

Analýza rizik ve vybraném podniku automobilového průmyslu

Martin Bílek

Bakalářská práce

2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav krizového řízení

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Bílek**

Osobní číslo: **L11116**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Ovládání rizik**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Analýza rizik ve vybraném podniku automobilového průmyslu**

Zásady pro vypracování:

1. V bakalářské práci v teoretické části vymezit teoretické východiska pro analýzu rizik. Charakterizovat specifika analýzy rizik v průmyslu. Vymezit metody a nástroje analýzy rizik.
2. V praktické části vymezit místo a úlohu automobilového průmyslu v národním hospodářství. Analyzovat vybraný podnik pomocí SWOT analýzy. Na vybraném oddělení v rámci podniku analyzovat rizika pomocí metody FMEA.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] ŠEFČÍK, Vladimír: Analýza rizik. Vyd. první. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Academia centrum, 2013, 109 s., ISBN 978-80-7318-696-8.

[2] SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích. 4., aktualizace a rozš. vydání. Praha: Grada, 2013, 483 s. ISBN 978-80-247-4644-9.

[3] TICHÝ, Milík. Ovládání rizika: analýza a management. Vyd.1.Praha: C.H.Beck, 2006, xxvi, 396 s., Beckova edice ekonomie. ISBN 80-717-9415-5.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. PhDr. Vladimír Šefčík, CSc.**
Ústav krizového řízení

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. září 2014**

V Uherském Hradišti dne 11. srpna 2014


prof. PhDr. Ivo Barteček, CSc.
děkan





doc. PhDr. Ferdinand Mazal, CSc.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

V Uherském Hradišti dne 19.9.2014


.....
podpis studenta/ky

ABSTRAKT

Tématem bakalářské práce je Analýza rizik ve vybraném podniku automobilového průmyslu. Práce je rozdělena na dvě části; teoretickou a praktickou.

Cílem teoretické části je vymezení teoretická východiska analýzy rizik, charakterizovat specifika analýzy rizik v průmyslu a vymezení metody a nástroje analýzy rizik.

Praktická část se zaměřuje na místo a úlohu automobilového průmyslu v České republice, představení společnosti Halla Visteon Autopal s.r.o. a SWOT analýzu této společnosti.

Hlavním cílem této části práce je analýza rizik pomocí metody FMEA na vybraném oddělení podniku.

Klíčová slova: analýza rizik, řízení rizik, metody rizik, FMEA, WCAC

ABSTRACT

The topic of this bachelor thesis is Risk analysis in selected company of automotive production. The thesis is divided into two parts; theoretical and practical.

The goal of theoretical part is to specify theoretical base of risk analysis and define specifics of risk analysis in industry. Also define methods and instruments of risk analysis.

Practical part is focused on position and function of automotive industry in the Czech Republic, presentation of company Halla Visteon Autopal s.r.o. and SWOT analysis of this company. Main goal of practical part of the thesis is risk analysis according FMEA method on selected company department.

Key words: risk analysis, risk management, risk methods, FMEA, WCAC

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce prof. PhDr. Vladimíru Šefčíkovi CSc. za jeho pomoc, věcné připomínky a odborné vedení při vypracování této bakalářské práce.

Poděkování patří mé manželce za její neocenitelnou podporu při studiu, a taktéž mé rodině, která mě podporovala po celou dobu studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I. TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1. Teoretická východiska pro analýzu rizik	12
1.1. Definice pojmu riziko	12
1.2. Členění rizik.....	13
1.3. Řízení rizika.....	14
1.4. Analýza rizika	15
2. SPECIFIKA ANALÝZY RIZIK V PRŮMYSLU	17
a) Rizika ekonomická	18
b) Rizika obchodní	18
c) Rizika technická a technologická.....	18
d) Rizika ekologická	19
e) Rizika lidského činitele.....	19
f) Rizika provozní.....	20
3. METODY A NÁSTROJE ANALÝZY RIZIK.....	21
3.1. Kvalitativní metody	21
a) Brainstorming	22
b) Analýza předpokladů	22
c) Delphi.....	22
d) Pohovory	23
e) Kontrolní seznamy	23
3.2. Kvantitativní metody	23
a) Failure Mode and Effect Analysis	23
b) Preliminary Hazard analysis	27
d) Hazard and Operability Analysis	27
e) Fault Tree Analysis.....	28
f) Event Tre Analysis.....	28
g) Human Reliability Analysis.....	28
II. PRAKTICKÁ ČÁST	30
4. MÍSTO A ÚLOHA AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU V ČESKÉ EKONOMICE ...	31
5. CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI HALLA VISTEON AUTOPAL	34
6. SWOT ANALÝZA SPOLEČNOSTI HALLA VISTEON AUTOPAL	36

7. ANALÝZA RIZIK VÝROBKU VODNÍ MEZICHLADIČ METODOU ANALÝZY SELHÁNÍ A JEJICH DOPADŮ	39
ZÁVĚR:.....	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
INTERNETOVÉ ZDROJE	57
SEZNAM OBRÁZKŮ	58
SEZNAM TABULEK	59
SEZNAM GRAFŮ	60
SEZNAM PŘÍLOH	61
PŘÍLOHY	62

ÚVOD

V současné době se stále častěji setkáváme s pojmem riziko. Je téměř nemožné se riziku vyhnout, a to se stává běžnou součástí našeho života. Pro některé podstatnou částí, pro druhé pouze okrajovou. Skutečností je, že většina lidí se nejčastěji setkává s různými druhy rizik v zaměstnání, ať již pracujeme pro zaměstnavatele, nebo samostatně jako živnostníci. Obecně platí, že cílem každého podniku je dosažení zisku při co nejmenším riziku podnikání. Tudíž snahou podniků je rizikům předcházet a vyvarovat se jich. Nejlepším způsobem jak riziku předejít, je v první řadě uvědomit si jeho přítomnost a správně jej identifikovat. K tomu nám slouží široké portfolio metod analýzy rizik použitelných napříč různými průmyslovými oblastmi, mezi kterými má své neopomenutelné místo i automobilový průmysl.

Na základě této aktuální problematiky jsem se rozhodl zaměřit bakalářskou práci na analýzu rizik ve vybraném podniku, která vyrábí produkty klimatizační techniky do předních světových automobilek. Analýza rizik je vypracována v praktické části, jejímž cílem je definovat úlohu automobilového průmyslu v české ekonomice a představit podnik Halla Visteon Autopal s.r.o., dále provést SWOT analýzu podniku a zhodnotit výsledné ukazatele této analýzy.

Cíl práce je naplněn ve dvou částech. V teoretické části bakalářské práce jsem nejprve vytyčil teoretická východiska pro analýzu rizik – význam pojmu riziko, jeho vznik a další pojmy s ním spojené, členění rizika a jeho řízení. Následně jsem charakterizoval specifika analýzy rizik v průmyslu, a v poslední kapitole jsem se věnoval stručnému zhodnocení používaných metod analýzy rizik. Zejména jsem se zaměřil na metodu FMEA, která je stěžejní pro následující praktickou část práce.

Hlavním cílem praktické části je provedení analýzy rizik metodou Analýzy selhání a jejich dopadů na projekt vývoje vodního mezichladiče Porsche B4T WCAC. Proto byla vypracována kompletní analýza možných způsobů selhání mezichladiče a jejich následků na úrovni designové stránky výrobku tak, aby co nejlépe vystihla a identifikovala slabá místa výrobku. V rámci analýzy byl jako výchozí bod analýzy sestrojen hraniční diagram reflektující schéma zapojení a funkce tepelného výměníku, dále strom funkčnosti reflektující tři primární požadavky na mezichladič, P-diagram znázorňující faktory vstupující do funkce mezichladiče a zejména samostatná analýza podchycená formulářem FMEA, která je přílohou vypracované bakalářské práce. Zde jsem kvantitativním způsobem ohodnotil možnou závažnost, výskyt a detekci ovlivňující správnou funkci

mezichladiče a tím získal ukazatele míry rizika RPN. Deset nejvyšších ukazatelů jsem si vytyčil za cíl analyzovat a navrhnout nápravná opatření pro trvalé snížení rizika na úrovni designu výrobku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. Teoretická východiska pro analýzu rizik

1.1. Definice pojmu riziko

Pojem rizika je v současném 21. století velmi používaný a je spojován s pravděpodobností nebo možností škody. Riziko je vnímáno jako hrozba či stupeň ohrožení. [1] „*Riziko je historický výraz, pocházející údajně ze 17. století, kdy se objevil v souvislosti s lodní plavou a označoval úskalí, kterému se museli plavci vyhnout. Následně se tím vyjadřovalo „vystavení nepříznivým okolnostem.“* Teprve později se objevuje i význam ve smyslu možné ztráty“ píše v knize Řízení rizik Vladimír Smejkal a Karel Rais. [2]

Jediná přesná definice pojmu riziko neexistuje, je definována mnoha uznávanými způsoby, jako například:

- *pravděpodobnost či možnost vzniku ztráty, obecně nezdaru*
- *variabilita možných výsledků nebo nejistota jejich dosažení*
- *odchýlení skutečných a očekávaných výsledků*
- *pravděpodobnost jakéhokoliv výsledku, odlišného od výsledku očekávaného*
- *nebezpečí negativní odchylky od cíle (tzv. čisté riziko)*
- *nebezpečí chybného rozhodnutí*
- *střední hodnota ztrátové funkce* [2]

Mohli bychom pokračovat v uvedení dalších definic, přesto lze obecně shrnout riziko jako „*pravděpodobnou újmu způsobenou dotčené osobě – nositeli rizika, vyjádřenou buď penězi, nebo jinými jednotkami.*“ [1]

S definicí rizika souvisí i další důležité pojmy, nejdůležitější z nich jsou následující:

Nejistota – výchozím stupněm nejistoty je jistota, která znamená jednoznačnou skutečnost. Opakem je nejistota, tedy se jedná o nejednoznačnou skutečnost; v oblasti řízení rizik nemožnost přesného odhadu následných kroků nebo výsledku. Nejistota je dána mírou jistoty (znalosti) o daném jevu. [3]

Nebezpečí – identifikace nebezpečí je základním podnětem pro analýzu rizika. Nebezpečí znamená *reálnou hrozbu poškození vyšetřovaného objektu nebo procesu* [3]. Nebezpečí lze vymezit jako možnost škody, ztráty, újmy, poškození, zničení a jakékoli další omezení. Uvažujeme-li o pojmu nebezpečí, řešíme jej v kontextu nebezpečí známé. Neznámé nebezpečí však zcela nezavrhujeme a vyhodnotíme jej v oblasti zbytkových rizik.

Nebezpečí nemusí být vždy realizováno a závisí na mnoha faktorech (čase, prostředí aj.). Scénář nebezpečí je vztažen na okolnost, v níž se nebezpečí realizuje, a skutečnost, jež realizaci provází nebo následuje po ní. [3]

Hrozba – pojem hrozba zdá se synonymem pojmů rizika a nebezpečí, avšak oproti nebezpečí hrozba představuje hrozivou blízkost něčeho zlého (procesu, události, jevu), která svými projevy dané ničí. Vymezení hrozby je v konkrétním čase, místě. Ve vztahu k riziku lze říci, že riziko je vlastností hrozby; hrozba existuje tehdy, když existuje riziko. [3]

Zranitelnost – zranitelnost představuje určitou slabinu aktiva, a tím určuje citlivost (zranitelnost) daného vůči hrozbě. [3]

1.2. Členění rizik

Rizika můžeme rozčlenit do mnoha kategorií. Členění rizik dle Tichého [3] je následující:

Hmotné riziko – lze vymezit jako riziko měřitelné.

Nehmotné riziko - souvisí s duševní činností a dá se označit jako psychologické riziko.

Spekulativní riziko – riziko, jehož cílem je zisk z rizika. Někdy se užívá pojmu „pozitivní riziko“, a jindy se o pojmu riziko v této souvislosti vůbec nehovoří.

Čisté riziko – vyskytuje se vždy jako nepříznivé riziko; je většinou pojistitelné.

Systematické riziko – riziko, jež je ve vztahu s několika projekty určité třídy.

Nesystematické riziko – oproti systematickému riziku se vztahuje pouze na jeden projekt a na ostatních je nezávislé.

Pojistitelné a nepojistitelné riziko – vždy je ve vztahu s třetí osobou na základě splnění pojistných podmínek.

Strategické riziko – uplatnitelné ve strategickém rozhodování („Co budeme dělat?“).

Operační riziko – uplatnitelné při operativním rozhodování („Jak se to má dělat?“).

Odhadované riziko – lze označit i jako nebezpečí, protože nelze numericky vyčíslit, pouze určit, zda existuje, nebo neexistuje.

1.3. Řízení rizika

Řízení rizika je oblast, jejímž cílem je pomocí různých metod a technik dosáhnout analýzy a snížení rizika. Slouží jako preventivní opatření před výskytem rizika a pro eliminaci již vzniklého rizika. Řízení rizik je činnost soustavná a prováděná procesem od počátku až do konce projektu, klade za důraz chránit před potenciálními riziky a analyzovat již vzniklé i předcházející. [4]

Skládá se ze čtyř vzájemně propojených částí:

- identifikace rizik
- zhodnocení rizik
- zvládnutí (zmírnění) rizik
- monitoring rizik [4]

Identifikace rizik spočívá v důkladném posouzení procesu se zaměřením na rizikové situace. Značnému množství rizik předchází náznaky blížící se rizikové situace a vnímavému pozorovateli neuniknou okamžiky, kdy taká situace téměř nastane. Většina lidí ovšem nevěnuje problému příslušnou pozornost, a proto je důležité, aby krizový manažer v dané situaci rizika komplexně každou činnost zhodnotil, rozčlenil vykonávanou práci na pracovišti a analyzoval. Řízení rizika je skutečnost, která provází funkci společnosti za účelem její delší životnosti. Odpovědnost za řízení rizik je rozložena rovnoměrně, avšak svrchovanou zodpovědnost má vlastník, statutární orgán a nejvyšší management. Základním nástrojem pro řízení rizik je analýza rizik. [5]



Obr. č. 1: Řízení dopadu rizika (Zdroj: převzato z Tichý M. [2])

1.4. Analýza rizika

Analýza rizika je proces, jímž se zpravidla snažíme dosáhnout ohodnocení rizik, která mohou nastat ve sledovaném procesu. Hledáme postup, který umožní detailně sledovat možná rizika za účelem identifikace rizik, posouzení faktorů ohrožující činnosti procesu a nastavení účinných opatření k jeho eliminaci. Předmětem analýzy rizik je projekt (projektem rozumíme hmotné nebo nehmotné stávající, probíhající nebo budoucí skutečnosti probíhající v daném čase na daném místě za splněním určitého cíle). [3]

Analýza rizika je základní podmínkou rozhodování o riziku, je tedy základním procesem v managementu rizika. [3] Analýza rizik musí být jasná, transparentní, tedy dostatečně zřejmá a zřetelná a opakovatelná. Cílem je zkoumat možné scénáře nebezpečí včetně následků. [1]

Analýza rizik zpravidla zahrnuje několik bodů tohoto procesu:

- Počáteční fází je identifikace aktiv. Identifikací aktiv rozumíme popis posuzovaného subjektu a popis aktiv, které vlastní.

- b) Následující fází je stanovení hodnoty aktiv, což znamená určení hodnoty aktiv a jejich význam pro subjekt, dále se v této fázi ohodnocují možné dopady ztráty aktiv, změny nebo poškození na existenci nebo chování subjektu.
- c) Třetí fází analýzy rizik je identifikace hrozeb a zranitelnosti, čímž rozumíme určení druhů událostí a akcí, které mohou ovlivnit negativním způsobem hodnotu aktiv. Určují se zde také slabá místa subjektu, která mohou umožnit působení hrozeb.
- d) Poslední fází analýzy rizik je stanovení závažnosti hrozeb a míry zranitelnosti. V této fázi se určuje pravděpodobnost výskytu hrozby a míry zranitelnosti subjektu vůči dané hrozbě. [4]

Během analýzy rizika je potřeba si nejprve uvědomit vhodnou metodiku postupu, kterou chceme pro identifikování rizik použít. Metodiku je možné si upravit podle vlastní potřeby, avšak zažívaná je pěti škálová metoda, která obsahuje tyto stupně pravděpodobnosti výskytu rizika: téměř jisté, pravděpodobné, možné, nepravděpodobné a téměř vyloučené. Druhá pětistupňová škála vymezuje významnost dopadu rizika: katastrofický, velmi významný, významný, drobný, téměř neznatelný. [23]

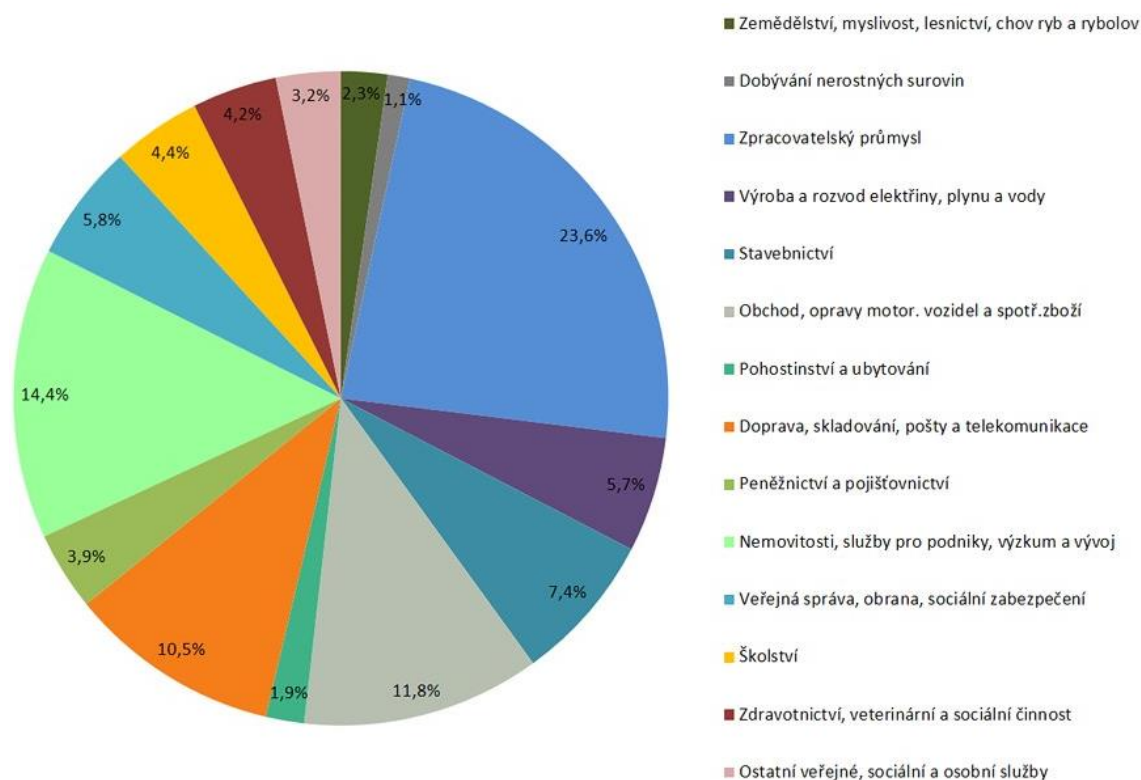
Při analýze rizika je dále potřeba zvážit krajní polohy rizika, které stojí na okrajích vymezování rizik. Samotné hodnocení rizika je vymezeno přiřazením určité hodnoty pravděpodobnosti míry výskytu rizika. Proces analýzy rizik může být zhodnocen nezávislou osobou, která může do procesu vložit objektivní, tedy nezávislý názor. [23]

Výstupem analýzy rizika jsou řádně ohodnocena všechna rizika a je vymezena jejich významnost. [23]

2. SPECIFIKA ANALÝZY RIZIK V PRŮMYSLU

Průmysl v České republice je značně různorodým odvětvím národního hospodářství. Spadá do něj těžba nerostných surovin, zemědělství, rybolov a lesnictví, zpracovatelský průmysl a výroba a rozvod elektřiny, plynu a vody. [24]

Pro českou ekonomiku má největší význam zpracovatelský průmysl, po něm následuje obchod s nemovitostmi, služby pro podniky, opravy motorových vozidel a spotřebního zboží a stavebnictví. Největší podíl, přibližně třetinu, má na výkonu českého hospodářství jen samotná průmyslová výroba. [25]



Obr. č. 2: Podíl odvětví na HDP ČR v roce 2011 (zdroj: převzato z ESF, CENIA [25])

Analýza rizik v průmyslu zahrnuje širokou oblast, neboť je spojena s jeho rozsáhlým zastoupením v národním hospodářství ČR. Hlavní zastoupení má zpracovatelský průmysl, který je definován jako mechanická, fyzikální nebo chemická přeměna materiálů, substancí či komponentů na nové produkty. [25]

V sekci výroby jsou definovány výrobní jednotky jako „podniky, závody, továrny nebo mlýny a je pro ně specifické používání elektrických strojů a zařízení pro zpracování materiálů.“ [20] Výrobní jednotky produkují produkty, které mohou mít další využití v průmyslu jako hotový výrobek, nebo mohou mít další využití jako polotovary. [25]

Podniky proto vytvářejí produkty, které jsou výsledkem lidské práce, a ta jako taková se vyznačuje tím, že je spojena s technologiemi a technickým vybavením podniků. Lidská práce je základní činitel procesu tvorby přidané hodnoty k produktu, a proto je snaha o maximální efektivnost práce. Ta bývá často narušována nepředpokládanými situacemi, které jsme si definovali jako rizikové situace. Tyto krizové situace se liší v každém podniku a v každém odvětví podnikání. Proto metody analýzy rizik v průmyslu proto nejsou jednoznačně ustanoveny, závisí na druhu podniku, užitých technologiích, používaných materiálech a nebezpečných látek a dalších. [25]

Základního rozčlenění rizik v průmyslu dosáhneme tím, že rizika odlišíme podle odvětví, ve kterém se nacházejí a to následovně:

a) Rizika ekonomická

Tato rizika v sobě obsahují širokou oblast finančních nákladů, které jsou ovlivňovány růstem ceny jednotlivých nákladových položek, energií a surovin. Ty v sobě nesou rizika inflace, peněžní a rozpočtové politiky. Významnou složkou těchto rizik jsou zahraničně-obchodní činnosti. [5, 6]

Taktéž lze do ekonomických rizik podniku zahrnout pokladní rizika, zpronevěru, neefektivní řízení hotovosti či nedostatečné pojištění. Možným rizikem je dostupnost dluhů a strategických dodavatelů. [7]

b) Rizika obchodní

Obchodní rizika jsou především spojené s činností konkurence a změny na trzích. Mezi rizika obchodní řadíme také ztrátu klíčových zaměstnanců a tacitních znalostí či selhání obchodních partnerů (držitelů licencí, zprostředkovatelů, joint venture partnerů). Možným rizikem je neschopnost dodržet právní regulace nebo směrnice nebo smluvní podmínky. [6, 7]

c) Rizika technická a technologická

Jedná se o rizika, která jsou způsobena použitím nových nebo nevyzkoušených technologií, či nových zařízení a výrobních prostředků. Technická rizika existují díky neustálému rozvoji a inovacím. Technologie znamená proces, který prostřednictvím výzkumu a vývoje umožňuje produkci zboží nebo služeb. Technika znamená způsob,

kterým realizujeme proces technologie. Technologie je výsledkem vědy, ta pracuje na rozvíjení technologií, které lze použít ve sféře přírody i lidské. Toto zkoumání však sebou nese i jistá rizika. [27]

Technologická a technická rizika průmyslu se pojí s bezpečností procesu. Ačkoliv se na bezpečnost klade velký důraz, riziko havárie existuje vždy. Příčinou krizových stavů bývají technologické nedostatky, malá bezpečnost nebo lidský faktor. Rizikem může být také zvýšená snaha společnosti maximalizovat svůj zisk, a tím snížená pozornost pro rizika plynoucí z velké zátěže [27]. Možné rizika:

- Selhání výrobního závodu nebo zařízení
- Selhání infrastruktury
- Náhodné události nebo nedbalost (požár, znečištění, záplavy) [7]

d) Rizika ekologická

Průmysl má přímý dopad na životní prostředí. Za ekologický zdroj rizika v průmyslovém prostředí můžeme považovat budovy, objekty nebo zařízení, ve kterých jsou použity nebezpečné látky (toxické, hořlavé a výbušné). [27]

Environmentální a ekologická rizika mají své kořeny v původu chemických látek, závažných průmyslových havárií, práce s geneticky modifikovanými organismy. Rizika ekologická se týkají spaloven, skládek, čistíren odpadních vod, energetických závodů, podniků těžkého průmyslu, chemických laboratoří, zpracovatelů odpadů a provozovatelů recyklačních linek, přepravců nebezpečných látek, bioplynových stanic, provozovatelů vodních elektráren, vodních nádrží a rybníků, stavebních společností, čerpacích stanic pohonných hmot a řady dalších provozovatelů činností a zařízení. [27]

e) Rizika lidského činitele

Riziko lidského činitele je stálým rizikem objevující se v průmyslu. Faktor lidské chyby je zřejmý, neboť člověk není naprogramovaný stroj a působí na něj mnoho vlivů, které přímým způsobem ovlivňují jeho pracovní výkonnost. [27]

Rizika lidského činitele způsobují chyby ve výpočtech, analýzách, obsluze a manipulaci v procesu. Rizika plynoucí z chyb lidského činitele způsobují menší či stejné škody, jako rizika plynoucí ze selhání strojů a techniky průmyslu. [27]

Zákoník práce stanovuje obecnou odpovědnost za ochranu zdraví a bezpečnost zaměstnanců a ukládá zaměstnavateli minimalizovat rizika, kterým jsou zaměstnanci vystavováni. [27]

f) Rizika provozní

Mezi provozní rizika řadíme produktové nebo designové selhání a neschopnost udržet dodávky. Stejně tak můžeme zahrnout selhání při vývoji nových produktů. Možným rizikem je kolaps pracovních vztahů, korporátní zlozvyky (např. diskriminace kvůli pohlaví) nebo rizika, které přijdou z vnějšího prostředí podniku jako třeba selhání na straně zákazníka. [7]

3. METODY A NÁSTROJE ANALÝZY RIZIK

Na metody a nástroje analýzy rizik lze nahlížet dvěma způsoby. Buď pohledem kvantitativním, nebo kvalitativním. Často se tyto dva způsoby kombinují. Při výběru, kterou metodu a postup analýzy vybrat jako nejvhodnější, je nutné zvážit:

- *Dostupnost zdrojů pro analýzu – lidských, výpočetních a času*
- *Zkušenost osob provádějících analýzu s různými postupy*
- *Velikost a složitost projektu*
- *Dostupnost informací*
- *Účel analýzy [8]*

Každá z metod má své opodstatnění v použití dle aktuální situace a často se vzájemně doplňují. Zjednodušeně můžeme srovnat metody mezi sebou v následující tabulce. [21]

Kvalitativní analýza	Kvantitativní analýza
jednodušší na výpočet	náročnější na výpočet
časově nenáročná	časově náročnější
diskutabilní	transparentní
většinou méně přesná	většinou více přesná
nenáročná na lidské zdroje	náročná na lidské zdroje
celkově levnější	celkově dražší

Tab. č. 1: Porovnání metod analýzy rizik (Zdroj: převzato z C&S [21])

3.1. Kvalitativní metody

Jsou založeny na popisu závažnosti potencionálního důsledku a pravděpodobnosti, že určitá událost nastane. Kvalitativní metody srovnávají relativní významy rizik, kterým projekt čelí. [3] Jsou obvykle určovány pravděpodobností v rozsahu 0 – 1 nebo bodovou stupnicí, např. 1 – 10. „Kvalitativní metody jsou jednodušší a rychlejší, ale více subjektivní“. [4]

Kvalitativní metody nejsou tolik náročné na zdroje a obvykle zaberou menší časový rámec než kvantitativní metody. [21] V následující části jsou uvedeny nejpoužívanější kvantitativní metody analýzy rizik používané zejména v automobilovém průmyslu.

S ohledem na užití metody FMEA v praktické části, věnuji popisu této metody analýzy široký prostor a zbylé metody analýzy rizik jsou popsány jen okrajově.

Protože existuje široké množství kvalitativních metod, byla jako hlavní vybrána metoda brainstorming, rozšířeně používaná při hledání řešení problémů. Tato metoda je součástí analýzy rizik metodou FMEA, teoreticky rozpracované v následující podkapitole a užitě zejména v praktické části této bakalářské práce.

a) Brainstorming - metoda brainstormingu se zrodila v 50. letech 20. století a v současné době je jedním z nejpoužívanějších nástrojů pro řešení problému v nejrůznějších firmách, ale je také využívána ve státní správě, inženýry, vědci, manažery projektů aj. Brainstorming (z ang. překladu *bouře mozku*) spočívá v zachycení myšlenek bez dlouhé rozvahy, a je zaměřena více na kvantitu, než na kvalitu. Vyhodnocení nápadů přichází později. Daná metoda se opírá základní pravidla; že žádná myšlenka není špatná myšlenka, formulace probíhají ve stanoveném časovém limitu, posudky myšlenek jsou odsunuty do pozadí, nápady se zachycují např. na flip-charts nebo jako myšlenkové mapy. Ideální počet pro brainstormingový proces je skupina 12 lidí. [8]

Následovně používané kvalitativní metody pro analýzu rizik mohou být:

b) Analýza předpokladů – metoda analýzy předpokladů představuje intuitivní postup a využívá se tam, kde existují předpoklady objevující se během plánování procesu. Předpoklady se pak hodnotí podle toho, zda se v závěru projeví jako správné či nesprávné. U předpokladů, u nichž je pravděpodobnost, že budou nesprávné, pak představují základ pro vyhodnocení seznamu rizik. Je také časté, že některé předpoklady jsou neidentifikovatelné, neboť zůstávají skryté. [8]

c) Delphi - metoda Delphi je postup pro předpovídání událostí v budoucnu, kdy se skupina odborníků nejprve nezávisle a poté v konsensu vyjadřuje k předpokladům možného rizika. Delphi je stejně jako metoda analýzy předpokladů intuitivní postup a probíhá formou, kdy jsou respondenti dotazováni a mají vyslovit své názory na možné riziko. Dále pověřená osoba informace sbírá a nabídne je k nahlédnutí respondentům zpět, aby se vyjádřili k validitě informací v souladu s názorem skupiny. Dané kroky se opakují, dokud není stanoven závěr, nebo do té doby, než další opakování nebude mít už žádný přínos. [8]

d) Pohovory – tento postup slouží primárně v takových situacích, kde informace získané od skupiny nejsou dostatečné, nebo kde skupinová práce není praktická, proto pohovory slouží k získávání podrobnějších informací od jednotlivců. [8]

e) Kontrolní seznamy – metoda kontrolních seznamů slouží k přehledné identifikaci možných rizik (a je také metodou využitelnou v téměř všech oblastech lidských činností). Kontrolní seznamy jsou vystavěny formou otázek, anebo jako seznam témat, která je třeba vzít v úvahu. Organizace může použít stávající kontrolní seznamy stanoveny pro daný sektor nebo odvětví organizace, nebo může generovat vlastní kontrolní seznamy. [8]

3.2. Kvantitativní metody

Jsou založeny na matematickém výpočtu při definování pravděpodobnosti výskytu jevu a pravděpodobnosti ztráty hodnoty. Vyžadují proto značnou míru objektivitu a jsou náročné na správnost zdrojových informací. Umožňují ovšem jednodušší rozhodování v případě určování nejvážnějších rizik a následného výběru nápravných opatření. [3]

V následující části je uvedeno několik nepoužívanějších kvantitativních metod analýzy rizik používaných zejména v automobilovém průmyslu. S ohledem na užití metody FMEA v praktické části věnuji popisu této metody analýzy široký prostor a zbylé metody analýzy rizik jsou popsány jen okrajově.

a) Failure Mode and Effect Analysis (FMEA, analýza selhání a jejich dopadů) slouží jako analytický nástroj pro odhalení, zhodnocení a eliminaci či redukci potencionálních problémů používaných při vývoji dílů a návrhu výrobních procesů. Zkoumá příčiny a následky potencionálních vad a určuje opatření ke snížení důsledků možných vad. Dokumentuje fázi návrhu výrobku či jeho procesu. FMEA proto může být univerzálně použita pro návrh, proces, riziko nebo použití nástrojů a vybavení. Uplatňuje se buď ve vývojové fázi produktu, nebo v sériové fázi procesu. [22]

FMEA je zamýšlena jako metoda prevence před rizikem a ne jako nástroj reakce na vzniklou situaci. Proto je nejdůležitější včasnost analýzy, čímž se ušetří náklady na pozdější modifikaci již zavedených sériových produktů a tím pádem také drahých sériových nástrojů. Proto se v rámci projektu používá designová FMEA (tzv. D-FMEA) v počáteční fázi vývoje produktu a procesní FMEA (tzv. P-FMEA) před vývojem a výrobou výrobních nástrojů a zařízení. FMEA analýza je nazývána jako živý dokument.

To vyjadřuje, že během každé designové změny výrobku je potřeba FMEA analýzu projít a v případě potřeby ji revidovat tak, aby odpovídala aktuálnímu stavu projektu. [22]

FMEA – její struktura

Formát FMEA se může lišit dle specifik organizace či požadavků zákazníka. Má obsahovat:

- Funkce, požadavky na analyzovaný produkt či proces
- Chybové stavy, kdy není dosažen či naplněn požadavek
- Efekty či důsledky chybových stavů
- Potencionální příčiny chybových stavů
- Akce a řízení pro pokrytí příčin chybových stavů
- Akce ke snížení či eliminaci chybových stavů [22]

Funkce / Požadavky	Potencionální způsob selhání	Potencionální důsledek selhání	Z á v a ž n o s t	T ř í d a	Potencionální příčiny / mechanismy selhání	V ý s k y t	Současná designová kontrola (prevence)	Současná designová kontrola (detekce)	D e t e k c e	R P N
-----------------------	------------------------------------	--------------------------------------	---	-----------------------	---	----------------------------	---	--	---------------------------------	-------------

Tab. č. 2: Základní schéma formuláře FMEA (Zdroj: převzato z FMEA handbook [22])

Z výše uvedeného obrázku můžeme vyčíst, že struktura FMEA obsahuje tyto základní informace:

- funkce nebo požadavky, na které se analýza zaměřuje
- popis, jakým výrobek může potencionálně selhat v plnění své funkce
- popis důsledku selhání co se týče konkrétního systému, podsystému nebo analyzovaného komponentu
- identifikace potencionálních příčin, proč výrobek neplní zamýšlenou funkci
- metody či nástroje sloužící pro prevenci konkrétních příčin selhání
- zaznamenání metod, které jsou užity pro detekci buď příčiny, nebo způsobu selhání [22]

FMEA – podpůrné nástroje

Mezi podpůrné nástroje FMEA patří funkční modely, blokové (hraniční) diagramy, parametrové (P) diagram, strom funkčnosti, proces flow, matice vztahů a schéma.

Blokové diagramy slouží v prvotní fázi tvorby analýzy možných vad a jejich důsledků. Blokový diagram je schéma blokového zapojení a funkce výrobku. Tento diagram znázorňuje komponenty, ze kterých se výrobek skládá a jakým způsobem jsou tyto komponenty k sobě připojeny. Taktéž uvádí vnější okolí výrobku, a jakým způsobem jsou k němu připojeny ostatní komponenty. Definuje požadavky, které jsou na výrobek kladeny ze strany architektury výrobku, zákazníka, okolního a vnějšího prostředí.

P – diagram znázorňuje, jaké faktory vstupují do kompletní funkce daného výrobku a jaké z něj vyplývají ideální funkce. Tyto ideální funkce mohou být ovlivněny možnými poruchami během používání.

Strom funkčnosti se skládá z primárních požadavků na výrobek, na které navazují sekundární požadavky na funkčnost. [22]

DFMEA - podpora tvorby designu

Designová FMEA pomáhá objektivně hodnotit design, včetně funkčních požadavků a designu alternativ. Taktéž hodnotí design z hlediska výrobních, montážních, servisních a recyklačních požadavků a zvyšuje šance, že se potenciální chybové stavy a jejich vliv na systém a funkčnost vozidla zohlední ještě ve fázi návrhu a vývoje. Vytváří hodnocený seznam potenciálních selhání dle dopadu na zákazníka a tím pomáhá určit priority pro optimalizace designu, validační testy a zkoušení. Navíc poskytuje seznam otevřených bodů pro navrhování a sledování akcí snižujících riziko. [22]

Funkční požadavky

Funkční požadavky na procesní analýzu FMEA, která analyzuje výrobní procesy, jsou následující:

- účel produktu a celkový záměr designu
- bezpečnost a zákonné požadavky
- spolehlivost (životní cyklus funkce)

- zátěže a výkonnostní cykly: zákaznický profil užívání
- tichý chod: hluk, vibrace, tvrdost
- únik provozních kapalin
- ergonomie, vzhled, balení a přeprava, servis
- design pro vyrobiteľnost, design pro montáž [22]

Speciální charakteristiky

Slouží k vyznačení nejvýznamnějších vad a jejich identifikovaných příčin. Pro definici speciálních charakteristik vycházíme z výsledků FMEA analýzy. Charakteristika, jež je označena jako významná bez přiřazení popisu možné vady, indikuje slabiny či nedostatky v procesu návrhu produktu. V designové FMEA se vyskytují následující speciální charakteristiky označené jako:

- YC – kritická charakteristika, která vyjadřuje vysoké bezpečnostní riziko nebo porušení zákonných předpisů a vyskytuje se pro hodnoty 9-10
- YS – významná charakteristika, která má vliv na primární funkčnost, ale bez bezpečnostních rizik nebo porušení zákona; vyskytuje se pro kombinace významu mezi 5 až 8 plus výskytu vyššího než 4 [22]

Míra rizika RPN

Míra rizika RPN se počítá jako násobek významu vady, výskytu a odhalitelnosti. [22]

- **Odhalitelnost** je odhadem pravděpodobnosti, že navržený typ řízení designu odhalí možnou příčinu či mechanismus vady nebo alespoň projev vady, než je díl uvolněn do výroby. Používá se stupnice se škálou od 1 do 10 dle hodnocení uvedeného v tabulce č. 9 v příloze bakalářské práce.
- **Význam vady** vyjadřuje závažnost důsledku možné vady pro zákazníka. Hodnocení významu vady je relativní hodnocení v rámci rozsahu dané FMEA. Používá se stupnice se škálou od 1 do 10 dle hodnocení uvedeného v tabulce č. 10 v příloze bakalářské práce.
- **Výskyt** je definován jako pravděpodobnost, že určitá příčina či mechanismus nastane během životního cyklu produktu. Proto se pro toto hodnocení bere v úvahu pouze možný výskyt uvedené příčiny vady, nikoli míra odhalitelnosti vady.

Používá se stupnice se škálou od 1 do 10 dle hodnocení uvedeného v tabulce č. 11 v příloze bakalářské práce.

RPN slouží k seřazení vad procesu podle jejich rizik a může nabývat hodnot mezi 1 až 1000. Bez ohledu na hodnoty RPN se v praxi musí věnovat pozornost případům, když:

- Význam je vysoký (např. 9 nebo 10)
- Vysoký význam (5 až 8) je v kombinaci s vysokým výskytem (4 až 10)

Dalšími možnostmi pro zvážení doporučených opatření jsou:

- Jakýkoliv specifický znak
- Vysoká hodnota RPN [22]

Opatření pro snížení FMEA rizik

Jsou nápravná opatření, která se směřují na případy s nejvyšší hodnotou RPN a na kritické případy. Účelem je snížit hodnotu ukazatelů výskyt a odhalitelnost, přičemž snížení významu lze dosáhnout pouze revizí designu. K omezení výskytu slouží eliminace nebo redukce příčin nebo mechanismů vad a ke zlepšení odhalitelnosti je preferováno řešení zamezující jakékoli nesprávné či chybné použití dílu. [22]

Následovně používané kvantitativní metody pro analýzu rizik mohou být:

b) Preliminary Hazard analysis (PHA, předběžné posouzení nebezpečí) – metoda PHA je souborem technik užívaných pro posouzení rizika. Cílem PHA je identifikace nebezpečných potenciálních situací a událostí, které mohou způsobit poškození nebo újmu, a jejich zařazení do předem stanovených kategorií. Nejčastěji se provádí v rané fázi vývoje projektu, kdy je k dispozici ještě málo informací a může se tak v následujícím řešení činnost a opatření pozměnit a předcházet před dalšími studiemi. [1,8]

c) What if? (Co když?) - tato metoda je postupem hledání nejrůznějších možných důsledků krizí vybraných situací. Proces dané metody není vnitřně strukturovaný (na rozdíl od jiných metod, např. FMEA, HAZOP), nýbrž jedná se o spontánní diskuzi - brainstorming, ve které zvolená skupina lidí obeznámených s problematikou hledá možné důsledky činností a jejich následná opatření. [1,8]

d) Hazard and Operability Analysis (HAZOP, riziková a operační analýza) – jedná se o mnohaoborovou metodu založenou na hodnocení pravděpodobnosti ohrožení a z nich

plynoucích rizik. „Používá se při kritickém posuzování nově projektovaných, rekonstruovaných i stávajících systémů.“ [5] Cílem je identifikace scénářů potenciálních rizik. Proces dané analýzy probíhá formou brainstormingu skupiny expertů, kde pracovními nástroji jsou tabulky a vodící výrazy. Výsledkem zasedání je závěrečné doporučení směřující ke zlepšení procesu, v němž jsou formulovány identifikované dopady. [8,9]

e) Fault Tree Analysis (FTA, analýza stromu poruch) - metoda analýzy stromu poruch je založena na systematickém rozboru událostí prostřednictvím řetězce příčin, zaznamenávaná formou graficko-analytickou nebo graficko-statistickou. Tato metoda je uplatnitelná jako preventivní metoda, ale také jako metoda analýzy rizik již vzniklého problému (např. havárie). Výsledné zobrazení stromu poruch je rozvětvený graf, jehož pomocí lze zpětně dedukovat příčiny chyby jak hardwarové a softwarové, tak chyby lidské. [1,8]

f) Event Tre Analysis (ETA, analýza stromu událostí) – tato metoda znamená postup zaznamenávání postupu události od počáteční části přes jeho další kroky. Metoda ETA je založená na rozboru sekvence činností a událostí v procesu vedoucí k nehodě. Postup zaznamenává ze dvou náhledů – z hlediska příznivého a nepříznivého. Uvedená metoda je metodou graficko- statistickou a výsledný graf je označen zřetelnými popisky a dohodnutou symbolikou. Cílem této metody je snížení pravděpodobnosti nehody a jejich následků. [1,8]

g) Human Reliability Analysis (HRA, analýza lidské spolehlivosti) – metoda, zaměřující se nejen na samotnou příčinnost události a předcházení obecných negativních dopadů, nýbrž zaměřením na lidský faktor (Human Factors) a lidskou chybu (Human Error) v souvislosti s výskytem nehod, pohrom, havárií, útoků a jejich dopadů. Metoda řeší vztah člověk-stroj a člověk-technologie. Metoda HRA je úzce spjata a integrována s předpisy bezpečnosti práce. [1,8]

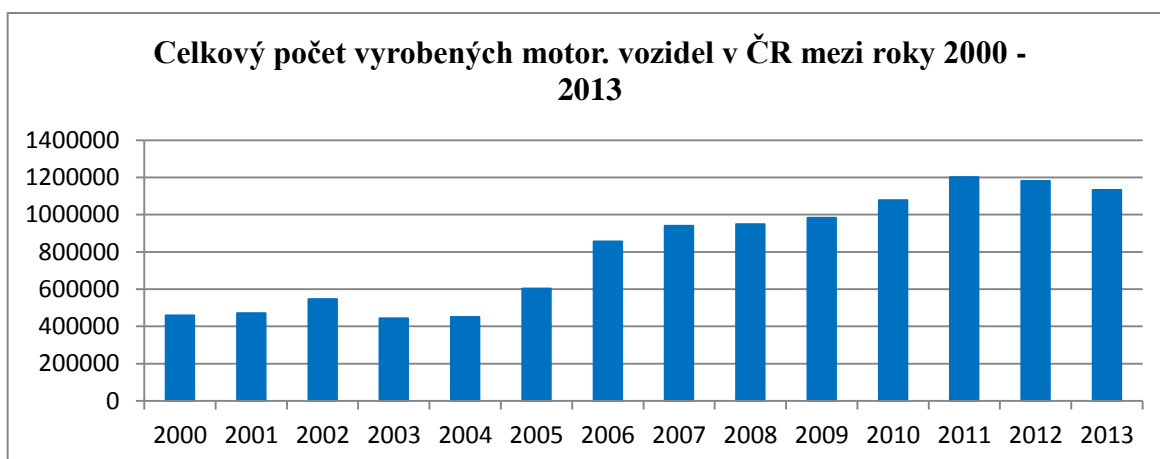
Z uvedených metod můžeme zčásti nahlédnout na široký okruh analýzy rizik. Pro automobilový průmysl jsou specifické analýzy podporující technickou a technologickou oblast průmyslu. Nejčastější a nejrozšířenější je metoda FMEA, podpořená metodou brainstorming a dalšími. Tyto analýzy slouží včasnému rozpoznání rizika, což je klíčovým

východiskem pro předcházení kritických situací. Obecně se každá analýza skládá z identifikace nebezpečí, posouzení rizika z pohledu pravděpodobnosti výskytu a jeho následku v dané situaci. Ve výsledku se musí rozhodnout o přijatelnosti rizika nebo o nápravných opatřeních, které riziko sníží. Každá metoda má určité výhody a nevýhody, jež je nutné zvážit při výběru metody. Dalším důležitým aspektem při výběru metody je rozsah použité analýzy a zejména vědomí toho, že počáteční nedostatek informací a dat může výrazně ztížit obtížnost vyhodnocení rizik. Je přirozené, že každý člověk má odlišný způsob myšlení, od něž se odvíjí i přístup k výběru analýzy rizik a jejího zhodnocení. Získat zkušenosti a jistotu lze jen tím, že s rizikovými situacemi budeme konfrontováni a že z chyb, kterých se snad dopustíme, se dokážeme do budoucna poučit.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4. MÍSTO A ÚLOHA AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU V ČESKÉ EKONOMICE

Automobilový průmysl v České republice má velmi významné postavení a patří mezi nejrozvinutější automobilová odvětví v oblasti střední a východní Evropy. Také patří mezi klíčová hospodářská odvětví. Při plném výkonu výroby automobilový průmysl vyprodukuje přes milion osobních automobilů za rok. Tuto hranici poprvé překročil v roce 2010 a v roce 2011 produkce stále rostla. V následujících letech 2012 a 2013 počet vyrobených automobilů mírně klesal.



Graf č. 1: Celkový počet vyrobených motor. vozidel v ČR mezi roky 2000 – 2013 (Zdroj: vlastní výpočty z OICA [28])

V roce 2012 se podíl všech zaměstnanců ve zpracovatelském průmyslu v České republice vyšplhal přes 12 % a podíl výroby automobilového průmyslu na DHP v České Republice dosáhl 4,3 %, což je více než 3 násobek průměru Evropské unie.

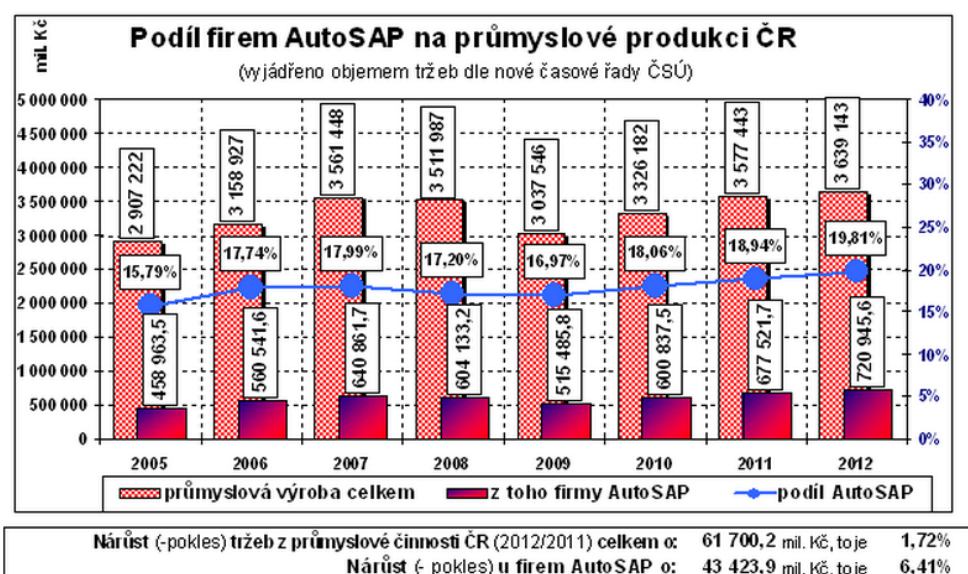
Členské země EU podle podílu automobilového průmyslu na celkovém HDP v roce 2011

Země	Podíl	Země	Podíl
Česká republika	4,3 %	Portugalsko ¹⁾	0,7 %
Maďarsko	3,7 %	Itálie ¹⁾	0,6 %
Rumunsko	3,6 %	Francie	0,5 %
Slovensko	3,5 %	UK ¹⁾	0,5 %
Německo ¹⁾	3,2 %	Bulharsko	0,4 %
Slovinsko	1,7 %	Nizozemsko	0,4 %
Švédsko ¹⁾	1,4 %	Finsko	0,3 %
EU-27 ¹⁾	1,3 %	Lotyšsko ¹⁾	0,2 %
Rakousko	1,2 %	Litva ¹⁾	0,2 %
Polsko ¹⁾	1,2 %	Dánsko ¹⁾	0,1 %
Belgie	0,8 %	Řecko	0,1 %
Estonsko	0,7 %	Kypr	0,0 %

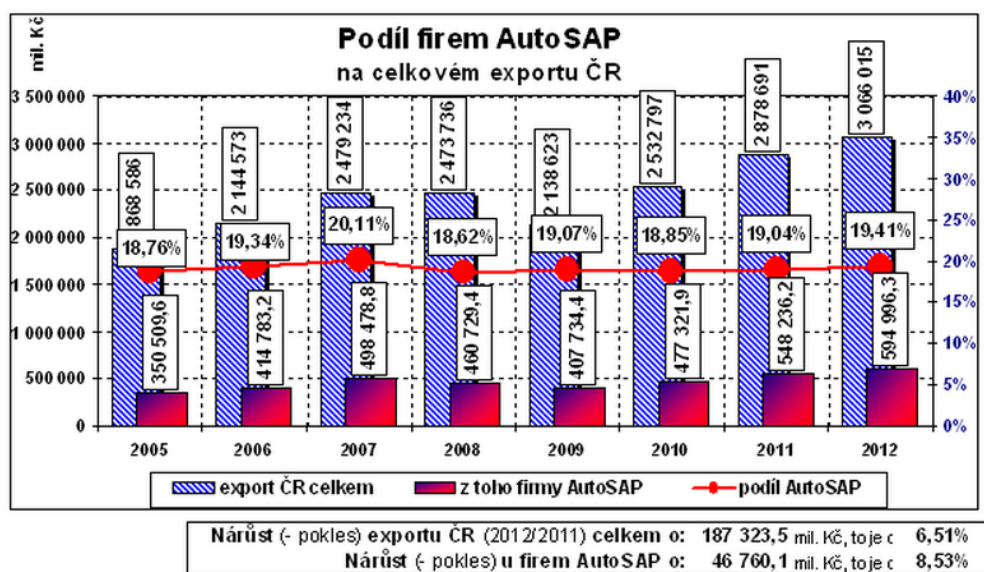
Tab č. 3: Členské země EU podle podílu automobilového průmyslu na celkovém HDP v roce 2011 (Zdroj: převzato z CSAS [29])

Dle sdružení automobilového průmyslu (AutoSAP), které sdružuje 85 – 90 % firem automobilového průmyslu jako oboru, vyplývá, že podíl objemu výroby firem tohoto sdružení dosáhl 19,81 % celkových tržeb z průmyslové výroby České republiky. Taktéž podíl firem sdružení AutoSAP na exportu dosáhl 19,41 %. Lze tedy konstatovat, že podíl na výkonu ve zpracovatelském průmyslu v České republice je přes 20 %, podíl na exportu zboží z ČR je také přes 20 %. [30]

Význam automobilového průmyslu v České republice se v čase zvyšuje. V roce 2001 bylo vyrobeno 461 tisíc osobních automobilů, v roce 2013 téměř 1,2 milionu, tedy necelý trojnásobek.



Graf č. 2: Podíl firem AutoSAP na průmyslové produkci ČR (Zdroj: převzato z AutoSAP[31])



Graf č. 3: Podíl firem AutoSAP na celkovém exportu ČR (Zdroj: převzato z AutoSAP[31])

Výše průměrné mzdy v automobilovém průmyslu se z dlouhodobého hlediska pohybuje zhruba na 115 % průměrné hrubé mzdy za celou ekonomiku. V roce 2012 byla hrubá měsíční mzda zaměstnanců automobilového průmyslu téměř 28,5 tisíc Kč.

Hlavním odběratelem automobilů je Německo, kam odchází téměř 1/3 produktů našeho automobilového průmyslu. Další významní odběratelé jsou státy Francie, Slovensko a Rusko, jejichž tržní podíl se pohybuje v rozmezí 6,3 % a 7,3 %. Další odběratelské státy jsou Spojené království, Španělsko, Polsko, Belgie, Rakousko, Itálie, Izrael (z roku 2012).

Hlavní exportní trhy českého automobilového průmyslu v roce 2012

Název země	Objem vývozu (tis. Kč)	Podíl na vývozu
1. Německo	175 324 251	31,39 %
2. Francie	40 663 004	7,28 %
3. Slovensko	36 674 767	6,57 %
4. Rusko	36 277 108	6,50 %
5. Spojené království	35 530 276	6,36 %
6. Španělsko	21 133 763	3,78 %
7. Polsko	21 097 498	3,78 %
8. Belgie	20 783 669	3,72 %
9. Rakousko	18 183 129	3,26 %
10. Itálie	17 607 449	3,15 %
Ostatní	135 183 650	24,21 %
Celkem	558 458 564	100,00 %

Tab. č. 4: Hlavní exportní trhy českého automobilového průmyslu v roce 2012 (Zdroj: převzato z CSAS [29])

Automobilový průmysl má významné postavení i v rámci Evropy; podílem hrubé přidané hodnoty na souhrnu hrubé přidané hodnoty za všechna odvětví v národním hospodářství se Česká republika dlouhodobě umísťuje na nejvyšších pozicích v porovnání s ostatními státy Evropské unie.

Český automobilový průmysl má v české ekonomice nezastupitelné místo. Zaměstnává přes 100 tisíc kmenových zaměstnanců, podílí se více než 20 % na celkovém exportu ČR a tvoří přibližně 4,3 % celkového ročního HDP České republiky. Je to vysoce inovativní prostředí, které přibližuje technický pokrok všem uživatelům osobních aut. Česká Republika se stala díky své dlouholeté tradici významným státem světa mezi producenty automobilů.

V současné době se na území ČR nachází mnoho světových automobilek, které v roce 2013 vyrobily přes 1 milion osobních aut vyvážených do celého světa. To sebou také přináší rizika v případech poklesu evropské a světové poptávky po automobilech, tak jak jsme tomu byli svědky během finanční a hospodářské krize v roce 2008.

5. CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI HALLA VISTEON AUTOPAL

Základní údaje o společnosti

Společnost Halla Visteon Autopal je dodavatelem klimatizační a chladicí techniky pro automobilový průmysl. Společnost provozuje dvě technická centra a dva výrobní závody v Novém Jičíně a Hluku. Dohromady zaměstnává přibližně 1500 zaměstnanců, z toho v Hluku přibližně 500 zaměstnanců. Je globálním dodavatelem do automobilek napříč celým světem jako jsou např. Audi, Ford, Jaguar Land Rover, Porsche, VW, PSA, McLaren, Mercedes, GM, Renault, Volvo, BMW a další.

Vznik a vývoj společnosti

Společnost byla vybudována na základech národního podniku Autopal, který v roce 1993 koupila americká společnost Ford Motor Company. V roce 2000 se stal Autopal součástí mezinárodní společnosti Visteon Corporation. Visteon úzce spolupracoval s jihokorejskou firmou Halla Climate Control a v roce 2013 se dohodli na sloučení těchto dvou firem v oblasti klimatizačních systémů. Vytvořením společného podniku Halla Visteon Climate Control, vznikl druhý největší světový výrobce automobilové klimatizační chladicí techniky.

Produktové portfolio

Společnost Halla Visteon Autopal dodává následující výrobky do předních světových automobilek.



Obr. č. 3: Chladič (Zdroj: interní)



Obr. č. 4: Mezichladič (*Zdroj: interní*)



Obr. č. 5: EGR Chladič (*Zdroj: interní*)



Obr. č. 6: Kondenzátor (*Zdroj: interní*)

Vize společnosti

Společnost usiluje o vybudování silné pozice na mezinárodním trhu a jako vizi si stanovila být nejlepší ve světě. V partnerství s našimi zákazníky poskytovat inovativní a vysoce kvalitní produkty, které plně uspokojí jejich očekávání.

6. SWOT ANALÝZA SPOLEČNOSTI HALLA VISTEON AUTOPAL

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> · lídr v dosažení nejlepších výkonů tepelných výměníků celosvětová ocenění špičkových výrobků dodávaných výrobním odvětvím · vynikající vztahy s firmou Audi (Audi plánuje být jedničkou na trhu v segmentu luxusních vozů do roku 2018) · celosvětově standardizované portfolio vložek chladičů (10.8mm – 54.4mm) · portfolio chladičů vhodných pro aplikace nízkoteplotních chladičů 	<ul style="list-style-type: none"> · nedostatek nízkonákladových a jednoduchých výrobků · nedostatečná strategie v oblasti použití surových materiálů · příliš mnoho konkurenčních produktů podobných vlastní produkci · vysoká cena finálních produktů · omezené prostředky pro zvýšení výrobních kapacit · zvyšující se zmetkovitost · vyšší tloušťka použitých materiálů pro výrobu trubek
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> · možnost konkurovat ostatním firmám rozvinutou technologií (asymetrický vlnovec, reformovaná trubka, B-trubka) · vyvinutí nové technologie vodních plátů pro vodní mezichladiče · vládní pobídky pro podporu nových technologií · rozšiřující se spolupráce firmy Audi s koncernem VW · získání dotací EU na podporu staveb nových výrobních zařízení 	<ul style="list-style-type: none"> · nízkonákladové chladiče konkurující technologickému CAB pájení · stále více náročnější zákaznické testovací specifikace (firmy Ford, BMW, Daimler) · požadavek zákazníků na schopnost dodávat kompletní chladicí moduly · celosvětové ekonomické rizika dopadající na automobilový průmysl · silná spolupráce konkurenční firmy Behr s Audi, BMW, Daimler, Porsche

Tab. č. 5: SWOT analýza firmy HVCC (Zdroj: vlastní)

Ze SWOT analýzy vyplývá, že z hlediska **silných stránek** je potřeba udržet a rozvíjet silné vztahy se strategickými zákazníky, mezi kterými vyčnívá zejména Audi, PSA a VW. Na to lze navázat snahou cílit na trhy v rozvíjejících se státech, jako jsou např. Čína, Brazílie, Indie, které mají největší potenciál k růstu a rozvíjet produkty schopné uchytit se na těchto trzích.

Na druhé straně z hlediska **slabých stránek** vyplývá potřeba více proniknout k dalším zákazníkům skrze konkurenční ceny a výrobkům a produktům vyhovujícím ekologii. Cíleně se zaměřit na zlepšení technologie lemování a těsnění, která bude poskytovat příležitost pro úspěšnou validaci extrémních požadavků zákazníka a taktéž se zaměřit na zlepšení odolnosti výrobků při testech termálních cyklů, která může poskytnout příležitost ke snížení tloušťky trubky oproti konkurenčním firmám.

Z hlediska **hrozeb** vyplývá potřeba se připravit na očekávaný růst tržního podílu našich konkurentů, zejména na poli nízkonákladových chladičů a udržet náskok před konkurenty díky pokročilým technologiím. Dále je potřeba se zaměřit na schopnost dodávat kompletní chladičí moduly přímo zákazníkovi, který toto stále více očekává.

Z hlediska **příležitostí** je vhodné vyvinout strategii firmy HVCC, která se dokáže potýkat se stále rostoucími nároky a požadavky zákazníků na tepelné výměníky. Dále se zaměřit na možnost nabízet zákazníkům nově vyvinutou technologii lisovaných plátů pro vodou chlazené vodní mezichladiče a vyvinout lepší nástroje pro CFD/CAE analýzy, které poskytnou přesnější původní návrhy nabízených výrobků, tak aby minimalizovaly čas a testovací náklady aplikačního oddělení při zavádění výrobku do sériové výroby

Příležitostí vyplývajících ze SWOT analýzy je rozšíření stávajícího portfolia výrobků o nový produkt, po kterém je na trhu rostoucí poptávka a málokterý dodavatel je schopen jej zákazníkovi nabídnout. V současné době je výrazným trendem automobilového průmyslu snižování objemu motorů napříč všemi kategoriemi. Aby bylo možno tohoto dosáhnout a zároveň udržet požadovaný výkon pohonu automobilu, rozvíjí automobilové společnosti již dlouhou dobu možnost přeplňování motorů pomocí stlačeného vzduchu, tzv. turba. Jeho funkcí je za pomoci kompresoru stlačit co největší množství nasávaného vzduchu z okolí a také částečně z výfukových plynů do motoru. Je požadováno, aby byl vzduch ochlazen na co nejnižší teplotu z důvodu tepelné roztažnosti plynů, která při nižších teplotách klesá, a tak je možné dostat více vzduchu do válců motoru. Ochlazení vzduchu je dosaženo

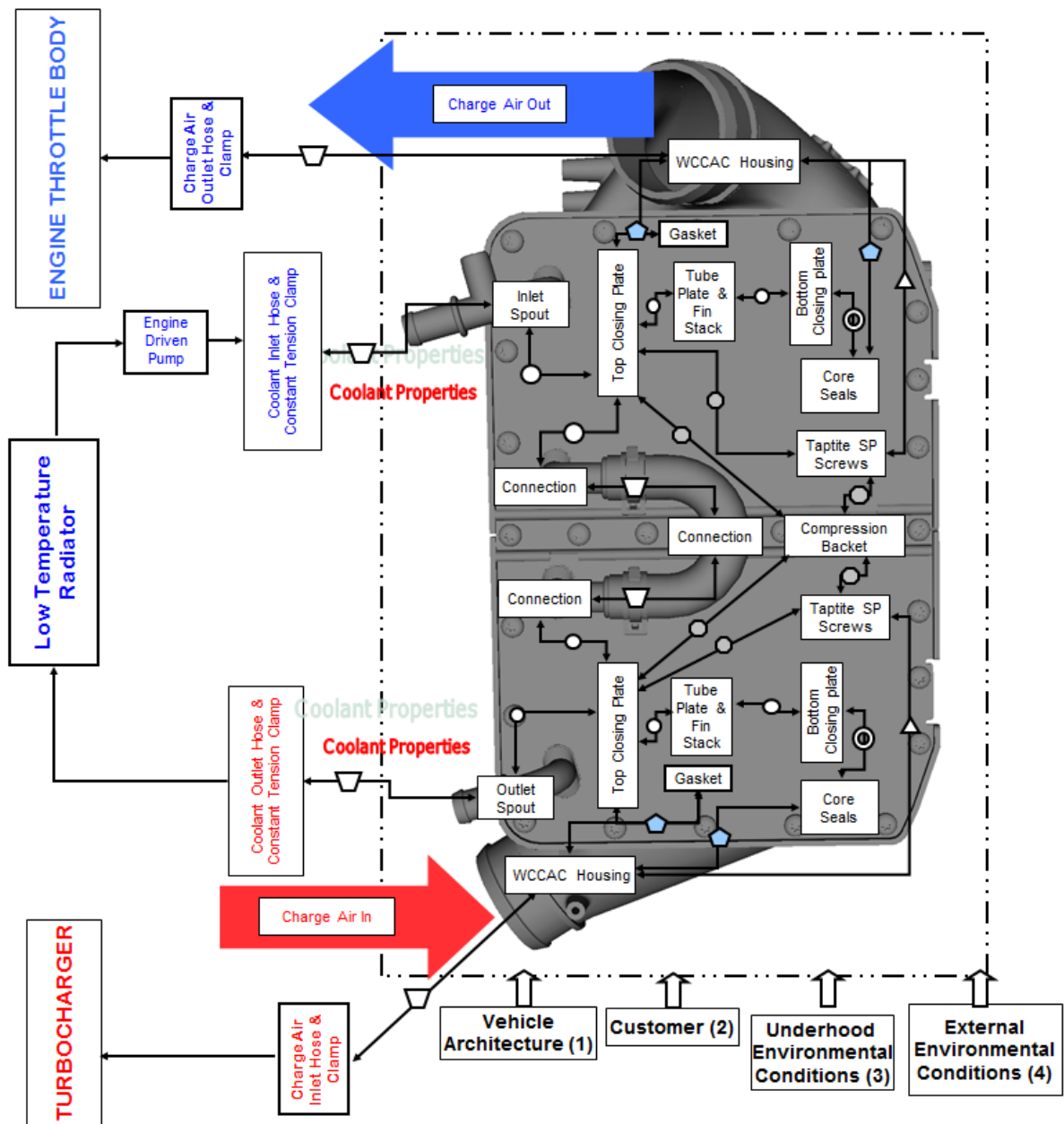
v tepelném výměníku nazývaném mezichladič. V zásadě může být mezichladič dvojího typu, a to buď chlazený vzduchem (tzv. vzduch – vzduch), nebo chlazený vodou (tzv. vzduch – voda). Typ, který je chlazený vzduchem, musí být umístěn v dosahu proudícího vzduchu. To je v oblasti přední části automobilu, za přední maskou. Typ, který je chlazený vodou má výhodu, kterou zákazníci velmi oceňují. Ta přináší možnost umístění mezichladiče do libovolného místa v motorovém prostoru automobilu, ideálně co nejbližší motoru. Tato příležitost je velmi unikátní a dává zákazníkovi velké množství výhod. Souběžně dodavateli otvírá příležitost nabídnout zákazníkovi výrobek, který není doposud tolik rozšířený a o kterém je předpoklad, že bude mít čím dál větší uplatnění i mezi dalšími typy automobilů.

7. ANALÝZA RIZIK VÝROBKU VODNÍ MEZICHLADIČ METODOU ANALÝZY SELHÁNÍ A JEJICH DOPADŮ

Společnost HVCC se rozhodla trend používání samostatně stojících tepelných výměníků využít a vývojové oddělení se několik let se zabývalo vývojem typu mezichladiče. Po dvou letech vytvořilo a vyzkoušelo nový koncept vodního mezichladiče, tzv. WCAC mezichladič (z angličtiny Water Charge Air Cooler). Byl vytvořen výrobek, který se od konkurence lišil způsobem proudění chladicí kapaliny skrz tepelný výměník. Obvykle se používá kombinace extrudovaných trubek, skrze které proudí kapalina a odebírá teplo proudícímu vzduchu. Společností HVCC byl vytvořena metoda lisovaných plátů namísto extrudovaných trubek, která přinesla zvýšení výkonu přenosu tepla o 5-10 % a vytvořila společnosti výhodu při jednání se zákazníkem, ve snaze získat kontrakt na výrobu vodních mezichladičů.

Metoda analýzy příčin a následků FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) slouží pro odhalení, zhodnocení a eliminaci či redukci potenciálních problémů řešených při vývoji dílů a návrhu výrobních procesů. Touto metodou bude analyzován produkt vodní mezichladič. Konkrétně se bude jednat o vodní mezichladič pro zákazníka Porsche, typ B4T. Jeden z úkolů vývojové fáze spočívá v provedení analýzy rizik pomocí metody FMEA, která zkoumá příčiny a následky potencionálních vad. Výsledkem analýzy jsou opatření k snížení důsledků možných vad a zejména dokumentuje fázi návrhu nebo procesu. Tuto metodu budu uplatňovat pro vývojovou fázi produktu a proto následující analýza je provedena jako FMEA návrhu.

Prvním krokem, ze kterého se při tvorbě FMEA analýzy vychází, je vytvoření tzv. **hraničního diagramu**. Tento diagram jsem vytvořil jako schéma blokového zapojení a funkce tepelného výměníku, viz obrázek č. 7. Znázorňuje, že vodní mezichladič se skládá ze dvou hlavních okruhů. Prvním je vzduchový okruh, jenž zahrnuje proudící tok vzduchu výměníkem, který je ochlazován na co nejnižší hodnotu. Druhým je okruh chladicí kapaliny, která proudí skrze separátní okruh od vzduchového a slouží k odebírání tepla vzduchu při jeho průchodu jádrem chladiče.



Obr. č. 7: Hraniční diagram vodního mezichladiče (Zdroj: interní)

Na hraniční diagram navazuje druhý krok, kterým je vytvoření **stromu funkčnosti**, a jež reflektuje tři primární požadavky na chladič ze strany zákazníka. Pro analyzovaný vodní mezichladič je první primární funkcí chladiče poskytovat tepelnou výměnu mezi proudícím vzduchem a chladivem. Z toho vyplývají následující sekundární funkce:

- Dosáhnout požadavků na výkon (hodnota stanovena zákazníkem v kW)
- Dosáhnout požadavku na minimální tlakovou ztrátu na okruhu chladicí kapaliny (hodnota stanovena zákazníkem v mBar)

- Dosáhnout požadavku na minimální tlakovou ztrátu na vzduchovém okruhu (hodnota stanovena zákazníkem v kPa)
- Požadavek na udržení chladiva v chladicím okruhu (stanovena zákazníkem skrze test těsnosti a maximální únik vzduchu 100Pa při dosaženém vnitřním tlaku 4bary po dobu 3 sekund)
- Požadavek na udržení vzduchu ve vzduchovém okruhu (stanovena zákazníkem skrze test těsnosti a maximální únik vzduchu 100Pa při dosaženém vnitřním tlaku 4bary po dobu 3 sekund)

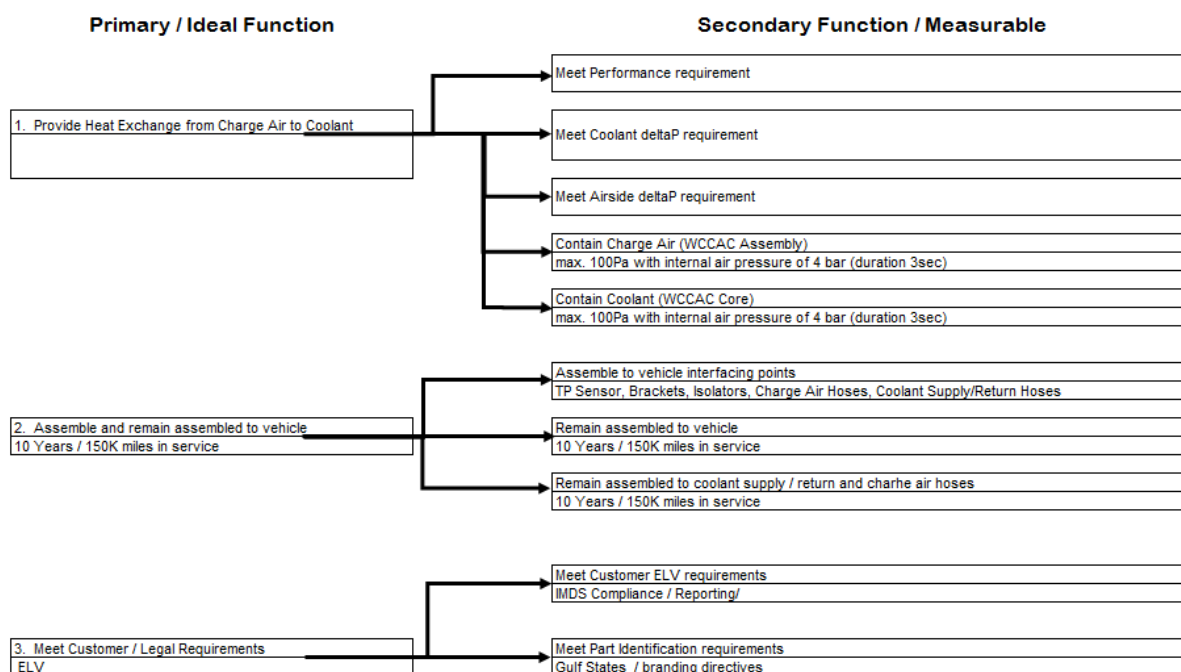
Druhou primární funkcí je zamontovatelnost chladičové sestavy a zbylých montážních prvků ve vozidle. Z tohoto požadavku vyplývají následující sekundární funkce:

- Zamontovatelnost k přípojným bodům v automobilu
- Zamontovatelnost zbylých montážních prvků v automobilu
- Zamontovatelnost zbylých přípojných prvků k vodnímu a vzduchovému okruhu v automobilu

Třetí primární funkcí je dosažení zákaznických a zákonných požadavků, ze kterých vyplývají následující sekundární funkce:

- Dosáhnout zákaznických požadavků, které se vztahují ke skončení životnosti automobilu a ekologické likvidace všech jeho komponentů
- Dosáhnout požadavku zákazníka na správné označení a identifikaci všech komponentů vstupující do sestavy chladiče

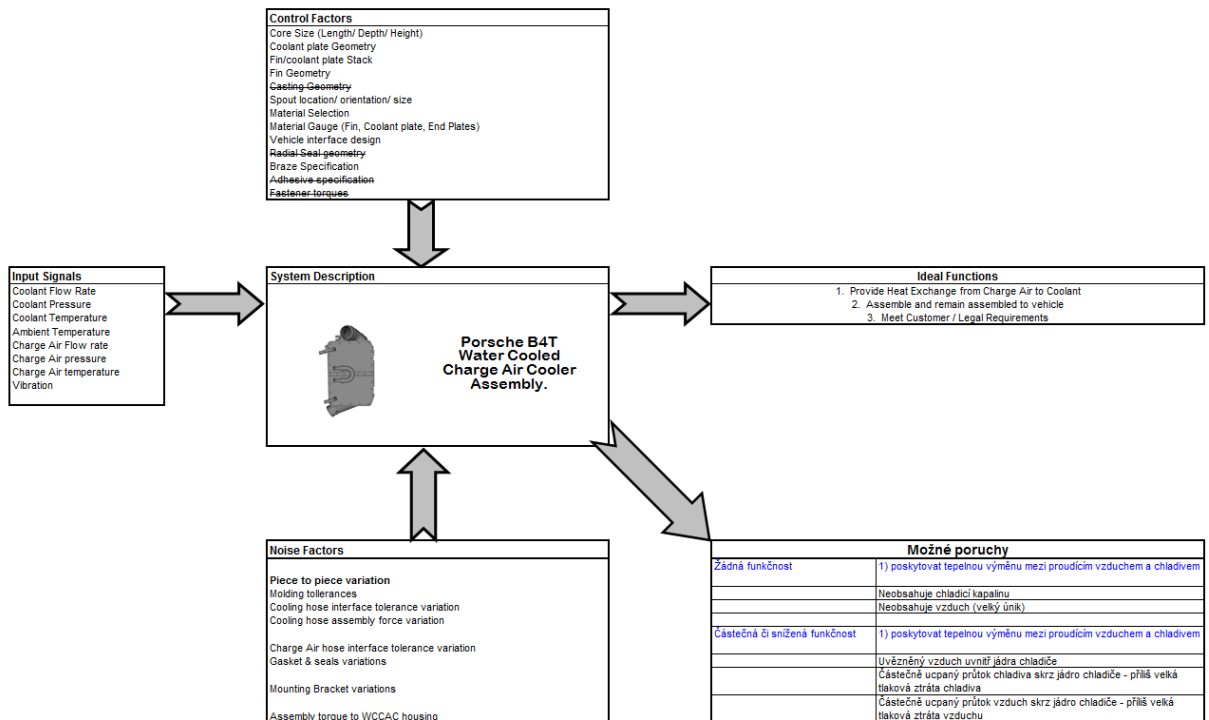
Porsche B4T WCCAC - Functional Tree



Obr. č. 8: Strom funkčnosti vodního mezichladiče (Zdroj: interní)

Třetím krokem směřujícím k definování možných rizik je vytvoření **P – diagramu**. Diagram zobrazuje vodní mezichladič jako systém, do kterého vstupují a vystupují okolní faktory. V případě analyzovaného mezichladiče to jsou následující faktory:

- Vstupní signály (např. množství, tlak a teplota protékajícího chladiva, okolní teplota chladiče, množství, tlak a teplota vzduchu proudícího výměníkem, vibrace)
- Kontrolní faktory (např. velikost jádra chladiče, rozměry vodních plátů, velikost a geometrie vlnovce, pozice a velikost hrdel, výběr a tloušťka materiálu, pájecí specifikace)
- Faktory hluku (např. které vznikají tolerancí jednotlivých komponentů k sobě přimontovaných, opotřebením jednotlivých dílů, poškození během uživatelského užívání, externí prostředí, atd.)



Obr. č. 9: P - diagram vodního mezichladiče (Zdroj: interní)

Výstupním faktorem P-diagramu jsou ideální funkce výrobku. Ty byly již obsaženy ve stromu funkčnosti a pro tento chladič jsou následující:

- 1) poskytovat tepelnou výměnu mezi proudícím vzduchem a chladičem
- 2) zamontovatelnost chladičové sestavy a zbylých montážních prvků ve vozidle
- 3) dosažení zákaznických a zákonných požadavků

Druhým a zásadním výstupem P-diagramu je seznam možných poruch vyplývajících z používání. Ty byly vypracovány metodou brainstorming pracovníky vývojového oddělení a ty jsou rozděleny následovně do čtyř hlavních kategorií dle způsobu ovlivnění funkce výrobku:

- 1) Žádná funkce chladiče
- 2) Částečná či snížená funkce chladiče
- 3) Přerušovaná funkce chladiče
- 4) Nadměrná funkčnost chladiče

Kompletní seznam možných poruch je uveden v následující tabulce č. 6:

Seznam možných poruch	
Žádná funkčnost	1) poskytovat tepelnou výměnu mezi proudícím vzduchem a chladičem
	Neobsahuje chladičí kapalinu
	Neobsahuje vzduch (velký únik)
Částečná či snížená funkčnost	1) poskytovat tepelnou výměnu mezi proudícím vzduchem a chladičem
	Uvězněný vzduch uvnitř jádra chladiče
	Částečně ucpaný průtok chladiva skrz jádro chladiče - příliš velká tlaková ztráta chladiva
	Částečně ucpaný průtok vzduch skrz jádro chladiče - příliš velká tlaková ztráta vzduchu
	Nesprávná geometrie jádra chladiče nebo vodních plátů
	Nesprávná geometrie plastových komor
	Permanentní nízký únik vzduchu
	Nesprávný průtok chladiva jádrem chladiče
Přerušovaná funkčnost	1) poskytovat tepelnou výměnu mezi proudícím vzduchem a chladičem
	Přerušovaná těsnost chladiče v místě těsnění
	Přerušované zachytávání par chladiva při vysokých teplotách/tlacích
Nadměrná funkčnost	1) poskytovat tepelnou výměnu mezi proudícím vzduchem a chladičem
	Příliš velký výkon vzhledem ke geometrii jádra chladiče
Žádná funkčnost	2) zamontovatelnost chladičové sestavy a zbylých montážních prvků ve vozidle
	Nesedí do montážního prostoru
	Nesprávný systém přípojných bodů
	Nesprávná specifikace geometrie hrdel
	Neergonomické sestavení komponentů
	Selhání systému přípojných bodů
	Prasknutí hadice během jejího nasazování

Částečná či snížená funkčnost	2) zamontovatelnost chladičové sestavy a zbylých montážních prvků ve vozidle
	Komponenty se dotýkají/překrývají
	Točivý moment uvolní spojení na přípojných bodech
Přerušovaná funkčnost	2) zamontovatelnost chladičové sestavy a zbylých montážních prvků ve vozidle
	<i>Nelze použít</i>
Nadměrná funkčnost	2) zamontovatelnost chladičové sestavy a zbylých montážních prvků ve vozidle
	Chladič nemůže být rozložen na servisované díly
Žádná funkčnost	3) dosažení zákaznických a zákonných požadavků
	Materiály nevyhovují požadavkům na ukončení životnosti
	Materiály nejsou vyzkoušeny
	Materiály nejsou správně označeny
	Chybí identifikační štítek
Částečná či snížená funkčnost	3) dosažení zákaznických a zákonných požadavků
	Některé materiály nevyhovují požadavkům na ukončení životnosti
	Některé materiály nejsou vyzkoušeny
	Některé materiály není správně označeny
	Identifikační štítek se stal nečitelným
Přerušovaná funkčnost	3) dosažení zákaznických a zákonných požadavků
	<i>Nelze použít</i>
Nadměrná funkčnost	3) dosažení zákaznických a zákonných požadavků
	<i>Nelze použít</i>

Tab. č. 6: Seznam možných poruch (Zdroj: interní)

Z této tabulky vyplývají všechny potenciální vady, které mohou nastat v průběhu výroby nebo montáže a které jsou důsledkem designu. Mohou ovlivnit chladičový systém a snížit jak výkon chladiče, tak výkon celého automobilu. Také mohou způsobit nespokojenost zákazníka s finálním produktem, vyústit v reklamaci nebo dokonce selhat v dodržení právní legislativy z hlediska překročení emisních požadavků.

Vady obsažené v seznamu možných poruch byly podchyceny a řešeny v samostatném **FMEA formuláři**, který je součástí přílohy bakalářské práce. Použitím metody brainstorming byl vypracován seznam potencionálních příčin a mechanismů selhání, které vodnímu mezichladiči v důsledku možných vad hrozí. Na základě těchto potencionálních důsledků selhání byla určena závažnost vady a její výskyt. Byly zváženy možnosti detekce na finálním výrobku a bodovým ohodnocením důsledků vad, tzv. ukazatelem RPN ohodnoceny všechny možné poruchy. Výsledkem analýzy je seznam, kterým lze kvantitativně seřadit hodnoty ukazatele RPN a který vyjadřující závažnost důsledku možné vady pro zákazníka. Z něj bylo vybráno 10 nejvyšších hodnot reprezentující rizikové oblasti výrobku. Na těchto 10 nejzávažnějších možných vad jsem se zaměřil v následující části práce. Jako cíl jsem si stanovil navržení nápravných opatření a definoval doporučené akce vedoucí ke snížení ukazatele RPN.

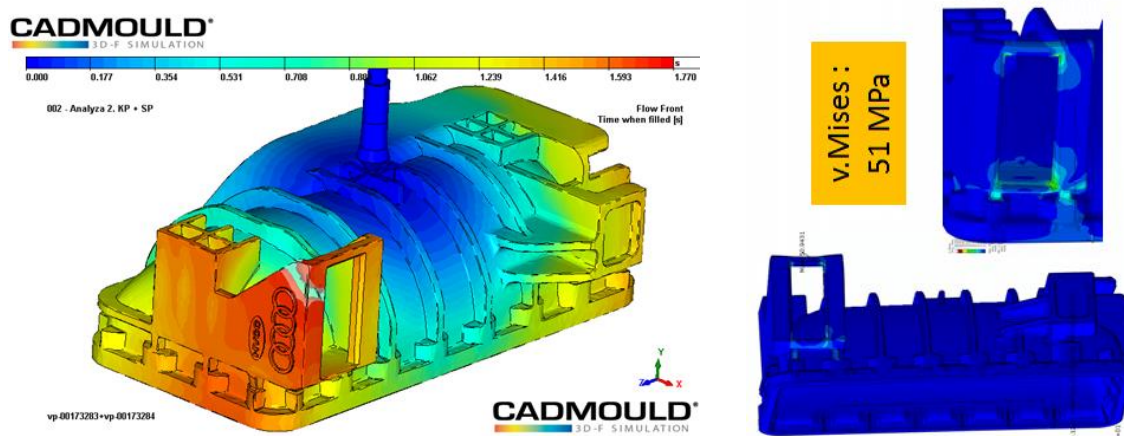
Deset nejzávažnějších vad dle ukazatele RPN vyplývající z vypracované FMEA analýzy:

- 1) Nedostatečná strukturální integrita komor
- 2) Nedostatečné spojení mezi komorou/těsněním/víkem
- 3) Nedostatečné spojení mezi hrdlem komory a přípojnou hadicí
- 4) Netěsnost mezi spojem víka a obalem
- 5) Netěsnost mezi obalem a vodním plátem
- 6) Netěsnost mezi vodními pláty
- 7) Netěsnost skrze těsnění
- 8) Nesprávná geometrie přípojných (montážních) bodů
- 9) Nesprávná geometrie přípojných hrdel pro LTR chladič.
- 10) Netěsnost mezi obalem a vrchním plátem

Návrh řešení:

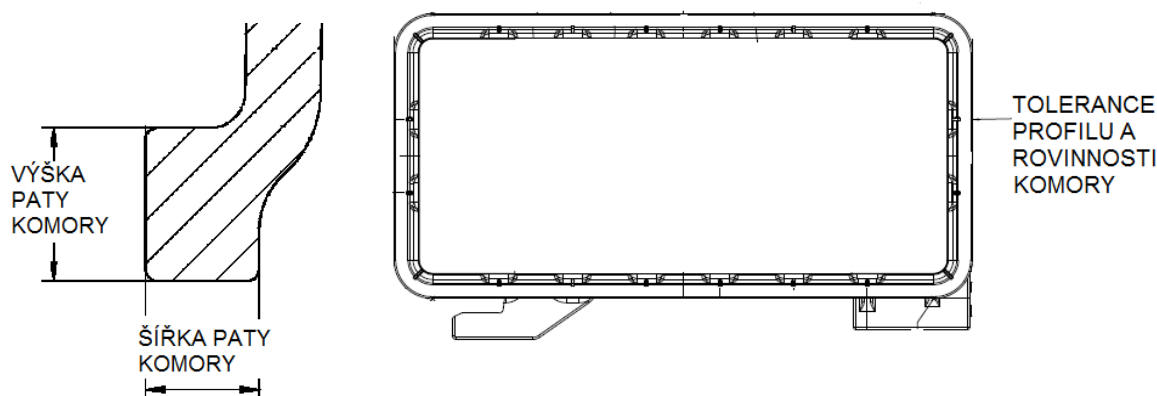
1) V případě nedostatečné strukturální integrity komor navrhuji vypracovat analýzu metodou konečných prvků (FEA) plastových komor, která bude porovnána s výsledky tzv. moldflow analýzy, za účelem optimalizace vstřikování, analýzy vstřikovacího bodu a simulace tečení materiálu během výroby komor. Porovnáním kritických míst vyhodnocených metodou FEA a zjištěných míst tzv. studených spojů (místa, kde se plast při výrobě spojí a ztuhne), nám jasně indikuje, zda jsme navrhli správný tvar komory

a správné místo vstřikovacího bodu. Po provedení porovnání analýz komor lze aktualizovat FMEA formulář a snížit hodnocení výskytu vady.

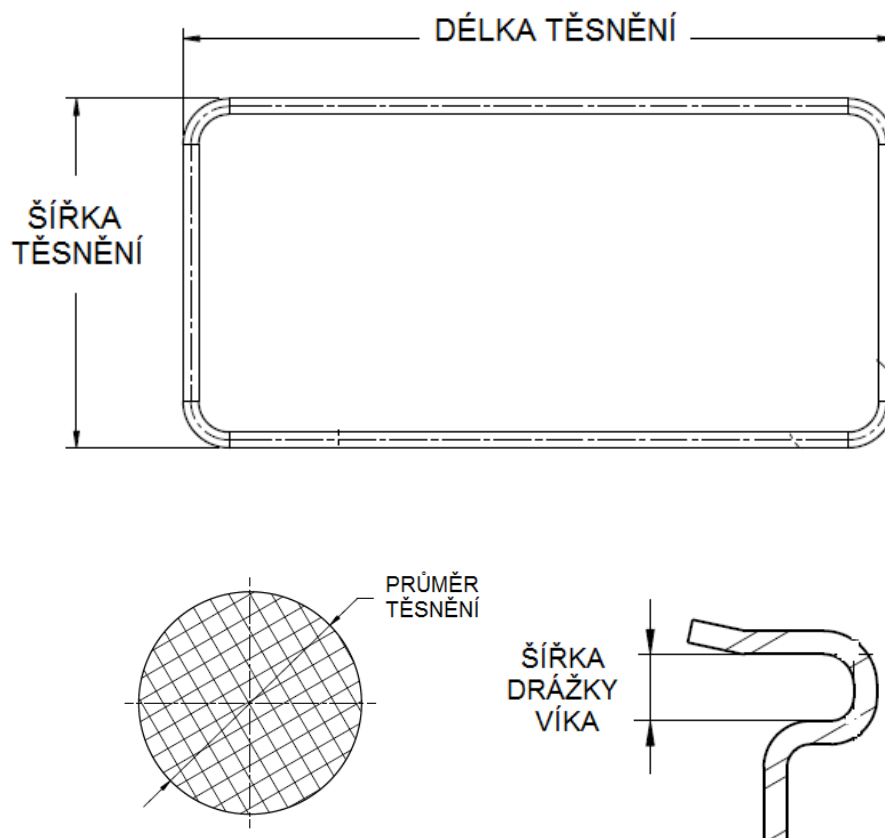


Obr. č. 10: Porovnání moldflow analýzy s FEA analýzou (Zdroj: interní)

2) Jediným možným represivním opatřením v případě snahy o snížení výskytu netěsnosti mechanického spoje mezi komorou a víkem je sledování rozměrů komponentů vstupujících do tohoto spojení. V případě komory se jedná o výšku a šířku paty komory spolu s tolerancí rovinnosti a profilu paty komory, viz obrázek č. 11. V případě těsnění se jedná o průměr těsnění, jeho délku a šířku (mechanické vlastnosti těsnění jsou řešeny následně v bodě 7). V případě víka se jedná o šířku drážky víka, viz obrázek č. 12. Z tohoto důvodu se tyto rozměry překlápí do tzv. SCIF dokumentu, který zajistí 100% kontrolovatelnost v sériové výrobě. Po zajištění tohoto kroku lze snížit výskyt detekce ve formuláři na nízkou úroveň.

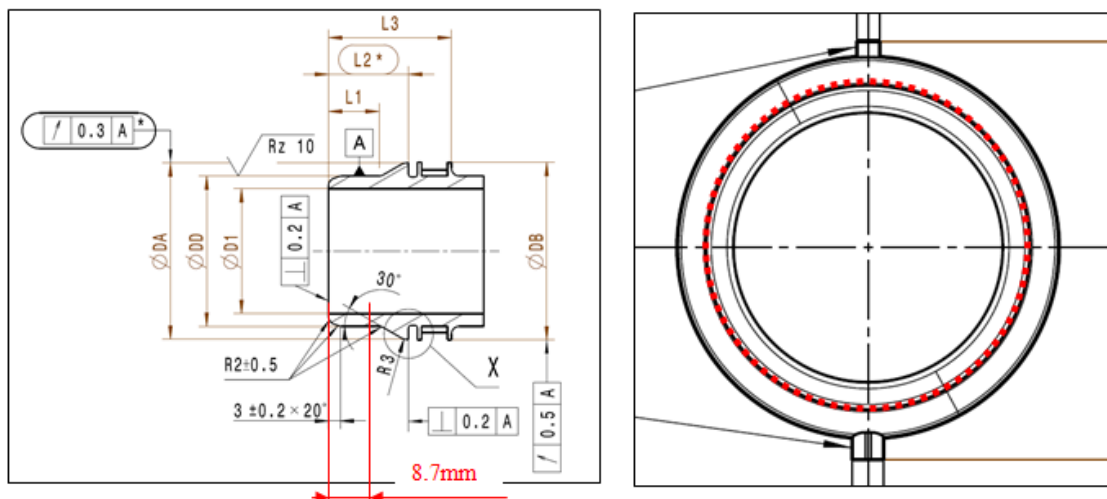


Obr. č. 11: Rozměry paty komory (Zdroj: interní)

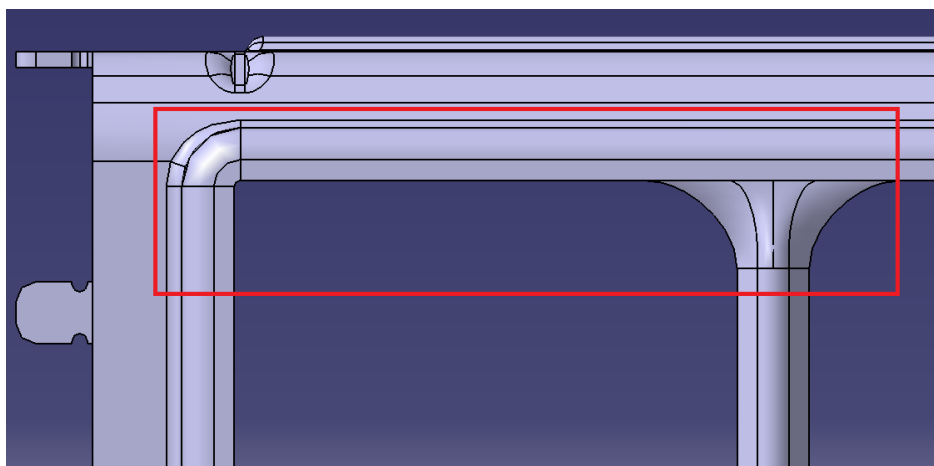


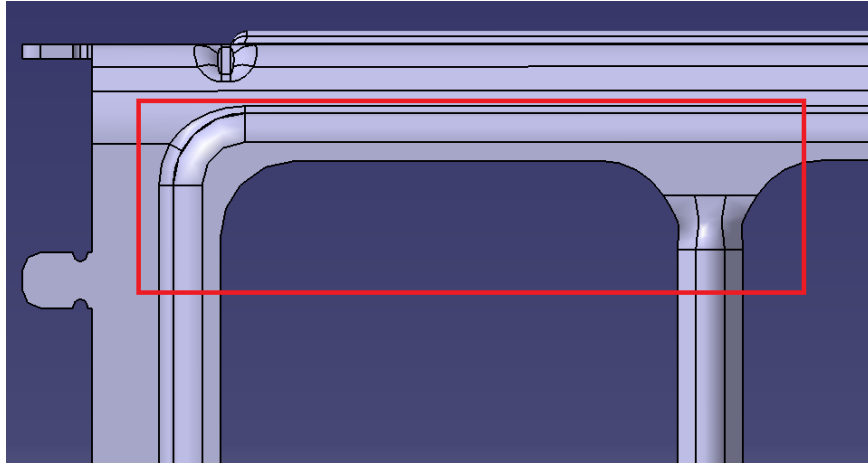
Obr. č. 12: Rozměry těsnění a víka (Zdroj: interní)

3) Pro snížení rizika tečení mezi hrdlem komory a přípojnou hadicí navrhuji požadovat po dodavateli zvláštní kontrolu rozměrů hrdel na plastových komorách a to uvedením průměru a pozice hrdel v tzv. SCIF dokumentu (Significant Characteristic Identification Form). Stejně jako u bodu 2, tento dokument zajišťuje nutnost provedení buď 100% kontroly ve výrobě, nebo CSP studie. CSP studie se provádí na dávce 125ks odebrané při zahájení výroby nové šarže výrobku a na jejím základě se vyhodnocuje průměr hrdel v definované vzdálenosti, viz obrázku č. 13. Je povinností dodavatele vést k těmto měřením záznamy a na vyžádání je poskytnout.

Obr. č. 13: Definice pozice měření hrdel (*Zdroj: interní*)

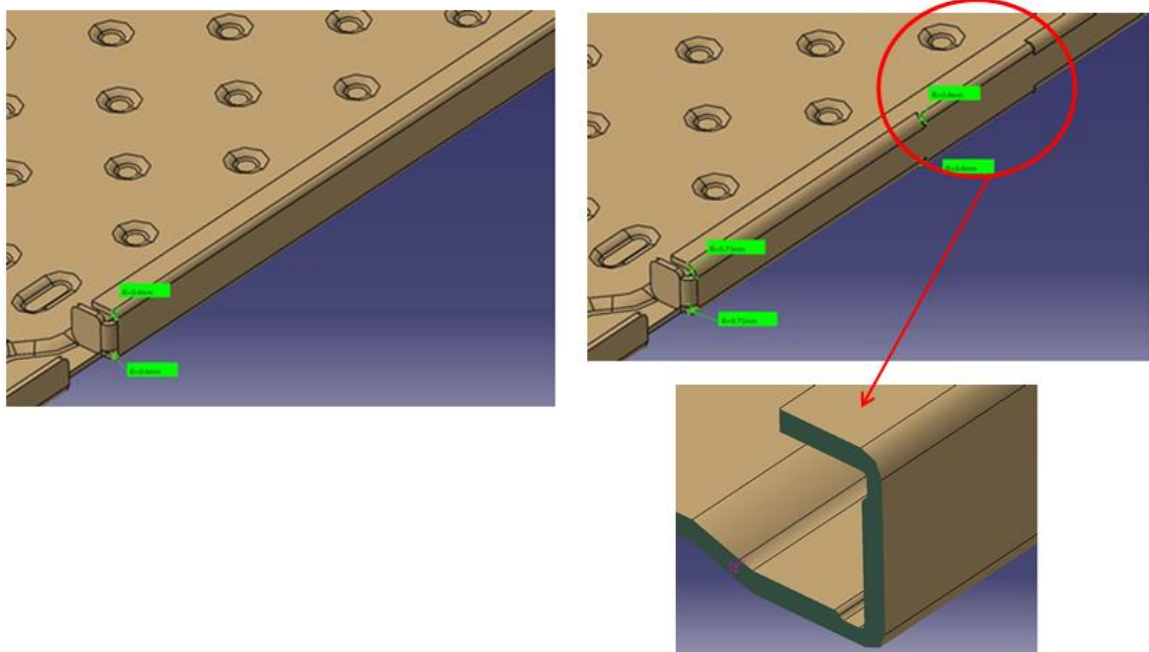
4) Jedním z nejdůležitějších bodů při návrhu designu komponentů, které je potřeba složit s ostatními díly, je jeho jednoduchost a správné zajištění pájecí plochy. Pájecí plochou rozumíme kontaktní plochu mezi dvěma díly, jež je zamýšlena jako trvalé materiálové spojení mezi těmito díly. Možným rizikem je nedokonalé zapájení, které způsobí netěsnost chladiče. Pro dosažení 100% zapájení mezi díly víko a obal doporučuji jako zlepšení zvětšit pájenou plochu mezi těmito díly, zejména v rozích těchto dílů. Neboť právě v rozích lze očekávat po vylisování komponentů největší tvarové odchylky od modelu. Po vyhotovení prototypových nástrojů a obdržení těchto komponentů je nutné naplánovat zkoušky pájení a na základě výsledků reflektovat aktuální stav do formuláře FMEA, sloupce nápravných opatření. Na obrázku č. 14 je uveden aktuální stav modelu a na obrázku č. 15 je navrhované opatření.

Obr. č. 14: Původní designový návrh pájené plochy mezi díly víko a obal (*Zdroj: interní*)

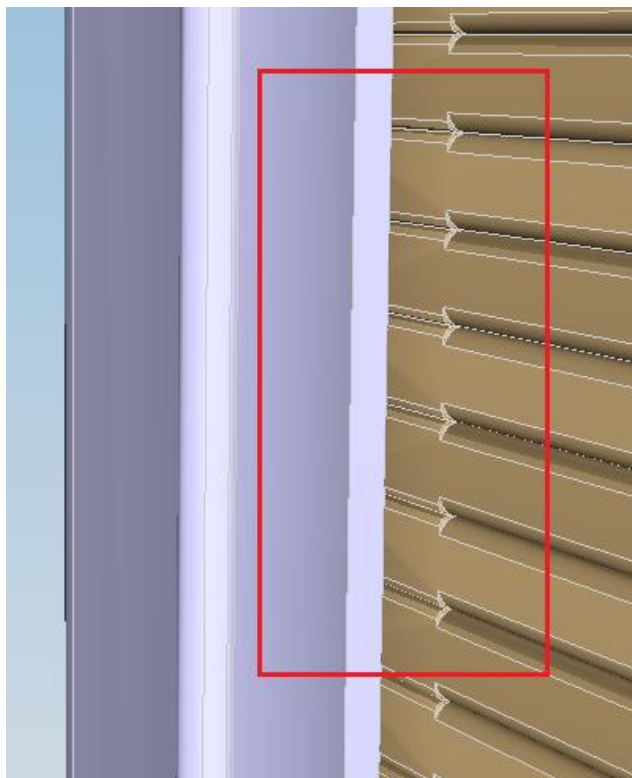


Obr. č. 15: Návrh zlepšení pájené plochy mezi díly víko a obal (Zdroj: interní)

5) Dalším kritickým pájeným místem dle FMEA analýzy se jeví spoj mezi vodním plátem a obalem. Je zde definována pájená plocha mezi vodním plátem a obalem, která obsahuje technologické díry kvůli radiu na hraně lisovaného dílce a předpokládá, že tyto díry budou během procesu pájení zaplněny pájkou. Pro zlepšení výsledku po pájení doporučuji lokálně snížit rádius na vodním plátu na minimální možný rozměr, tak aby bylo riziko nezapájení co nejmenší.

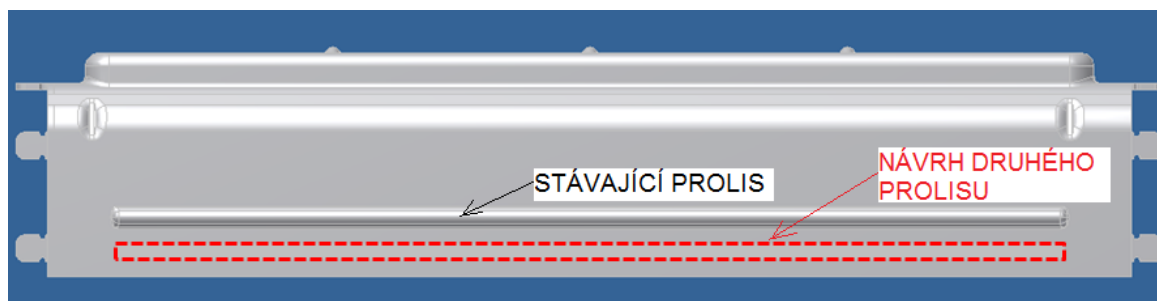


Obr. č. 16: Návrh lokálního zmenšení radiusu na lisovaném dílu vodní plát (Zdroj: interní)



Obr. č. 17: Návrh zlepšení pájené plochy mezi díly vodní plát a obal (*Zdroj: interní*)

6) Doporučuji zvážit výběr typu plátování. V současnosti je pro vodní pláty preferovaná varianta s plátováním typu 4045, který se plně nataví při nižších teplotách, a tudíž může působením gravitace odtéct pájka mimo požadovaný pájený spoj mezi vodními pláty. Doporučuji vyzkoušet plátování 4343, které má vyšší teploty plného natavení a umožňuje větší variabilitu teplot při procesu pájení. Dalším návrhem pro zlepšení pájení je přidání druhého prolisu na díl obal, u kterého je předpoklad, že zmenší třecí plochu mezi obalem a vodním plátem a tím pádemlepší pájecí podmínky.



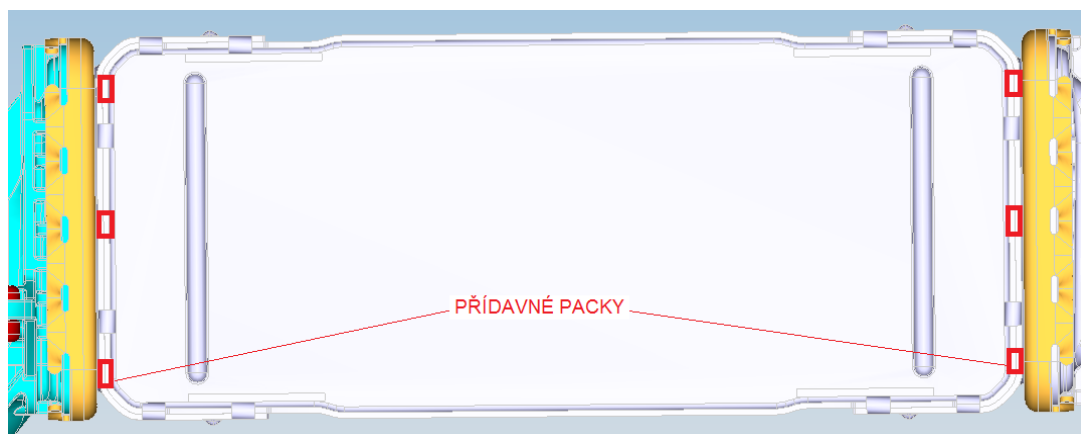
Obr. č. 18: Návrh zlepšení pájení mezi díly vodní plát a obal (*Zdroj: interní*)

7) Doporučuji definovat na výkrese těsnění spolu s použitým materiálem podmínku, že každá nová výrobní dávka těsnění bude použita z materiálu, který splňuje požadavky dle testu Compression Set of Gasket. Tento test zaručuje, že těsnění i po delší době používání stále plní svou funkci. Specifikoval bych test do formuláře SCIF, který zaručí 100% kontrolu pro každou novou dávku ze strany dodavatele. Doporučuji stanovit pravidelný půlroční interval provedení tohoto testu při vstupní kontrole doručeného dílu.

8) Riziko nesprávné geometrie přípojných bodů lze eliminovat na minimum navržením jednoduchého zkušební přípravku, který bude sloužit pro založení finálního produktu během testu těsnosti chladiče. Tím se zaručí 100% kontrolovatelnost. Doporučuji navrhnout zkušební měřidlo, které bude sloužit pro založení finálního produktu a tím pádem bude ověřeno, že montážní body jsou ve správné pozici.

9) V případě nesprávné geometrie přípojných hrdel pro LTR chladič doporučuji postupovat stejně jako v bodě 3, tzn. zaimplementování významných rozměrů hrdel pro LTR chladič do SCIF dokumentu, který zaručí 100% kontrolu požadovaných rozměrů.

10) Netěsnost mezi obalem a vrchním plátem může nastat v důsledku rozměrů těchto dílů na hranici tolerančního pole. Pro zlepšení možnosti zapájení mezi těmito díly doporučuji zvětšit množství plátování, které během procesu pájení zaplní větší mezery mezi díly. Taktéž doporučuji zvážit možnost přidání dalších pacek, viz obrázek č. 19 níže, které slouží k zafixování dílů mezi sebou a budou mít přínos zejména při procesu pájení chladiče, během kterého je jádro mezichladiče vystaveno vysokým teplotám nad 600 °C a v materiálu dochází k vysokým pnutím.



Obr. č. 19: Návrh zlepšení pájení mezi díly vrchní plát a obal (Zdroj: vlastní)

ZÁVĚR:

V globálním světě, ve kterém nyní žijeme, ovlivňuje naše životy velké množství krizových situací. Těm se ve většině případů snažíme vyvarovat, protože sebou přinášejí nejistotu, která nám znesnadňuje rozhodování. Abychom mohli pracovat s jistými zárukami dosaženého výsledku, je vhodné využít z široké nabídky analytických nástrojů analýzy rizik. Tato bakalářská práce se týkala tématu, které je v současnosti velmi aktuální a má své každodenní opodstatnění. Taktéž já sám jsem často konfrontován s přítomností rizik během pracovní doby u zaměstnavatele, a proto jsem si zvolil jako téma své bakalářské práce analyzování rizik. Během vypracovávání práce jsem měl možnost rozšířit své teoretické znalosti a uplatnit je zejména s ohledem na časový plán projektu, za který jsem zodpovědný.

V teoretické části této práce jsem se věnoval nejprve východiskům analýzy rizik, které spočívaly v objasnění významu pojmu rizika a jeho členění. Dále jsem se věnoval snižování rizika v oblasti řízení rizik a postupu sledování rizika během analýzy rizik. Poté jsem definoval specifika analýzy rizik v průmyslu, která se vyznačují tím, že nejsou jednoznačně ustanoveny pro daný obor průmyslové výroby, ale závisí na druhu podniku, užitých technologiích a dalších okolnostech. Na konci teoretické části jsem se věnoval metodám analýzy rizik se zaměřením na metody, které jsem následně využil v praktické části práce.

V praktické části jsem se zabýval automobilovým průmyslem v ČR na počátku 21. století. Ten hraje v české ekonomice významnou roli, neboť tvoří více než 20 % podílu na exportu ČR a více než 4 % podílu na HDP. Charakterizoval jsem společnost Halla Visteon Autopal, dodávající výrobky klimatizační techniky automobilové průmyslu předním světovým automobilkám. Vypracoval jsem SWOT analýzu, která analyzovala silné a slabé stránky podniku. V návaznosti na ni zvýraznil příležitost společnosti využít nově vyvinutou technologii lisovaných vodních plátů pro čerstvě získaný projekt vodního mezichladiče.

Nejdůležitější částí této práce bylo splnění hlavního cíle praktické části. Ta spočívala v provedení analýzy rizik na oddělení vývoje a aplikace chladicí techniky společnosti Halla Visteon Autopal a vyhodnocení dopadu těchto rizik na projekt vodního mezichladiče Porsche B4T. Zpracoval jsem analýzu rizik pomocí metody analýza příčin a jejich

následků na design výrobku (tzv. FMEA designu) a na jejím základě definoval 10 nejvyšších rizik pro tento projekt. Těmto vybraným rizikům jsem věnoval závěrečnou část analýzy, která spočívala v navržení nápravných opatření, která jsou schopna snížit kvantitativní hodnocení součinitele RPN a tyto opatření mohl doporučit i u svého zaměstnavatele. Cíl práce se tímto podařilo splnit.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠEFČÍK, Vladimír. *Analýza rizik*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009, 98 s. ISBN 978-807-3186-968.
- [2] SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2013, 483 s. ISBN 9788024746449.
- [3] TICHÝ, Milík. *Ovládání rizika: analýza a management*. Vyd. 1. V Praze: C.H. Beck, 2006, xxvi, 396 s. ISBN 8071794155.
- [4] HÁLEK, Vítězslav. *Krizový management: teorie a praxe*. 1. vyd. Bratislava: DonauMedia, 2008, 322 s. ISBN 9788089364008.
- [5] FOTR, Jiří. *Jak hodnotit a snižovat podnikatelské riziko*. Praha: Management Press, 1992, 105 s. ISBN 8085603063.
- [6] VARCHOLOVÁ, Tatiana a Lenka DUBOVICKÁ. *Nový manažment rizika*. 1. vyd. Bratislava: Iura Edition, 2008, 193 s. ISBN 9788080781910.
- [7] KOURDI, Jeremy. *Podniková strategie: průvodce rozvojem vašeho byznysu*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 300 s. ISBN 9788025127254.
- [8] MERNA, Tony a Faisal F AL-THANI. *Risk management: řízení rizika ve firmě*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, c2007, xii, 194 s. ISBN 9788025115473.
- [9] NEUGEBAUER, Tomáš. *Vyhledání a vyhodnocení rizik v praxi*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Wolters Kluwer, 2014, 111 s. ISBN 9788074784583.
- [10] CHALUPA, Radek. *Efektivní krizová komunikace: pro všechny manažery a PR specialisty*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 169 s. ISBN 9788024742342.
- [11] KORECKÝ, Michal a Václav TRKOVSKÝ. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 583 s. ISBN 9788024732213.
- [12] ŠEFČÍK, Vladimír, Miroslav TOMEK a Miroslav HRUŠKA. *Krizové řízení v malých a středních podnicích*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009, 181 s. ISBN 9788073188672.

- [13] ŠEFČÍK, Vladimír a Jiří KONEČNÝ. *Procesní inženýrství: bezpečné a spolehlivé vedení procesů*. Vyd. 1. Uherské Hradiště [i.e. Ve Zlíně]: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013, 106 s. ISBN 9788074542800.
- [14] VACEK, Jiří. *Rozhodování za rizika a nejistoty: [cvičebnice]*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2008, 105 s. ISBN 9788070436189.
- [15] BLAHA, Zdenek Sid. *Řízení rizika a finanční inženýrství: Risk management and financial engineering*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2004, 196 s. ISBN 8072611135.
- [16] RAY, Christina I. *Extreme risk management: revolutionary approaches to evaluating and measuring risk*. New York: McGraw-Hill, c2010, ix, 287 s. ISBN 9780071700597.
- [17] ANTUŠÁK, Emil. *Krizová připravenost firmy*. Vyd. 1. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2013, 182 s. ISBN 9788073579838.
- [18] HEBÁK, Petr. *Rozhodování při riziku*. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2013, 101 s. ISBN 9788073330972.
- [19] VYMĚTAL, Štěpán. *Krizová komunikace a komunikace rizika*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2009, 176 s. ISBN 9788024725109.
- [20] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Metody rizikového inženýrství*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2012, 2 sv. (147 s., 1 CD-ROM). ISBN 9788073851118.

INTERNETOVÉ ZDROJE

- [21] Clever and Smart. ČERMÁK, Miroslav. *Clever and Smart* [online]. 2010 [cit. 2014-09-18]. Dostupné z: <http://www.cleverandsmart.cz/analyza-rizik-kvantitativni-vs-kvalitativni/>
- [22] *FMEA Info Centre* [online]. 2014 [cit. 2014-09-18]. Dostupné z: <http://www.fmeainfocentre.com/>
- [23] Analýza rizik. *BRAINTOOLS* [online]. 2014 [cit. 2014-09-18]. Dostupné z: http://www.braintools.cz/toolbox/zvladani-rizik/jak-analyzovat-rizika.htm#.VBC9CPI_tbw
- [24] Český statistický úřad. [online]. [cit. 2014-09-15]. Dostupné z: http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/narodni_hospodarstvi
- [25] Podíl sektorů na ekonomice ČR. *Vítejte na Zemi...* [online]. 2013 [cit. 2014-09-19]. Dostupné z: http://vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=podil_sektoru_na_ekonomice_cr&site=spotreba
- [26] *Český statistický úřad* [online]. 2014 [cit. 2014-09-19]. Dostupné z: [http://www.czso.cz/csu/klasifik.nsf/i/okce_d/\\$File/021603vd.pdf](http://www.czso.cz/csu/klasifik.nsf/i/okce_d/$File/021603vd.pdf)
- [27] Řízení rizik (Risk Management). *Management mania* [online]. 2011 [cit. 2014-09-19]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/rizeni-rizik>
- [28] *OICA* [online]. [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://www.oica.net/>
- [29] Analýza automobilového průmyslu. In: *CSAS* [online]. 6.2013 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: http://www.csas.cz/static_internet/cs/Evropska_unie/Specialni_analyzy/Specialni_analyzy/Prilohy/euspa_analysis_of_the_automobile_industry.pdf
- [30] AutoSAP: Sdružení automobilového průmyslu [online]. 2013 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/>
- [31] AUTOSAP. *Základní přehledy a údaje* [online]. 2013 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/zakladni-prehledy-a-udaje/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1: Řízení dopadu rizika	15
Obr. č. 2: Podíl odvětví na HDP ČR v roce 2011	17
Obr. č. 3: Chladič	34
Obr. č. 4: Mezichladič.....	35
Obr. č. 5: EGR Chladič	35
Obr. č. 6: Kondenzátor.....	35
Obr. č. 7: Hraniční diagram vodního mezichladiče	40
Obr. č. 8: Strom funkčnosti vodního mezichladiče	42
Obr. č. 9: P - diagram vodního mezichladiče	43
Obr. č. 10: Porovnání moldflow analýzy s FEA analýzou	47
Obr. č. 11: Rozměry paty komory	47
Obr. č. 12: Rozměry těsnění a víka.....	48
Obr. č. 13: Definice pozice měření hrdel.....	49
Obr. č. 14: Původní designový návrh pájené plochy mezi díly víko a obal	49
Obr. č. 15: Návrh zlepšení pájené plochy mezi díly víko a obal	50
Obr. č. 16: Návrh lokálního zmenšení radiusu na lisovaném dílu vodní plát.....	50
Obr. č. 17: Návrh zlepšení pájené plochy mezi díly vodní plát a obal	51
Obr. č. 18: Návrh zlepšení pájení mezi díly vodní plát a obal.....	51
Obr. č. 19: Návrh zlepšení pájení mezi díly vrchní plát a obal.....	52

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1: Porovnání metod analýzy rizik	21
Tab. č. 2: Základní schéma formuláře FMEA	24
Tab. č. 3: Členské země EU podle podílu automobilového průmyslu na celkovém HDP v roce 2011.....	31
Tab. č. 4: Hlavní exportní trhy českého automobilového průmyslu v roce 2012.....	33
Tab. č. 5: SWOT analýza firmy HVCC.....	36
Tab. č. 6: Seznam možných poruch	45
Tab. č. 7: SCIF dokument pro komory	62
Tab. č. 8: SCIF dokument pro těsnění	63
Tab. č. 9: Hodnocení odhalitelnosti	64
Tab. č. 10: Hodnocení významu	65
Tab. č. 11: Hodnocení výskytu	66

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Celkový počet vyrobených motor. vozidel v ČR mezi roky 2000 – 2013	31
Graf č. 2: Podíl firem AutoSAP na průmyslové produkci ČR.....	32
Graf č. 3: Podíl firem AutoSAP na celkovém exportu ČR.....	32

SEZNAM PŘÍLOH

SCIF dokument komory.....	62
SCIF dokument těsnění.....	63
Tabulka hodnocení odhalitelnosti.....	64
Tabulka hodnocení významu.....	65
Tabulka hodnocení výskytu.....	66
FMEA formulář.....	67

PŘÍLOHY

SCIF dokument komory

Component / Assembly Part Number(s)	VPGPRH-9M453-AC / 00204462-02				
Part 1. Potential Special Characteristics from DFMEA					
Function / Requirement	Class (YC,YS, YM)	Product/Process Characteristic	Metric/ Measurable	Source: DFMEA / Regulatory/Customer Designated	Drawing, KFD, or Engineering Specification
Provide Heat Exchange from Charge Air to Coolant - Tank/Gasket sealing insufficient	YS	Tank - foot height	5.5±0.1	DFMEA	00204462-* Section C
Provide Heat Exchange from Charge Air to Coolant - Tank/Gasket sealing insufficient	YS	Tank - foot width	3.7±0.05	DFMEA	00204462-* Section C
Provide Heat Exchange from Charge Air to Coolant - Tank/Gasket sealing insufficient	YS	Tank - Flatness	<p>EJECTORS OR THE OTHER MARKS NOT PERMITTED ON THIS SURFACE</p>	DFMEA	00204462-*
Provide Heat Exchange from Charge Air to Coolant - Tank/Gasket sealing insufficient	YS	Tank foot profile (around geometry)		DFMEA	00204462-*

Tab. č. 7: SCIF dokument pro komory (Zdroj: interní)

SCIF dokument těsnění

Component / Assembly Part Number(s)		VPGPRH-9M436-AB / 00204125-02			
Part 1. Potential Special Characteristics from DFMEA					
Function / Requirement	Class (YC, YS)	Product/Process Characteristic	Metric/ Measurab	Source: DFMEA / Regulatory/Customer Designated	Drawing #. and Sheet, KFD, or Engineering Specification #.
Enable coolant retention and transport at acceptable leak rate per customer requirements. <i>Header to gasket leak due to standard gasket length part to part variation.</i>	YS	Length	245,3 ± 0,4	DFMEA	00204477-*
Enable coolant retention and transport at acceptable leak rate per customer requirements. <i>Header to gasket leak due to standard gasket width part to part variation.</i>	YS	Width	93,5 ± 0,4	DFMEA	00204477-*
Enable coolant retention and transport at acceptable leak rate per customer requirements. <i>Gasket to header leak due to gasket diameter and flashes/burrs part to part variation.</i>	YS	Diameter	3 ± 0,1	DFMEA	00204477- section: A
Enable coolant retention and transport at acceptable leak rate per customer requirements. <i>Gasket to header leak due to loss of compression set of gasket</i>	YS	Compression set test according to PV 3330 at 185 °C	deformation 40%, acceptable deformation <50%	DFMEA	00204477-*
Contain and lead charge air - Header/Tank joint	YS	Material Hardness	65 +/-5 IRHD according to TL 52479 with increased air temperature to 185 °C	DFMEA	00204477-*

Tab. č. 8: SCIF dokument pro těsnění (Zdroj: interní)

Tabulka hodnocení odhalitelnosti

Možnost odhalení	Kritéria: Pravděpodobnost odhalení řízením designu	Pts	Pravděpodobnost odhalení
Bez možnosti detekce	Žádné stávající řízení designu; Nemožné detekovat nebo neanalyzováno.	10	Téměř nemožné
Nepravděpodobné odhalení v jakékoli fázi	Analýza designu/nástroje detekce mají velice slabou účinnost detekce; Virtuální analýza (jako CAE, FEA, apod.) není korelována s očekávanými reálnými provozními podmínkami.	9	Velice ojedinělé
Odhalení problému po zmražení designu (design freeze) a před spuštěním série	Validace / Verifikace po zmražení designu ale před spuštěním série pomocí OK/NOK testování (testování systému nebo podsystému dle kritérií jako jízdní/funkční zkoušky, hodnocení přepravných balení, ...)	8	Ojedinělé
	Validace / Verifikace po zmražení designu, ale před spuštěním série pomocí „ test do selhání “ testování (testování systému nebo podsystému až do objevení vady, testy systémových interakcí,...)	7	Velmi nízké
	Validace / Verifikace po zmražení designu, ale před spuštěním série pomocí testování opotřebení (testování systému nebo podsystému po životnostních testech, jako funkční zkouška,...)	6	Nízké
Odhalení problému před zmražením designu	Validace produktu (zkoušky spolehlivosti, designové nebo validační zkoušky) před zmražením designu pomocí OK/NOK testování (jako kritéria přijatelnosti pro výkon, ověření funkčnosti apod.)	5	Střední
	Validace produktu (zkoušky spolehlivosti, designové nebo validační zkoušky) před zmražením designu pomocí „ test do selhání “ testování (dokud se neprojeví netěsnost, deformace, praskliny, apod.)	4	Středně vysoké
	Validace produktu (zkoušky spolehlivosti, designové nebo validační zkoušky) před zmražením designu pomocí testování opotřebení (trendy v datech, porovnání hodnot před/po apod.)	3	Vysoké
Virtuální analýza - korelace	Analýza designu / nástroje detekce mají velmi vysokou detekci; Virtuální analýza (jako CAE, FEA, apod.) je silně korelována s očekávanými reálnými provozními podmínkami - před zmražením designu	2	Velmi vysoké
Detekce nepotřebná Prevence vady	Vada nebo příčina vady nemůžou nastat, jsou zcela ošetřeny designovým řešením (jako prověřený design standard „best practice“, ověřený materiál, apod.)	1	Téměř jisté

Tab č. 9: Hodnocení odhalitelnosti (Zdroj: převzato z FMEA handbook [27])

Tabulka hodnocení významu

Důsledek	Kritéria: Význam efektu na produkt (dopad na zákazníka)	Pts
Selhání ve splnění bezpečnostních a/nebo zákonných požadavků	Vada může působit na bezpečnost provozu vozidla a/nebo vede k narušení obecně platných předpisů. Vada vzniká bez varování.	10
	Vada může působit na bezpečnost provozu vozidla a/nebo vede k narušení obecně platných předpisů. Vada vzniká s varováním.	9
Ztráta nebo omezení primární funkce	Ztráta hlavní funkce (vozidlo nezpůsobilé k provozu, bez vlivu na bezpečnost)	8
	Omezení hlavní funkce (Vozidlo schopné provozu, ale s omezenou funkčností/výkonem)	7
Ztráta nebo omezení sekundární funkce	Ztráta sekundární funkce (vozidlo způsobilé k provozu, ale funkce komfortu/pohodlí nefunkční)	6
	Omezení sekundární funkce (vozidlo způsobilé k provozu, ale funkce komfortu/pohodlí omezené)	5
Nepohodlí	Lícování a povrchové úpravy/skřípot a zvuky neodpovídají požadavkům. Vadu eviduje většina zákazníků (více jak 75%).	4
	Lícování a povrchové úpravy/skřípot a zvuky neodpovídají požadavkům. Vadu eviduje 50% zákazníků.	3
	Lícování a povrchové úpravy/skřípot a zvuky neodpovídají požadavkům. Vadu objeví pečlivě hledající zákazník (méně jak 25%)	2
Žádný	Bez důsledku	1

Tab č. 10: Hodnocení významu (Zdroj: převzato z FMEA handbook [27])

Tabulka hodnocení výskytu

Pravděpodobnost výskytu vady	Kritéria: Výskyt příčiny vady – DFMEA (Vzhledem k požadované životnosti / spolehlivosti prvku / vozu)	Kritéria: Výskyt příčiny vady – DFMEA (Případy vzhledem k prvkům / vozům)	Pts
Velmi vysoká	Nová technologie / nový design bez historie	≥ 100 z 1000 ≥ 1 z 10	10
Vysoká	Vada je nevyhnutelná s novým designem, novou aplikací nebo změnou v provozním cyklu / provozních podmínkách	50 z 1000 1 z 20	9
	Vada je pravděpodobná s novým designem, novou aplikací nebo změnou v provozním cyklu / provozních podmínkách	20 z 1000 1 z 50	8
	Vada je možná s novým designem, novou aplikací nebo změnou v provozním cyklu / provozních podmínkách	10 z 1000 1 ze 100	7
Střední	Častý výskyt vad u podobných designů nebo při simulaci / testování	2 z 1000 1 z 500	6
	Příležitostné vady u podobných designů nebo při simulaci / testování	0,5 z 1000 1 z 2000	5
	Ojediné vady u podobných designů nebo při simulaci / testování	0,1 z 1000 1 z 10 000	4
Nízká	Pouze ojedinělé vady u téměř identických designů nebo při simulaci / testování	0,01 z 1000 1 z 100 000	3
	Žádné vady u téměř identických designů nebo při simulaci / testování	0,001 z 1000 1 z 1 000 000	2
Velmi nízká	Vada eliminována preventivními kontrolami		1

Tab č. 11: Hodnocení výskytu (Zdroj: převzato z FMEA handbook [27])

FMEA formulář

Potential Failure Modes & Effects Analysis.
(Design F.M.E.A.)

Model / Verze / Název	218.25.14
Popis / Druh	M. 1100

Model / Verze / Název	Porschie BAT WCAC
Popis / Druh	

Function / Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effects / Failure	Severity	Class	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Current Design Controls (Prevention)	Current Design Controls (Detection)	RPN	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Taken	Severity	Occurrences	Detection	New RPN
1. The vehicle should be able to start.	Engine does not start.	Engine does not start - This will prevent the vehicle from starting. This will prevent the driver from driving. This will prevent the vehicle from being used.	9	10	1. Fuel pump failure. 2. Spark plug failure. 3. Ignition coil failure. 4. Battery failure. 5. Fuel filter clogging. 6. Air filter clogging. 7. Compression loss. 8. Valve timing issue. 9. Water in fuel. 10. Faulty sensors.	1. Visual inspection of fuel pump. 2. Visual inspection of spark plug. 3. Visual inspection of ignition coil. 4. Visual inspection of battery. 5. Visual inspection of fuel filter. 6. Visual inspection of air filter. 7. Visual inspection of compression. 8. Visual inspection of valve timing. 9. Visual inspection of fuel. 10. Visual inspection of sensors.	1. Visual inspection of fuel pump. 2. Visual inspection of spark plug. 3. Visual inspection of ignition coil. 4. Visual inspection of battery. 5. Visual inspection of fuel filter. 6. Visual inspection of air filter. 7. Visual inspection of compression. 8. Visual inspection of valve timing. 9. Visual inspection of fuel. 10. Visual inspection of sensors.	10	1. Replace fuel pump. 2. Replace spark plug. 3. Replace ignition coil. 4. Replace battery. 5. Replace fuel filter. 6. Replace air filter. 7. Repair compression. 8. Adjust valve timing. 9. Drain fuel. 10. Replace sensors.	1. 218.25.14		9	9	9	9
2. The vehicle should be able to stop.	Vehicle does not stop.	Vehicle does not stop - This will prevent the vehicle from stopping. This will prevent the driver from driving. This will prevent the vehicle from being used.	9	10	1. Brake failure. 2. Clutch failure. 3. Gear shift failure. 4. Transmission failure. 5. Engine failure. 6. Fuel pump failure. 7. Spark plug failure. 8. Ignition coil failure. 9. Battery failure. 10. Fuel filter clogging. 11. Air filter clogging. 12. Compression loss. 13. Valve timing issue. 14. Water in fuel. 15. Faulty sensors.	1. Visual inspection of brake pads. 2. Visual inspection of clutch. 3. Visual inspection of gear shift. 4. Visual inspection of transmission. 5. Visual inspection of engine. 6. Visual inspection of fuel pump. 7. Visual inspection of spark plug. 8. Visual inspection of ignition coil. 9. Visual inspection of battery. 10. Visual inspection of fuel filter. 11. Visual inspection of air filter. 12. Visual inspection of compression. 13. Visual inspection of valve timing. 14. Visual inspection of fuel. 15. Visual inspection of sensors.	1. Visual inspection of brake pads. 2. Visual inspection of clutch. 3. Visual inspection of gear shift. 4. Visual inspection of transmission. 5. Visual inspection of engine. 6. Visual inspection of fuel pump. 7. Visual inspection of spark plug. 8. Visual inspection of ignition coil. 9. Visual inspection of battery. 10. Visual inspection of fuel filter. 11. Visual inspection of air filter. 12. Visual inspection of compression. 13. Visual inspection of valve timing. 14. Visual inspection of fuel. 15. Visual inspection of sensors.	10	1. Replace brake pads. 2. Replace clutch. 3. Replace gear shift. 4. Repair transmission. 5. Repair engine. 6. Replace fuel pump. 7. Replace spark plug. 8. Replace ignition coil. 9. Replace battery. 10. Replace fuel filter. 11. Replace air filter. 12. Repair compression. 13. Adjust valve timing. 14. Drain fuel. 15. Replace sensors.	1. 218.25.14		9	9	9	
3. The vehicle should be able to drive.	Vehicle does not drive.	Vehicle does not drive - This will prevent the vehicle from driving. This will prevent the driver from driving. This will prevent the vehicle from being used.	9	10	1. Fuel pump failure. 2. Spark plug failure. 3. Ignition coil failure. 4. Battery failure. 5. Fuel filter clogging. 6. Air filter clogging. 7. Compression loss. 8. Valve timing issue. 9. Water in fuel. 10. Faulty sensors. 11. Brake failure. 12. Clutch failure. 13. Gear shift failure. 14. Transmission failure. 15. Engine failure.	1. Visual inspection of fuel pump. 2. Visual inspection of spark plug. 3. Visual inspection of ignition coil. 4. Visual inspection of battery. 5. Visual inspection of fuel filter. 6. Visual inspection of air filter. 7. Visual inspection of compression. 8. Visual inspection of valve timing. 9. Visual inspection of fuel. 10. Visual inspection of sensors. 11. Visual inspection of brake pads. 12. Visual inspection of clutch. 13. Visual inspection of gear shift. 14. Visual inspection of transmission. 15. Visual inspection of engine.	1. Visual inspection of fuel pump. 2. Visual inspection of spark plug. 3. Visual inspection of ignition coil. 4. Visual inspection of battery. 5. Visual inspection of fuel filter. 6. Visual inspection of air filter. 7. Visual inspection of compression. 8. Visual inspection of valve timing. 9. Visual inspection of fuel. 10. Visual inspection of sensors. 11. Visual inspection of brake pads. 12. Visual inspection of clutch. 13. Visual inspection of gear shift. 14. Visual inspection of transmission. 15. Visual inspection of engine.	10	1. Replace fuel pump. 2. Replace spark plug. 3. Replace ignition coil. 4. Replace battery. 5. Replace fuel filter. 6. Replace air filter. 7. Repair compression. 8. Adjust valve timing. 9. Drain fuel. 10. Replace sensors. 11. Replace brake pads. 12. Replace clutch. 13. Replace gear shift. 14. Repair transmission. 15. Repair engine.	1. 218.25.14		9	9	9	

Tab č. 12: FMEA formulář (Zdroj: interní)

Potential Failure Modes & Effects Analysis. (Design F.M.E.A.)

Model Vozňák	Porsche B4T WCAC
Year/Verze	
Proj.Číslo	

Revizní číslo	21.02.14
Upraveno	ML

Function/Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	Severity	Class	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occurrence	Current Design Controls (Prevention)	Current Design Controls (Detection)	RPN	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Taken	Severity	Occurrence	Detection	New RPN			
1. Assembly of engine components to vehicle	Cylinder head assembly	Valve - does not close properly Occurrence - This is a critical failure mode	7	V10	Incorrect torque applied to valve Incorrect assembly sequence	3	Torque wrench used for assembly Assembly sequence followed	Visual inspection of valve assembly	3	No action required									
			7			3			3									3	
			6			3			3									3	
			6			3			3									3	
			6			3			3									3	
			6			3			3									3	
			6			3			3									3	
			6			3			3									3	
			6			3			3									3	
			6			3			3									3	
2. Mounting of engine components to vehicle	Timing belt assembly	Timing belt - does not rotate properly Occurrence - This is a critical failure mode	7	V10	Incorrect torque applied to belt Incorrect assembly sequence	3	Torque wrench used for assembly Assembly sequence followed	Visual inspection of belt assembly	3	No action required									
			7			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
3. Mounting of engine components to vehicle	Cylinder head assembly	Valve - does not close properly Occurrence - This is a critical failure mode	7	V10	Incorrect torque applied to valve Incorrect assembly sequence	3	Torque wrench used for assembly Assembly sequence followed	Visual inspection of valve assembly	3	No action required									
			7			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3
			6			3			3										3

Tab č. 12: FMEA formulář (Zdroj: interní)

Potential Failure Modes & Effects Analysis. (Design F.M.E.A.)

Project Name: Porsche BAT WCAC		Revision: 2.0.0, 28.10.14	Revizor: M. Šimák													
Model Year/Part No.	Part Name															
Potential Failure Modes (Design F.M.E.A.)																
Function / Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	Class	Severity	Potential Causes (Mechanism(s) of Failure)	Occurrence	Control Design Controls (Preventive)	Control Design Controls (Detective)	RPN	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Taken	Severity	Occurrence	Detection	New RPN
Power window operation - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	VI	6	Power window control motor is not working properly	3	Power window control motor is not working properly	3	20	Power window control motor is not working properly			6	3	3	6
Power window operation - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	VI	6	Power window control motor is not working properly	3	Power window control motor is not working properly	3	20	Power window control motor is not working properly			6	3	3	6
Power window operation - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	VI	6	Power window control motor is not working properly	3	Power window control motor is not working properly	3	20	Power window control motor is not working properly			6	3	3	6
Power window operation - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	VI	6	Power window control motor is not working properly	3	Power window control motor is not working properly	3	20	Power window control motor is not working properly			6	3	3	6
Power window operation - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	VI	6	Power window control motor is not working properly	3	Power window control motor is not working properly	3	20	Power window control motor is not working properly			6	3	3	6
Power window operation - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	Control motor - able to be opened and closed	VI	6	Power window control motor is not working properly	3	Power window control motor is not working properly	3	20	Power window control motor is not working properly			6	3	3	6

Tab č. 12: FMEA formulář (Zdroj: interní)