlo jeho dalšímu zpracování.

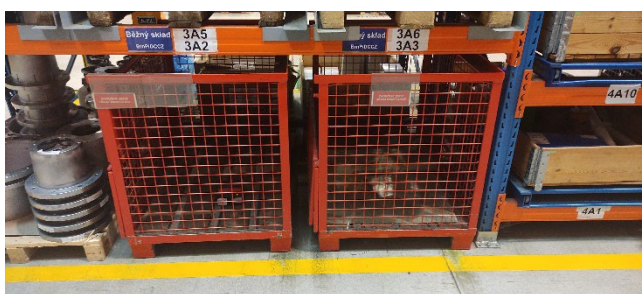
- Červený štítek – takto se označují výrobky, kde je podezření na neshodu, ale nebylo provedeno rozhodnutí použití. Pracovníci smí manipulovat s takto označeným materiálem pouze s vědomím oddělení kvality.
- Žlutý štítek – u takto označených štítků bylo rozhodnuto o provedení opravy,
- Zelený štítek – označuje objekty, které prošly kontrolou kvality.

Dalším krokem po označení je uskladnění neshodného materiálu do speciálních boxů ve skladu. Rozměrnější objekty jako celé agregáty jsou ponechány na svém místě.

V závislosti na charakteru neshody oddělení kvality koordinuje rozhodnutí o dalším postupu. Obvyklé možnosti dalšího postupu jsou následující:

- Použití s odchylkou
- Oprava interní
- Oprava externí
- Vrácení dodavateli na opravu
- Vrácení dodavateli bez náhrady
- Šrotace

Po opravě dochází ke kontrole, zda splnila oprava svůj účel a původní neshoda je odstraněna a zároveň nevznikla nová.



Obr. 17) a) Boxy pro skladování neshodných komponent, b) Štítky

7 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU A NÁVRH ZMĚN

Předchozí kapitola popisovala současný stav procesu výroby včetně kontrol, zatímco tato kapitola se bude zabývat zhodnocením současného stavu a návrhem změn pro jednotlivé kontrolní kroky tak, aby se zvyšovala jejich schopnost plnit cíle, které byly popsány v kapitole 3.3 a zároveň aby byly snižovány náklady na provádění těchto kontrol.

7.1 Přejímka

V roce 2021 přejímky u dodavatelů téměř neprobíhaly. Významně se na této skutečnosti podílela epidemie koronaviru a restriktce s ní spojené, kdy byla ze strany firmy snaha o minimalizaci kontaktů a tedy i pracovních cest. Každopádně přejímka u dodavatelů není příliš efektivním nástrojem, jelikož zaměstná minimálně jednoho případně více pracovníků oddělení kvality na celý pracovní den a pracovník tedy nemůže vykonávat svou obvyklou agendu. Vhodná je implementace foto-přejímky, která umožňuje především časové a s ní spojené finanční úspory. Nevýhodou této varianty přejímky může být špatná posouditelnost některých parametrů v případě nedostatečně kvalitních fotografií. Proto je vhodné zavést dvoustupňovou přejímku. Prvním stupněm by byla právě foto-přejímka, pokud by pracovník oddělení kvality vyhodnotil, že foto přejímka není dostatečná, nebo že nedokáže pomocí fotografií vyhodnotit, zda vyráběný díl odpovídá interním požadavkům a výkresové dokumentaci, tak by následovala prezenční přejímka u dodavatele.

7.2 Vstupní kontrola

Vstupní kontrola je velice efektivním nástrojem, který dokáže odhalovat neshody u vyráběných dílů ještě před jejich uvolněním do výroby a tím snižovat náklady na řízení neshod, protože neshody odhalené v pozdější fázi výroby s sebou obvykle nesou komplikace pro opravy.

7.3 Kontrola laku

Hodnoty tloušťky laku jsou při této kontrole zaznamenávány do Lakovacího protokolu, zatímco do Zkušebního protokolu jsou zaznamenávány informace obecnějšího typu například „lakování bylo odborně provedeno, nátěr je rovnoměrný“, atd. což je ale nešikovné, jelikož dle logiky Zkušebního protokolu je posuzováno lakování na agregátu jako celku, přičemž lakování jsou jednotlivé komponenty samostatně. Body ve Zkušebním protokolu, které se týkají lakování jsou nadbytečné v případě, kdy existuje Lakovací protokol, jenž obsahuje exaktní informace o naměřené tloušťce laku, zatímco ve Zkušebním protokolu jsou pouze mírně vágní formulace (např. Lakování bylo odborně provedeno).

Pro zjednodušení a zpřehlednění administrativy spojené s kontrolou laku je vhodné odstranit veškeré body týkající se kontroly laku ze Zkušebního protokolu a ponechat pouze Lakovací protokol.

7.4 Kontrola ukončení montáže

Přestože v rámci montáže pracovníci provádějí kontrolu a její výsledky zaznamenávají do Zkušebního protokolu, tak navíc existuje kontrola ukončení montáže, kterou provádí skupinový vedoucí a řídí se Checklistem ukončení montáže. Avšak většina kontrolovaných parametrů se již nachází právě ve Zkušebním protokolu. Dochází zde ke zdvojené kontrole, a to navíc u navazujících kroků v rámci procesu výroby.

Je velice vhodné zamezit zdvojené kontrole tím, že nebude prováděna kontrola ukončení montáže. Na kontrole v rámci montáže se může podílet i skupinový vedoucí. Tím dojde také ke zeshňlení dokumentace odstraněním již zmíněného Checklistu ukončení montáže.

7.5 Kontrola elektromontáže

U této kontroly je posuzováno provedení elektromontáže vizuálně, ale také zde probíhá zkouška průchodnosti vodičů. Jak vizuální kontrola, tak zkouška průchodnosti jsou zaznamenávány do Zkušebního protokolu, nevzniká zde žádný nadbytečný administrativní úkon jako u kontroly ukončení montáže.

7.6 Funkční zkouška

Výsledky standardní zkoušky jsou zaneseny do Zkušebního protokolu. V případě speciálních požadavků zákazníka může být provedena např. zkouška hlučnosti, která je zdokumentována v samostatném protokolu.

Jak již bylo zmíněno některé agregáty nemohou být testovány, jelikož zkušebna pro toto testování není uzpůsobena. Jednoznačně by bylo přínosem rozšíření zkušebny tak, aby mohly být všechny agregáty testovány, jelikož když agregát testován není, nelze odhalit řadu vad, které mohou při výrobě vzniknout – podrobněji bude toto popsáno v kapitole následující. Každopádně přestavba zkušebny by byla velmi rozsáhlým projektem, který by výrazně zasáhl do layoutu celé výrobní haly a nesl s sebou vysoké finanční náklady.

7.7 Produktový a výrobní audit

Produktový audit je velmi efektivním nástrojem, jelikož simuluje zákazníka při přejímce a tím dává zpětnou vazbu pro oddělení výroby. Užitečnost produktových auditů závisí na znalostech a zkušenostech auditora, sice se auditor řídí danou strukturou auditu, ale rozsah jednotlivých kontrolovaných bodů je spíše namátkový, protože případnou 100 % kontrolu nelze z časových důvodů provést, proto míra efektivity auditu závisí právě také na zkušenostech a znalostech auditora pomocí kterých dokáže vyhodnotit na co konkrétně se zaměřit při provádění auditu.

Počet provedených produktových auditů za měsíc se pohybuje v průměru okolo třech auditů (data za rok 2021), přičemž počet zakázek za měsíc se pohybuje okolo čísla 20. Bylo by vhodné nastavit cíl v počtu provedených produktových auditů za měsíc, tak aby bylo možné v rámci procesu neustálého zlepšování tento cíl překonat. S rostoucím počtem auditů také roste podíl zauditovaných zakázek, čímž lze dosáhnout komplexnějšího obrazu o kvalitě vyráběných agregátů. K tomu je ale potřeba větší měrou zapojit do provádění produktových auditů i další pracovníky oddělení kvality, jelikož v současné době drtivou většinu produktových auditů provádí jeden pracovník oddělení kvality. Ovšem na úkor počtu provedených produktových auditů nesmí dojít k poklesu kvality samotných auditů.

Rovněž by bylo vhodné nastavit cíl pro oddělení výroby např. průměrná celková známka za měsíc z produktových auditů nesmí překročit určenou hodnotu, tak aby se rovněž v rámci procesu neustálého zlepšování dalo tento cíl plnit a překračovat.

Pro maximalizaci užítku produktových auditů je podstatná komunikace zjištění směrem k oddělení výroby, což je zajišťováno vizualizací výsledků auditů a akčním plánem, který nese informace o potřebných opravách na zakázce a sleduje aktuální stav oprav.

7.8 Závěrečná kontrola před expedicí

Předchozí kontrolní kroky by měly být nastaveny tak, aby veškeré neshody byly odhaleny tam, a právě při závěrečné kontrole by již nemělo docházet k odhalení neshod, jelikož se jedná o finální etapu výroby a odhalené neshody by mohly generovat náklady spojené s odložením expedice. Což značí, že tato kontrola je nadbytečná a pouze zvyšuje výrobní náklady. Proto by se mělo jednat pouze o časově nenáročnou kontrolu, která ověřuje, že je agregát po zkouškách kompletní, čistý a je připraven na expedici.

8 PRAKTICKÁ ANALÝZA SYSTÉMU KONTROL VE VÝROBNÍM PROCESU

Pro analýzu byla zvolena metoda QAM, která je popsána v podkapitole 3.4.2. U praktické analýzy je nezbytné si jednoznačně určit oblast, kterou se analýza bude zabývat v rámci filozofie Paretova pravidla, které říká že 80 % důsledků pramení z 20 % příčin. Například 80 % nákladů na neshody je vytvořeno jen 20 % možnými vadami. Ve firmě jsou dvě varianty při uvolňování agregátu:

- Agregát je testován na zkušebně.
- Agregát není testován.

Přičemž v podstatě všechny vady, které jsou metodou FMEA ohodnoceny vyšším rizikovým číslem než kritickým, pochází právě z verze FMEA pro výrobu agregátu bez testování, proto bude následující analýza zaměřena na variantu výrobního procesu, kdy agregát není testován. Pro analýzu kontrol ve výrobním procesu bude využito vstupních dat z FMEA, jejíž nejaktuálnější verze pochází z roku 2021. Konkrétně budou použity vady a jejich příčiny a také hodnocení Očekávaný výskyt vady (“O”). Dále bude využito poznatků z kapitoly 6 Popis procesu výroby hydraulického agregátu pro posouzení detekovatelnosti jednotlivých vad v konkrétních Quality Gates. Praktická aplikace metody QAM se nachází v příloze. Kromě dat a poznatků z FMEA a kapitoly 6 bylo také využito konzultací s relevantními pracovníky firmy pro vypracování QAM. Klíčové poznatky z QAM jsou:

- Většinu vad s vysokým RPN nelze odhalit (je malá pravděpodobnost odhalení) v žádné z Quality Gates.
- Tyto vady, které nelze odhalit mají společné příčiny:
 - Zapomenuta nebo špatně provedena montáž těsnění.
 - Přetažení šroubení.
- Téměř všechny vady vznikají při montáži agregátu nebo trubkových sad a hadic.
- Závěrečná kontrola před expedicí nedokáže efektivně odhalit žádnou z vad s vysokým RPN.

9 VLASTNÍ NÁVRHY A DOPORUČENÍ

Analýza v předchozí kapitole umožnila jednoznačně pojmenovat hlavní nedostatky systému kontrol v případech, kdy agregát není testován. Vady, jež nelze odhalit v žádné z Quality Gates mají jednu ze dvou příčin, které se opakují. Jedná se o neprovedení nebo špatné provedení montáže těsnění. Druhou opakující se příčinou je přetažení šroubení. V podstatě všechny vady s těmito příčinami vznikají ve fázi montáže agregátu nebo montáže trubkových sad a hadic.

Pro obě již zmíněné příčiny platí to, že v podstatě neexistuje nedestructivní metoda, která by dokázala vady způsobené těmito příčinami odhalit kromě testování ve zkušebně. Jelikož tedy v současné době nelze snížit RPN u těchto vad pomocí korekce kritéria D (detekovatelnost), je třeba směřovat pozornost k parametru O (očekávaný výskyt vady).

9.1 Pravidelná školení

Jak již bylo předestřeno v předcházejícím odstavci je nutné snižovat pravděpodobnost vzniku vady. Vhodným nástrojem pro snižování pravděpodobnosti vady je zvyšování kvalifikace zaměstnanců. Jelikož kvalifikovaný zaměstnanec lépe rozumí úkonům, které provádí a dodržuje pracovní postupy, díky čemuž nedochází ke vzniku vad. Zvyšovat nebo možná lépe řečeno udržovat úroveň kvalifikace pracovníků lze pomocí pravidelných školení, které budou prováděny jednou ročně. Může se jednat o interní školení, které může provádět dostatečně technicky kvalifikovaný pracovník oddělení kvality nebo výroby. Druhou variantou jsou školení zajištěná externě přímo od dodavatelů komponent (v tomto případě šroubení a těsnění).

9.2 Montážní mapa

Jedná se o projekt oddělení výroby, který je nyní ve fázi rozpracovanosti. Tato mapa má shromažďovat informace o montáži agregátu na jednom listu, ze které se lze pomocí hypertextových odkazů dostat k montážním pokynům pro konkrétní komponenty. Kromě montážních pokynů mapa také obsahuje popis častých chyb včetně obrázků. Tento projekt má potenciál výrazně podporovat kvalifikovanost zaměstnanců, ale je potřeba při vytváření a používání mapy dodržovat následující body:

- Přehlednost – informace musí být uspořádány logicky a přehledně tak, aby se ke všem informacím dostal zaměstnanec maximálně přes 1-2 odkazy.
- Srozumitelnost – montážní pokyny musí být srozumitelné pro všechny zaměstnance (ideálně vždy doplněny o konkrétní obrázky), ale zároveň nesmí být příliš zdlouhavé.
- Zaměstnanci musí být informováni o existenci mapy a také o přínosech mapy pro jejich práci tak, aby ji aktivně využívali.
- Mapa by měla být živým dokumentem a reflektovat změny v montáži.



Obr. 19) a) Označení matice fixem, b) Utažení matice a kontrola úhlu

10 ZÁVĚR

Hlavním cílem práce je popsat, zanalyzovat a navrhnout změny pro uvolňování výrobku v brněnském výrobním závodě firmy Bosch Rexroth.

Úvodní kapitola seznamuje čtenáře s managementem kvality a jeho částmi (plánování kvality, prokazování kvality, řízení kvality a zlepšování kvality). Dále jsou představeny základní koncepce managementu kvality (koncepce managementu kvality na bázi norem ISO, koncepce managementu kvality na bázi odvětvových standardů a koncepce TQM). Následně jsou objasněny požadavky normy ČSN EN ISO 9001:2016 na uvolňování výrobku, jedním z požadavků je, že organizace musí provádět v určených etapách výroby produktu ověření shody se specifikovanými požadavky na produkt. [7] Ověřování je prováděno pomocí technických kontrol a zkoušek, které mají za cíl:

- Objektivně posoudit míru shody mezi požadavky a skutečností.
- Odhalovat a identifikovat neshody.
- Zabránit průniku neshodných produktů nejen k zákazníkovi, ale na každý další stupeň zpracování.

Přestože kontroly plní zmíněné cíle, je nezbytné pamatovat na to, že zvyšují výrobní náklady, a přitom nezlepšují výslednou kvalitu produktu. Závěrem úvodní kapitoly jsou popsány metody analýzy vzniku vad při výrobním procesu. Konkrétně se jedná o FMEA a QAM.

Následující kapitola má za cíl představit organizaci Bosch Rexroth a výrobní závod v Brně. Seznámení s firmou je doplněno o stručné představení produktu – hydraulického agregátu

Navazující kapitoly popisují současný stav uvolňování výrobku ve firmě. Nejprve je proces výroby hydraulického agregátu zařazen do kontextu realizace zakázky pomocí metody SIPOC. Poté je popsán samotný proces výroby včetně kontrol a zkoušek. Je využito vývojového diagramu a následně jsou popsány jednotlivé části procesu detailněji. U kontrol jsou kontrolované parametry shrnuty v tabulkách.

Poznatky vyplývající z popisu současného stavu jsou popsány a doplněny o návrhy změn u jednotlivých kontrol. Mezi návrhy patří následující:

- Implementace foto-přejímky
- Úprava dokumentace kontroly laku (nadbytečnost bodů ve Zkušebním protokolu)
- Odstranění kontroly montáže (zdvojená kontrola)
- Nastavení cíle pro počet provedených produktových auditů
- Nastavení cíle pro dosažené hodnocení v produktových auditech

Praktická aplikace metody QAM je vypracována v příloze. Relevantní zjištění vyplývající z QAM jsou v práci shrnuta a patří mezi ně tyto:

- Většinu vad s vysokým RPN nelze odhalit (je malá pravděpodobnost odhalení) v žádné z Quality Gates.
- Tyto vady, které nelze odhalit mají společné příčiny:
 - Zapomenuta nebo špatně provedena montáž těsnění.

- Přetažení šroubení.
- Téměř všechny vady vznikají při montáži agregátu nebo trubkových sad a hadic.
- Závěrečná kontrola před expedicí nedokáže efektivně odhalit žádnou z vad s vysokým RPN.

Vzhledem k tomu, že metoda QAM byla provedena pro proces výroby, kdy agregát není testován, tak nelze zvýšit detekovatelnost některých vad, proto je potřeba se zaměřit na snížení pravděpodobnosti výskytu těchto vad. Vhodné je směřovat pozornost na zvýšení kvalifikovanosti zaměstnanců. Závěrečná kapitola představuje návrhy a doporučení ohledně nástrojů zvýšení kvalifikace zaměstnanců. Jedná se o:

- Pravidelná školení
- Montážní mapa
- Kontrola montáže
- Sebekontrola

Cíle bakalářské práce byly splněny. Vzhledem k faktu, že tato práce nabízí pouze návrhy a doporučení, nelze v současné době hodnotit jejich reálnou implementaci do provozu. Toto hodnocení vyžaduje časový odstup.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN EN ISO 9000. *Systém managementu kvality: Základní principy a slovník*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [2] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [3] KOŠTURIAK, Ján a Milan GREGOR. *Podnik v roce 2001: revoluce v podnikové kultuře*. 1. Praha: Grada, 1993. ISBN 80-716-9003-1.
- [4] *About ASME – ASME: The American Society of Mechanical Engineers - ASME* [online]. In: . [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.asme.org/about-asme>
- [5] JURAN, Joseph. *A History of Managing for Quality: The Evolution, Trends, and Future Directions of Managing for Quality* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://archive.org/details/historyofmanagin0000unse/page/596/mode/2up>
- [6] NENADÁL, Jaroslav. *Měření v systémech managementu jakosti*. 2. Praha: Management Press, 2001. ISBN 80-726-1054-6.
- [7] HNÁTEK, Jan, Otakar HRUDKA, Ondřej HYKŠ, Miroslav JEDLIČKA, Miroslav STANĚK, Elena STIBŮRKOVÁ, Marie ŠEBESTOVÁ a Milan TRČKA. *Komentované vydání normy ČSN EN ISO 9001: 2016*. 1. Praha: Česká společnost pro jakost ; Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016, 138 stran : ilustrace. ISBN 978-80-02-02642-6.
- [8] ČSN EN IEC 60812 ED. 2. *Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA a FMECA)*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [9] *Improving Our Work with a Quality Mindset: Lean Consultants Transforming Manufacturing | TXM Global* [online]. In: . [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://txm.com/improving-work-quality-mindset/>
- [10] Our figures: Bosch Global. Invented for life. In: *Bosch Global* [online]. [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://www.bosch.com/company/our-figures/>
- [11] Bosch Mobility Solutions: Document Moved. In: *Robert Bosch GmbH* [online]. [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/>
- [12] Bosch Energy and Building Solutions Global. In: *Bosch Sicherheitssysteme GmbH* [online]. [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://www.boschbuildingsolutions.com/xc/en/>

- [13] Elbphilharmonie: Bosch Energy and Building Solutions Global. In: *Bosch Sicherheitssysteme GmbH* [online]. [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://www.boschbuildingsolutions.com/xc/en/news-and-stories/elbphilharmonie/>
- [14] EXNER, H. *Základy hydraulických systémů a základní hydraulické komponenty*. 3. G.L. Rexroth GmbH, 2005.
- [15] *Lakování agregátů a komponent*. Bosch Rexroth, 2016.
- [16] *Výroba hydraulických agregátů*. Bosch Rexroth, 2016.
- [17] *Součástí nového unikátního jeviště ve Státní opeře Praha jsou také kabely Lapp* [online]. In: . [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.volty.cz/2021/09/17/soucasti-noveho-unikatniho-jeviste-ve-statni-opere-praha-jsou-take-kabely-lapp/>
- [18] Rexroth. In: *Bosch Rexroth* [online]. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://m.boschrexroth.com/en/xc/company/press/index2-36416>

12 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

12.1 Seznam tabulek

Tab 1) Příklad stupnice pro klasifikaci detekovatelnosti [8]	23
Tab 2) Příklad aplikace FMEA pro proces zapouzdření elektronické součástky [8]...	23
Tab 3) Šablona QAM	25
Tab 4) Hodnocení očekávaného výskytu vady	25
Tab 5) Hodnocení detekovatelnosti vady.....	25
Tab 6) Vyhodnocení statusu zajištění kvality	26
Tab 7) SIPOC realizace zakázky v Bosch Rexroth.....	35
Tab 8) Obecné požadavky – vstupní kontrola (přejímka).....	40
Tab 9) Zvláštní požadavky – vstupní kontrola (přejímka).....	41
Tab 10) Požadavky kontroly laku	43
Tab 11) Požadavky kontroly v rámci montáže	44
Tab 12) Požadavky kontroly v rámci štítkování	46
Tab 13) Požadavky kontroly ukončení montáže.....	46
Tab 14) Požadavky kontroly elektromontáže	47
Tab 15) Požadavky funkční zkoušky hydrauliky.....	48
Tab 16) Požadavky funkční zkoušky elektrických zařízení.....	49
Tab 17) Požadavky produktového auditu	50
Tab 18) Požadavky závěrečné kontroly před expedicí	51

12.2 Seznam obrázků

Obr. 1) Závislost nákladů a detekovatelnosti vad na fázi realizace produktu [9]	17
Obr. 2) Konceptce managementu kvality [2]	20
Obr. 3) Jízdní asistent Bosch [11]	27
Obr. 4) a) Labská filharmonie [13], b) Basebalový stadion Texas Rangers [12]	28
Obr. 5) Státní opera v Praze [17]	29
Obr. 6) Výrobní závod v Brně.....	29
Obr. 7) Hydraulické schéma agregátu [14]	31
Obr. 8) Modulární hydraulický agregát ABMAXX [18].....	33
Obr. 9) Vývojový diagram výrobního procesu	39
Obr. 10) a) Vstupní kontrola nádrže, b) Trubková sada před vstupní kontrolou	42
Obr. 11) a) Komponenty připravené na lakování, b) Pracoviště lakovny.....	43
Obr. 12) Pracoviště montáže	45
Obr. 13) Komponenty vyskládané pro montáž	45
Obr. 14) Příklad štítkování	46
Obr. 15) Označení agregátu po zkouškách	48
Obr. 16) Vizualizace reportu z produktových auditů.....	49
Obr. 17) a) Boxy pro skladování neshodných komponent, b) Štítky.....	52
Obr. 18) Montážní mapa	60
Obr. 19) a) Označení matice fixem, b) Utažení matice a kontrola úhlu	61

12.3 Seznam zkratek

API	American Petroleum Institute (americký ropný institut)
ASME	The American Society of Mechanical Engineers (Americká společnost strojních inženýrů)
ČSN	Česká technická norma
D	Detection (detekovatelnost)
EFQM	European Foundation for Quality Management (Evropská nadace pro management kvality)
EN	Evropská norma
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis (analýza možného výskytu a vlivu vad)
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung (Společnost s ručením omezeným)
GMP	Good manufacturing practice (Dobrá výrobní praxe)
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points (Systém analýzy rizika a stanovení kritických kontrolních bodů)
HVLP	High Volume, Low pressure (Vysoký objem, nízký tlak)
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
NATO	North Atlantic Treaty Organization (Severoatlantická aliance)
O	Occurance (výskyt)
PDCA	Plan-do-check-act (naplánuj-proveď-ověř-jednej)
pr	Průměr
QAM	Quality assurance matrix (matice pro zajištění kvality)
RPN	Risk Priority Number (rizikové číslo)
S	Severity (závažnost)
SIPOC	Supplier, input, process, output, customer (dodavatel, vstup, proces, výstup, zákazník)
TQMMBNQA	The Malcolm Baldrige National Quality Award (Národní cena kvality Malcolma Bridge)

13 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: QAM