

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

KOTELNA SPALUJÍCÍ ZEMNÍ PLYN

GAS FIRED BOILER HOUSE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PAVEL HOSNEDL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK SKÁLA, CSc.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Pavel Hosnedl

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Řízení rizik firem a institucí (3901T048)**

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

Kotelna spalující zemní plyn

v anglickém jazyce:

Gas fired boiler house

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Stanovení provozních rizik plynové kotelny administrativní budovy umístěné v posledním nadzemním podlažím v městské zástavbě a jejich posouzení. Výkon kotelny 4x 49kW. Kotelna je osazena čtyřmi kotli GEMINOX THRi 10-50.

Cíle diplomové práce:

Stanovení možných rizik provozu plynové kotelny v zástavbě a bezpečnosti provozu plynových spotřebičů.



Seznam odborné literatury:

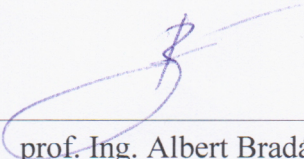
- ČERNÝ, JANEBA, TEYSLER. Parní kotle. SNTL Praha. 1983. 860 s.
TICHÝ, M. Ovládání rizika. Analýza a management. Praha: C.H.Beck, 2006. 396 s.
ČSN 07 0703. Kotelny se zařízeními na plynná paliva. Praha: Český normalizační institut, 2005.
ČSN 73 4201. Komíny a kouřovody. Praha: Český normalizační institut, 2010.
Internetový portál TZB Info. (<http://www.tzb-info.cz/>)

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 1.11.2011





prof. Ing. Albert Bradáč, DrSc.
ředitel vysokoškolského ústavu

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou stanovení provozních a bezpečnostních rizik plynové kotelny administrativní budovy o celkovém výkonu 4×49 kW. Kotelna je osazena čtyřmi kotli Geminox THRi 10-50. Cílem diplomové práce je stanovení možných rizik provozu a bezpečnosti provozu plynové kotelny. Diplomová práce je rozdělena do několika částí, přičemž v první části je rozebrána stávající situace, včetně teoretických poznatků o rizicích a jejich analýze. V této části jsou nastíněna možná řešení pro identifikaci a kvantifikaci rizik hrožící v plynové kotelně. V další části jsou stanoveny konkrétní rizikové faktory, je provedena jejich analýza pomocí diagramu příčin a následků a metody FMEA. V závěrečné části jsou navržena konkrétní opatření pro vybraná rizika.

Abstract

This master thesis deals with problems of determining operational and safety risks at gas boiler room in office building with total output of 4×49 kW. The gas boiler room is equipped with four boilers Geminox THRi 10-50. The aim of this master thesis is to determine the potential operational and safety risks of gas boiler room. The master thesis is divided into several parts, when the first part is describing the current situation with some theoretical knowledge and risk analysis. This part also outlines possible solutions for identification and quantification of risks to the gas boiler room. The specific risk factors are determined at other part of master thesis and there is also their analysis, which is solved by cause and effect diagram and by Failure Mode and Effect Analysis. The specific precautions are suggested for chosen risks in final part of master thesis.

Klíčová slova

Analýza rizik, plynová kotelna, riziko, zemní plyn.

Keywords

Risk analysis, gas boiler room, risk, natural gas.

Bibliografická citace

HOSNEDL, P. *Kotelna spalující zemní plyn*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2012. 71 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Zdeňkovi Skálovi, CSc. Za odborné vedení, pomoc při zajištění podkladů, cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	POPIS STÁVAJÍCÍ SITUACE	15
2.1	Charakteristika kotelny	17
2.2	GEMINOX THRi 10–50	17
3	ZEMNÍ PLYN	21
3.1	Rozdělení zemního plynu	21
3.2	Fyzikální vlastnosti	22
3.3	Spalování plynných paliv	24
4	RIZIKO	25
4.1	Definice rizika	25
4.2	Klasifikace rizik	27
4.2.1	<i>Základní dělení rizik</i>	27
4.2.2	<i>Členění rizik dle výskytu nebezpečí</i>	28
4.2.3	<i>Členění rizik dle oblasti výskytu</i>	28
4.3	Postoj k rizikům	29
5	ANALÝZA RIZIK	31
5.1	Identifikace nebezpečí	32
5.2	Kvantifikace rizika	32
5.3	Nástroje kvantifikace rizika	33
5.3.1	<i>Stromové diagramy</i>	33
5.3.2	<i>Diagram příčin a následků</i>	35
5.3.3	<i>Riziková matice</i>	36
5.3.4	<i>FMEA</i>	36
5.3.5	<i>Další metody</i>	37
6	RIZIKOVÉ FAKTORY	39
6.1	Éra svítiplynu	39

6.2	Umístění kotelny	40
6.3	Zařízení kotelny	41
6.4	Prvky kotelny	41
6.4.1	<i>Hlavní uzávěr kotelny</i>	42
6.4.2	<i>Plynovod</i>	42
6.4.3	<i>Armatury</i>	42
6.4.4	<i>Kondenzační kotel</i>	43
6.4.5	<i>Přívod vzduchu a odvod spalin</i>	44
6.4.6	<i>Kvalita vody</i>	45
6.5	Lidský faktor	46
7	VYHODNOCENÍ RIZIKOVÝCH FAKTORŮ.....	47
7.1	Ishikawa diagram	47
7.2	FMEA.....	49
8	NAVRŽENÍ OPATŘENÍ.....	55
8.1	HUK a armatury	55
8.2	Vedení plynovodů	55
8.3	Kondenzační kotel.....	56
8.4	Odvod spalin	56
8.5	Lidský faktor	57
9	ZÁVĚR.....	59
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	61
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	63
12	SEZNAM PŘÍLOH	64
13	PŘÍLOHY.....	65

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Letecký snímek lokality. Zdroj: www.maps.google.com	15
Obr. 2: Pohled na administrativní budovu. Zdroj: vlastní.	16
Obr. 3: Půdorys posledního nadzemního podlaží s kotelnou. Zdroj: vlastní.....	16
Obr. 4: Kotel Geminox THRi 10-50. Zdroj: http://www.geminox.cz/	18
Obr. 5: Popis Kotle Geminox THRi 10-50. Zdroj: http://www.geminox.cz/	19
Obr. 6: Vzor stromového diagramu. Zdroj: vlastní.	34
Obr. 7: vzor Ishikawa diagramu. Zdroj: vlastní.....	35
Obr. 8: Svítivý plamen nedokonalého spalování. Zdroj: www.tzb-info.cz	44
Obr. 9: Příklad zaneseného výměníku. Zdroj: http://servisplynospotrebicu.webnode.cz	45
Obr. 10: Ishikawa diagram znázorňující možné příčiny problémové situace. Zdroj: vlastní...48	

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Přehled kotlových jednotek. Zdroj: vlastní.	17
Tab. 2: Složení vybraných zemních plynů používaných v zemích EU. Zdroj: Fík	23
Tab. 3: Fyzikální vlastnosti ZP. Zdroj: http://www.zemniplyn.cz/plyn/default.htm ...	23
Tab. 4: Riziková matice. Zdroj: vlastní.	36
Tab. 5: Vzorový formulář FMEA. Zdroj: vlastní.	37
Tab. 6: FMEA s ohledem na provozní rizika, část 1. Zdroj: vlastní.	50
Tab. 7: FMEA s ohledem na provozní rizika, část 2. Zdroj: vlastní.	51
Tab. 8: FMEA s ohledem na bezpečnostní rizika, část 1. Zdroj: vlastní.	52
Tab. 9: FMEA s ohledem na bezpečnostní rizika, část 2. Zdroj: vlastní.	53

1 ÚVOD

Kotelny se zařízeními na plynná paliva jsou bezesporu pracovišti, kterým je především z hlediska ochrany veřejného zájmu (bezpečnost, ochrana životů a zdraví osob apod.) nezbytné věnovat pozornost již ve stadiu projektování a zřizování. Potažmo pak zajistit jejich bezpečný a spolehlivý provoz. Pro naši společnost je ochrana veřejného zájmu jedna z priorit. Je to zcela pochopitelné, když si pod veřejným zájmem představíme životy a zdraví občanů, zaměstnanců, podnikatelských aktivit, právnických osob a též i ochranu jejich majetku. Základním předpokladem pro dobře fungující ochranu veřejného zájmu je solidní předpisový rámec. K němu je nutné přiřadit poctivý přístup právnických, podnikajících fyzických osob, též fyzických osob, ať už v soukromé či podnikatelské sféře k veřejnému zájmu.

Diplomová práce spadá pod obor rizikové inženýrství, který se řadí mezi technicko-ekonomickou disciplínu. Tato vědní disciplína pracuje a zabývá se pojmem riziko v několika souvislostech, které zde budou zmíněny a pro určení rizika se využívají metody z oblasti statistiky, pravděpodobnosti, bezpečnosti atd.

V této práci bych se rád věnoval stanovením provozních rizik nízkotlaké plynové kotelny administrativní budovy umístěné v posledním nadzemním podlaží v městské zástavbě, jejich analýzou a návrhem bezpečnostních opatření.

Pro řešení problému byly použity metody analýzy rizika, konkrétně diagram příčin a následků) patřící mezi kauzální metody analýzy rizika a metoda FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), která je jedna z nejrozšířenějších expertních metod a s její pomocí se provádí analýza rizik a selhání.

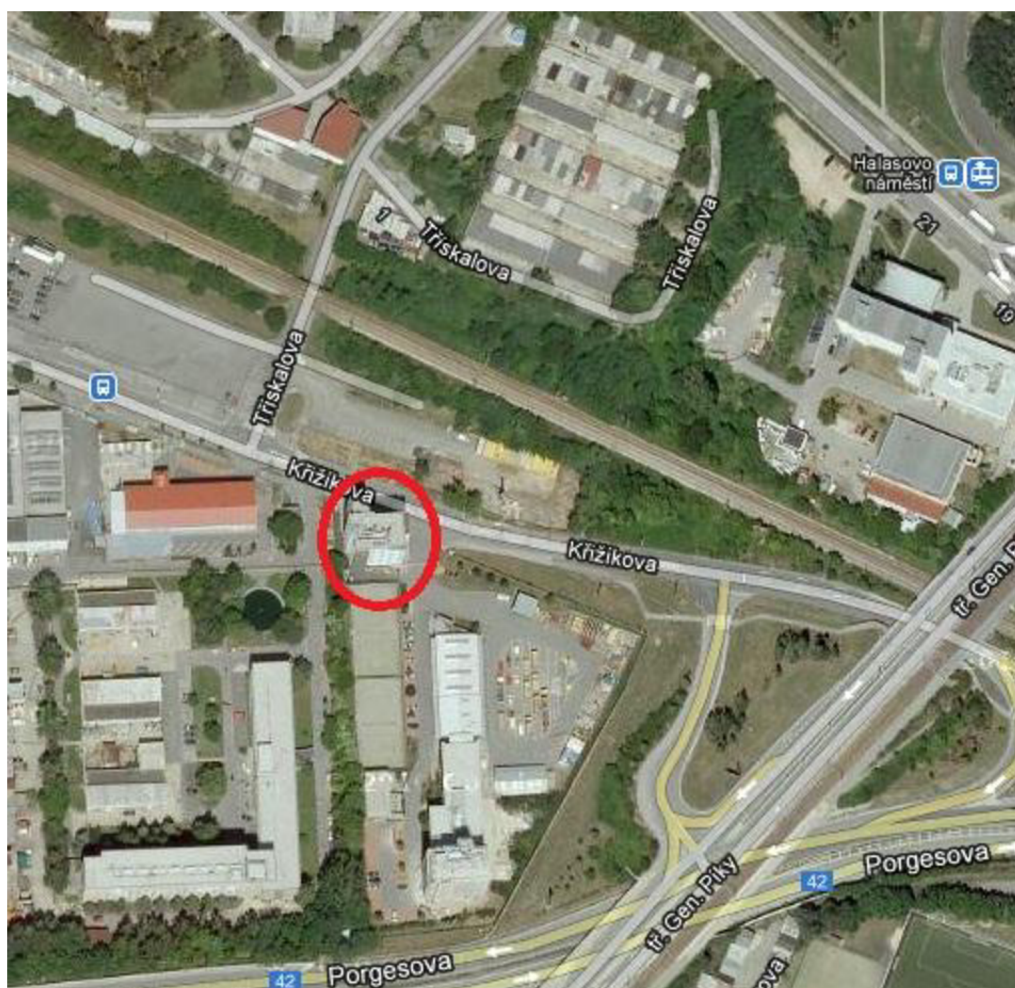
První částí diplomové práce je analýza současného stavu, popis lokality, daného objektu a kotelny, včetně popisu jejího vybavení. Následně je ve stručnosti popsáno plynné palivo používající se v kotelně. Je zde zmíněno jeho rozdělení, fyzikální a chemické vlastnosti a složení, proces výroby, distribuce a spalování.

Riziko jako takové se v dnešní době označuje kvalitativně dosti rozdílně, proto je riziku věnována samostatná kapitola odhalující různé názory na něj a jednotlivé definice od různých autorů. Po definování rizika je rozebrána analýza rizik, která se skládá z identifikace a kvantifikace rizik a jsou zde rozebrány jednotlivé nástroje pro kvantifikaci rizik.

V praktické části jsou pak stanoveny jednotlivé rizikové faktory působící na plynovou kotelnou, je provedeno jejich vyhodnocení pomocí nástrojů pro kvantifikaci rizik (diagram příčin a následků a FMEA) a na závěr jsou navržena preventivní opatření, snižující pravděpodobnost výskytu jednotlivých rizik.

2 POPIS STÁVAJÍCÍ SITUACE

Popisovaný objekt se nachází na území Statutárního města Brna, městské části Brno – sever, ulice Křížikova, číslo popisné/orientační 3009/72a. Budova slouží jako komerční objekt pro firmy LRB BUILD s.r.o., D.I.S., spol. s r.o., d2d CZ s.r.o., LAVIMONT BRNO,a.s. a Ertrag & Sicherheit Vermögensberatung Ges.m.b.H. Její blízké okolí je využíváno pro komerční účely a přibližný počet osob pohybujících se denně v budově je 120. Nejbližší obyvatelná zástavba se nachází přibližně 190 metrů severně na ulici Třískalova a ZŠ Janouškova vzdálená 330 metrů jihovýchodním směrem.

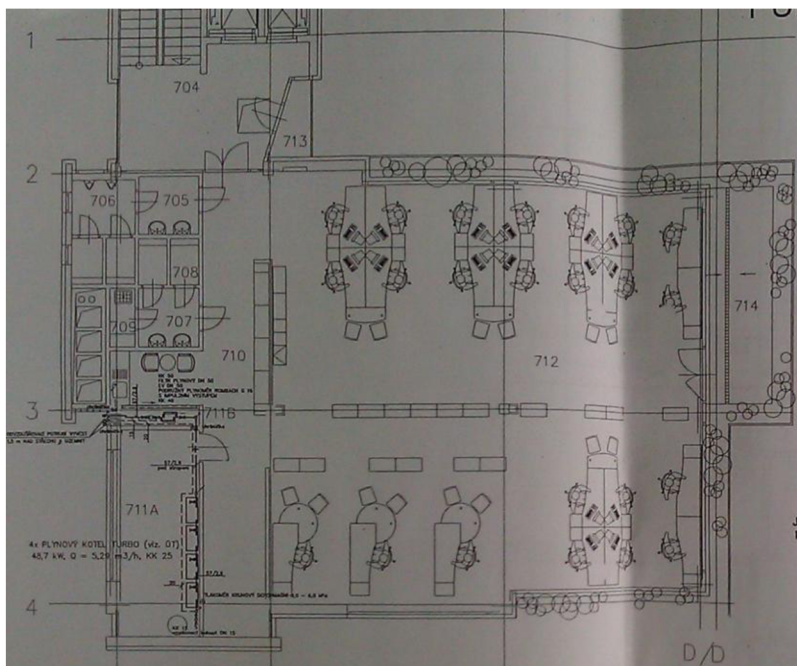


Obr. 1: Letecký snímek lokality. Zdroj: www.maps.google.com



Obr. 2: Pohled na administrativní budovu. Zdroj: vlastní.

Budova, v níž se nachází popisovaná kotelna, má celkem 7. NP a 2PP. Nízkotlaká plynová kotelna na zemní plyn III. kategorie je umístěná v 7. NP., tedy v posledním podlaží objektu a samostatné uzavíratelné místnosti. Bezpečnost a funkčnost provozu má na starosti pracovník obsluhy, který je jmenován provozovatelem kotelny a odpovídá za bezpečný a spolehlivý provoz zařízení.



Obr. 3: Půdorys posledního nadzemního podlaží s kotelnou. Zdroj: vlastní.

2.1 CHARAKTERISTIKA KOTELNY

Nízkotlaká plynová kotelna na zemní plyn III. kat. je napojena na ústřední vytápění objektu, tzn. že je napojena na topná tělesa a zařízení vzduchotechniky. Neřeší přípravu TUV, která je v objektu řešena samostatně – lokálně v každém podlaží elektrickými ohříváči.

Skládá se ze sestavy čtyř závěsných plynových kotlových jednotek, jedná se o typ s uzavřenou spalovací komorou – GEMINOX THRi 10–50 o stanoveném maximálním jmenovitém výkonu 48,8 kW (1 ks).

Kotle jsou propojeny do kaskády s určením celoročního provozu s konstantním tepelným spádem 80/60 °C. Odtah spalin a přívod spalovací jednotky je vyveden koaxiálním potrubím přes fasádu a vyveden na střechu. Zabezpečení topné soustavy je řešeno pomocí instalací expanzomatu a automatickým doplňováním, přes úpravu topné vody.

Kotlový okruh je ukončen hydraulickým vyrovnávačem dynamických tlaků a je vyveden dvěma topnými větvemi.

Kotel	K1	K2	K3	K4
GEMINOX	THRi 10-50	THRi 10-51	THRi 10-52	THRi 10-53
Výkon max.:	48,8 kW	48,8 kW	48,8 kW	48,8 kW
Výrobní čísla:	500568512	500568513	500568526	500568516
Spotřeba ZP m ³ /hod:	max. 5,29	max. 5,30	max. 5,31	max. 5,32
Pracovní přetlak:	max. 0,3 Mpa	max. 0,3 Mpa	max. 0,3 Mpa	max. 0,3 Mpa

Tab. 1: Přehled kotlových jednotek. Zdroj: vlastní.

2.2 GEMINOX THRI 10–50

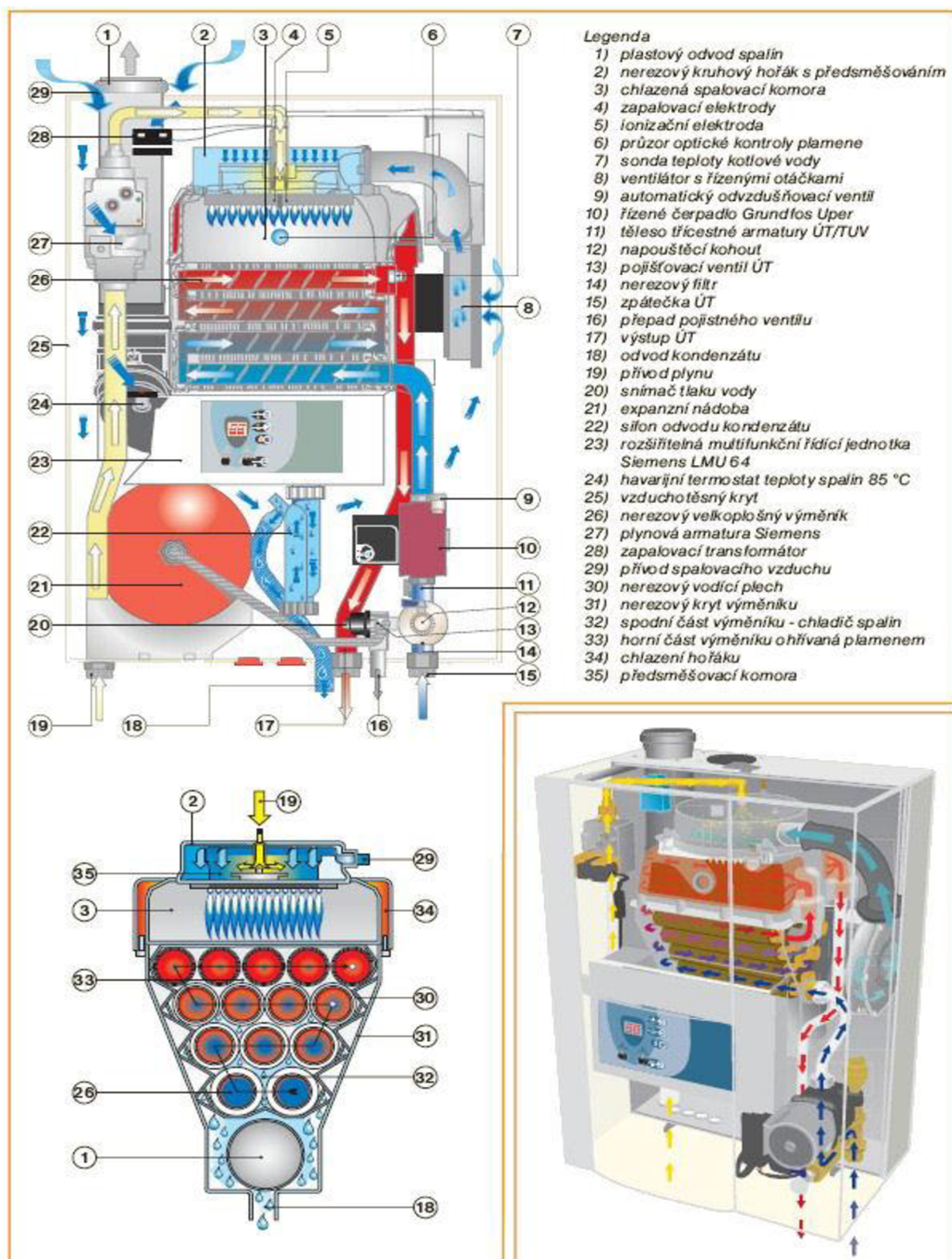
Kondenzační kotel GEMINOX THRi 10-50 je určen k vytápění větších objektů s tepelnou ztrátou od 10 do 49 kW, zejména pak nadstandardních rodinných domů, vil a objektů komerčního charakteru. Kotle se instalují i v objektech s nižší tepelnou ztrátou, ale s velkými požadavky na přípravu tepla pro TUV, popřípadě bazén a vzduchotechniku. Kotle lze spojovat do inteligentních kaskád a dosáhnout tak lineárně modulovaného výkonového rozmezí 9,7 – 188 kW s přednostní nebo souběžnou přípravou TUV. Tyto kaskády lze doplnit o libovolný počet topných okruhů řízených digitálně komunikujícími regulacemi Siemens řady Albatros. Hlavní výhodou kondenzačních kotlů je především jejich úspora. Spalováním zemního plynu vzniká hořením vodíku, který je obsažen v těchto plynech určité množství vodní páry, která spolu s oxidem uhličitým tvoří spaliny hoření. Pokud se podaří tyto spaliny ochladit, dojde ke kondenzaci obsažené vodní páry a k uvolnění kondenzačního tepla. Tímto

způsobem lze dodatečně získat až 11 % účinnosti. Teoretická účinnost je tedy 111 %. Oproti výpočtové hodnotě unikne spalinami 1 % tepla, kotel vysálá 0,5 % a kondenzát odvede 1,5 % tepla. Dodatečně využitelných je tedy zhruba 8 % tepla. Předpokladem je dokonalá technologie využívající uzavřenou spalovací komoru, přetlakové spalování a speciální kondenzační výměník.

U kondenzačních plynových spotřebičů se setkáváme s údajem účinnosti vyšším než 100 %. Vysvětlení spočívá v tom, že z historických důvodů se ke stanovení hodnoty příkonu a výkonu používá výhřevnost, nikoliv spalné teplo. U kondenzačních kotlů jsou spaliny ochlazovány pod rosný bod, tzn. že dochází ke kondenzaci vodní páry obsažené ve spalinách a tedy i k částečnému využití kondenzačního tepla vody, tedy tepla, které není zahrnutu v hodnotě výhřevnosti.



Obr. 4: Kotel Geminox THRi 10-50. Zdroj: <http://www.geminox.cz/>



Obr. 5: Popis Kotle Geminox THRI 10-50. Zdroj: <http://www.geminox.cz/>

3 ZEMNÍ PLYN

Dle Fíka (*Lexikon spalování plynu: aktualizované informace pro technické, marketingové a vzdělávací využití*. 2000, 312 s.) je zemní plyn přírodní směsí plynných látek s převažujícím podílem metanu a proměnlivým množstvím neuhlovodíkových plynů (zejména inertních plynů) a získává se převážně těžbou ze zemních, případně mořských ložisek.

Převážná část dodávek zemního plynu do ČR se uskutečňuje prostřednictvím soustavy tranzitních plynovodů z Ruska a od roku 1996 se část dováží z Norska, která je do ČR přiváděna plynovodem ze SRN. Dalším druhem zemního plynu je zemní plyn karbonský vznikající z důlní degezace a zemní plyn z povrchové degezace. Tyto plyny se využívají především v lokalitách s těžbou černého uhlí, tzn. Ostravsko. Existuje zde také Náhradní zemní plyn, který se získává zplyňováním uhlí, přičemž základní reakční schéma pro výrobu NZP je: $\text{uhlí} + \text{vodní pára} = \text{CH}_4 + \text{CO}_2$.

Na vznik zemního plynu existuje více teorií. Jelikož se zemní plyn vyskytuje velice často spolu s ropou nebo s uhlím, přiklánějí se teorie jeho vzniku nejčastěji k tomu, že se postupně uvolňoval při vzniku uhlí nebo ropy jako důsledek postupného rozkladu organického materiálu. Podle teorií preferujících organický původ zemního plynu byly tedy na začátku vzniku zemních plynů rostlinné a živočišné zbytky. Podle anorganické teorie vznikal zemní plyn řadou chemických reakcí z anorganických látek. Existuje další tzv. abiogenetická hypotéza, podle které zemní plyn vznikl štěpením uhlovodíků, které se na naši planetu dostaly v době jejího vzniku z vesmírné hmoty. Tyto vyšší uhlovodíky se postupně štěpily až na metan, který pak pronikal k povrchu Země.

3.1 ROZDĚLENÍ ZEMNÍHO PLYNU

Dle Černého, Janeby a Teyslera (1983, 858 s.) se průmyslové topné plyny bez zřetele k jejich původu nebo způsobu výroby rozdělují do čtyř skupin:

1. **Málo výhřevné** – s výhřevností do $8,37 \text{ MJ m}^{-3}$; např.: plyn z kuploven, vysokopecní (kychtový) plyn, generátorový plyn, aj.
2. **Středně výhřevné** – s výhřevností do $12,56 \text{ MJ m}^{-3}$; např.: plyn z nízkoteplotní karbonizace černého uhlí, vodní plyn z koksu nebo uhlí, zemní plyn reformovaný párou, aj.
3. **Velmi výhřevné** – s výhřevností do $20,93 \text{ MJ m}^{-3}$; např.: svítiplyn koksárenský nebo plynárenský, plyn z tlakového zplyňování hnědého uhlí, karbuovaný vodní plyn, aj.

4. **Velmi vysoce výhřevné** – s výhřevností nad $20,93 \text{ MJ m}^{-3}$; např.: zemní plyn naftový nebo karbonský, olejový plyn, plyn z hydrogenace uhlí a dehtových olejů, aj.

3.2 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

Zemní plyn se svojí výhřevností $34,16 \text{ MJ m}^{-3}$ patří tedy do skupiny velmi vysoce výhřevných plynů. Složení zemního plynu a tím i jeho fyzikální vlastnosti kolísají podle typu plynu v závislosti na jeho nalezišti. Hlavní složkou je uhlovodík – metan (asi 96%), dále pak ZP obsahuje vyšší uhlovodíky a nežádoucí příměsi. Za normálních podmínek je zemní plyn bezbarvý, bez chuti a bez zápachu, lehčí než vzduch. Zemní plyn není jedovatý, ale při vyšších koncentracích je nedýchatelný (neobsahuje kyslík) a může způsobit zadušení.

Zemní plyn ve směsi se vzduchem nebo kyslíkem tvoří výbušnou směs. Pro zjištění úniků plynu se zemní plyn odorizuje přidáním sirných sloučenin (merkaptanů), které mu dávají charakteristický zápach. Při dostatku vzduchu hoří ZP slabě namodralým plamenem. Spaliny obsahují kysličník uhelnatý (CO).

Oxid uhličitý a dusík se vyskytují v hodnotách od 0,1 do 10% a to v závislosti na místě ložiska ZP, které ovlivňuje jeho složení.

Složení ZP

Dle Fíka (*Zemní plyn: tabulky, diagramy, rovnice, výpočty, výpočtové pravítko*. 2006, 355 s.) se Zemní plyn tedy skládá z:

Složky zemního plynu	Tranzitní ZP %	Norský ZP %	Alžírský ZP %	Jihomoravský ZP %	Holandský ZP %
Metan CH ₄	98,39	85,80	86,90	97,70	81,31
Etan C ₂ H ₆	0,44	8,49	9,00	1,20	2,85
Propan C ₃ H ₈	0,16	2,30	2,60	0,50	0,37
Butan C ₄ H ₁₀	0,07	0,70	1,20	-	0,14
Pentan C ₅ H ₁₂	0,03	0,25	-	-	0,09
Dusík N ₂	0,84	0,96	0,30	0,60	14,35
CO ₂	0,07	1,50	-	-	0,89

Tab. 2: Složení vybraných zemních plynů používaných v zemích EU. Zdroj: Fík

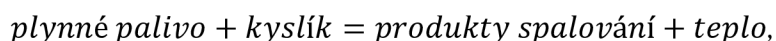
Fyzikální vlastnosti ZP

Výhřevnost	34,08 MJ/m ³
Spalné teplo	37,82 MJ/m ³
Hustota	0,69 kg/m ³
Meze výbušnosti	5 – 15 %
Zápalná teplota	650 °C
Množství spalovacího vzduchu	9,56 m ³ vzduchu/ m ³ ZP
Teplota plamene	1 957 °C

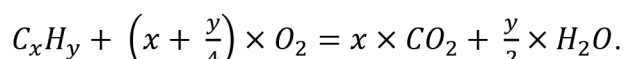
Tab. 3: Fyzikální vlastnosti ZP. Zdroj: <http://www.zemniplyn.cz/plyn/default.htm>

3.3 SPALOVÁNÍ PLYNNÝCH PALIV

Dle Fíka (*Lexikon spalování plynu: aktualizované informace pro technické, marketingové a vzdělávací využití*. 2000, 312 s.) je proces spalování plyných paliv souhrnem současně probíhajících chemických reakcí jednotlivých hořlavých složek plyných paliv s kyslíkem (převážně vzdušným), při vysoké teplotě podle následující rovnice:



přičemž obecná rovnice pro spalování plyných uhlovodíků probíhá následovně:



Nehořlavé složky paliv jako je oxid uhličitý, dusík, vodní pára a Argon se spalovacích reakcí nezúčastňují a přecházejí v nezměněném stavu do spalin. Kyslík se spalovacích reakcí zúčastňuje a snižuje potřebu vzdušného kyslíku, přiváděného do spalovacího procesu. Při spalování dochází obecně ke dvěma stavům a to k dokonalému a nedokonalému spalování plyných paliv.

- **Dokonalé spalování** je proces, při kterém se všechny hořlavé složky plyného paliva spálí beze zbytku na oxid uhličitý a vodní páru. Obsah oxidu uhelnatého je při dokonalém spalování roven nule. Hořáky na plyná paliva, technické požadavky připouští při praktickém spalování zemního plynu v hořácích plynových spotřebičů obsah oxidu uhelnatého ve spalinách max. 0,05%.
- **Nedokonalé spalování** plyného paliva je proces, při kterém se jednomu m³ plyného paliva dodá menší než stechiometrický objem vzduchu. Ve spalinách jsou tedy vedle CO₂, N₂, H₂O obsaženy také nespálené složky. V praxi nedokonalé spalování znamená, že může být nesprávné řízení spalovacího procesu nebo nesprávné konstrukční řešení spalovacího zařízení (hořáky, spotřebiče, odvod spalin aj.).

Kvalita spalování se zjišťuje rozbořem, který kontroluje, zda složení spalin vyhovuje platným předpisům. Při kontrole se měří obsahy oxidu uhelnatého (CO), oxidu uhličitého (CO₂), kyslíku (O₂), oxidů dusíku (NO_x) a teplota spalin odcházejících ze spotřebiče.

Největším rizikem spalování plyných paliv je vznik oxidu uhelnatého (CO), který je silně toxický a jeho účinky na lidský organismus jsou všeobecně známé. Při vdechování váže hemoglobin a tvoří karboxylhemoglobin, jehož účinky jsou smrtelné již při nízkých koncentracích. Oxid uhelnatý vyvolává bolesti hlavy, hučení v uších a závratě.

4 RIZIKO

Pojem riziko se v dnešním světě objevuje stále více především díky stále častějším hospodářským recesím a rizikologie jako vědní obor začíná být v popředí zájmů. Věda o riziku se vytváří teprve několik let a to i přesto, že základy rizikologie jsou staré několik set roků. Důvod je, že poznatky o riziku nevznikali s cíleným vědeckým přístupem, nýbrž vznikaly zcela utilitaristicky.

Definice rizika se s dobou významně měnila. Riziko je historický výraz, pocházející údajně ze 17. století, kdy se objevil v souvislosti s lodní dopravou. Výraz „risico“ pochází z italštiny a znamenalo určité úskalí, kterému se museli mořeplavci vyhnout, konkrétně se jednalo o skalní útes, tedy o přirozené riziko pro námořníky. Ve starších encyklopediích najdeme vysvětlení, že se jedná o odvahu či nebezpečí, případně že riskovat znamená odvážit se něčeho. V pozdějších dobách bylo riziko spojováno především s možnou finanční újmou související s podnikáním v širším slova smyslu.

V dnešní době se názvem „riziko“ označují kvalitativně dosti rozdílné, byť velice příbuzné pojmy. Obecně se riziko bere jako určité nebezpečí vzniku škody, poškození, ztráty či zničení, případně nezdaru při podnikání, ale existují však i pozitivní rizika. Dle Kruliše (2011, 568 s.) se o riziku má smysl bavit, pokud existují alespoň dvě alternativní možnosti, přičemž minimálně jedna z nich je nepříznivá. Význam slova riziko je tedy vždy úzce spojen s pravděpodobností, nejistotou a variabilitou ve vztahu k předpovědi konečného výsledku. Pro výpočet rizika se nejčastěji používá následující vzorec:

$$R = P * D;$$

přičemž R znamená riziko, P je pravděpodobnost a D je důsledek rizika.

4.1 DEFINICE RIZIKA

Najít univerzální definici pojmu „riziko“ je takřka neřešitelný úkol. Ukazuje se, že při hledání definice rizika záleží především na odvětví, oboru a problematice, co se pod tímto názvem rozumí. Existují skupiny definic technických, ekonomických a sociálních.

Dle Tichého (2006, 396 s.) riziko můžeme chápat jako:

- nejistota vztahující se k újmě,
- nejistota vznikající v souvislosti s možným výskytem událostí,
- nebezpečí, po jehož realizaci dochází k újmě,

- nebezpečí vzniku nějaké újmy,
- pravděpodobnost vzniku nějaké újmy,
- kombinace pravděpodobnosti a škody,
- kumulativní účinek pravděpodobnosti nejisté události která může pozitivně nebo negativně ovlivnit cíle projektu,
- odchylky od očekávaných ztrát
- pravděpodobná hodnota ztráty vzniklé nositeli, popř. příjemci rizika realizací scénáře nebezpečí, vyjádřená v peněžních nebo jiných jednotkách.

Smejkal a Rais (2010, 360 s.) definují riziko následovně:

- pravděpodobnost či možnost vzniku ztráty, obecně nezdaru,
- odchýlení skutečných a očekávaných výsledků,
- nebezpečí negativní odchylky od cíle (tzv. čisté riziko),
- možnost vzniku ztráty nebo zisku (tzv. spekulativní riziko).

Z výčtu definic je patrné, že zvolit jednu univerzální definici, která by vyhovovala vstupním podmínkám jednotlivým odvětvím, situacím a oborům nelze. Některé definice naznačují určitou kvantifikaci možné újmy, jiné pracují s pravděpodobností a další pokrývají riziko čisté i spekulativní.

Nejvíce vyhovující a vystihující definice pro bezpečnostní studii je že riziko je tedy *pravděpodobná hodnota ztráty vzniklé nositeli, popř. příjemci rizika realizací scénáře nebezpečí, vyjádřená v peněžních nebo jiných jednotkách.*

Pro práci s riziky a jejich analýzou je potřeba si definovat pár pojmů, se kterými se bude nadále pracovat. Jedná se o tyto následující pojmy:

- **Projekt** – je dle Tichého (2006, 396 s.) souhrn stávajících, probíhajících nebo budoucích hmotných a nehmotných skutečností a činností probíhajících v definovaném prostoru, v definované době a za definovaných podmínek, vedoucí k definovanému cíli. *Podmínky* projektu jsou všechny okolnosti, které ovlivňují jeho průběh. *Doba projektu* je časový úsek vymezený k dosažení cíle od počátku existence projektu. *Prostorem projektu* je místo, ve kterém se projekt nalézá. *Prostředím projektu* je souhrn všech vnějších podmínek, které působí na projekt a *cíl projektu* je souhrn skutečností očekávaných od účastníků projektu.

- **Objekt** – dle Tichého (2006, 396 s.) je projekt při vyšetřování rizika popsán objektem a procesem. Objekt jako takový je součástí projektu, v jednom projektu se může objektů vyskytovat více. Objektem může být například nějaký technický prvek jako silnice, elektrorozvodná síť nebo také kotelna spalující zemní plyn.

4.2 KLASIFIKACE RIZIK

Klasifikovat neboli kategorizovat rizika do univerzálního systému nedovedeme zatím uspořádat. Vyplývá to z již výše zmíněných důvodů, dokážeme to však v rámci menších celků jako je například organizace, obor nebo činnost.

4.2.1 Základní dělení rizik

Základní druhy rizik dělí Tichý (2006, s. 1-26) na:

- **Hmotná rizika** jsou zpravidla měřitelné.
- **Nehmotná rizika** souvisejí s duševní činností nebo nečinností. Označují se někdy také jako psychologická rizika.
- **Spekulativní riziko** je riziko podstupované s cíleným záměrem, kdy motiv je zisk z rizika.
- **Čisté riziko** je riziko, jehož realizace je vždy nepříznivá, a které se proto rozhodovatel snaží vyhnout. Jsou to rizika většinou pojistitelná.
- **Systematické riziko** je riziko, kterému je vystaveno několik firem určitého trhu. Takové riziko se nedá regulovat diverzifikací. **Nesystematické riziko** se naopak vztahuje jen na jednu firmu a je na ostatních nezávislé.
- **Pojistitelné a nepojistitelné riziko** – oba pojmy se uplatní tam, kde jde o úplatné přenesení rizika na třetí osoby.
- **Strategické riziko** se uplatní ve strategickém rozhodování (typu: co se dá dělat).
- **Operační riziko** je prvkem operačního rozhodování (typu: jak se to má dělat).
- **Odhadovací riziko** je riziko, které nedokážeme numericky popsat a můžeme o něm jen říci, že existuje nebo neexistuje.

4.2.2 Členění rizik dle výskytu nebezpečí

V portfoliu rizik nalezneme rizika, která se dle Tichého (2006, s. 1-26) dají klasifikovat podle výskytu nebezpečí a to následovně:

1. **Stálá** – vyskytují se po celou dobu existence objektu, popř. procesu, a jsou jejím nutným atributem. (Existují po celou referenční dobu T_{ref}).
2. **Nahodilá** – vyskytují se jen pro určitou T_{occ} část referenční doby T_{ref} a nejsou nutným atributem existence objektu.
 - a. *Nahodilá dlouhodobá* – doba T_{occ} se blíží době T_{ref} ,
 - b. *Nahodilá krátkodobá* – doba T_{occ} je značně kratší než doba T_{ref} ,
 - *Jednorázová* – vyskytují se jen jednou během doby T_{ref} ,
 - *Opakovaná* – vyskytují se během doby T_{ref} několikrát,
 - c. *Mimořádná* – vyskytují se za zvláštních situací, obvykle nejsou známá a vyskytnou se až v průběhu doby T_{ref} .

4.2.3 Členění rizik dle oblasti výskytu

Pokud budeme brát oblasti, které jsou následky rizika ohrožovány, za faktor dělení, můžeme stejně jako Kruliš (2011, s. 78) identifikovat následující druhy rizik:

- manažerská,
- provozní, procesní, technologická,
- personální,
- rozvojová, strategická,
- finanční,
- tržní, zákaznická, marketingová, obchodní,
- bezpečnostní,
- environmentální,
- informační,
- zdravotní,
- kulturní, sociální, morální.

4.3 POSTOJ K RIZIKŮM

Dle Kruliše (2011, 568 s.) postoje k rizikům formují to, jak člověk reaguje na vnější podněty, zátěž, jak se rozhoduje, jaká nebezpečí je připraven tolerovat a jak si plánuje své činnosti. Postoje pak ovlivňují jeho chování v situacích aktuálního ohrožení, ale často i v situacích standardních a bezpečných. Vznik nežádoucí události je zpravidla vystaven řadě náhodných faktorů a veličin a tato náhodnost je vnímána jak individuálně tak i skupinově.

Obecně se lze setkat s těmito nebezpečnými postoji:

- *Fatalismus*: riziko je subjektivně intenzivně pocíťováno, přičemž výsledkem je stálý stres z možných následků, které mohou vzniknout prakticky kdykoliv působením náhodných faktorů a okolností, na které člověk prakticky nemá žádný vliv.
- *Bagatelizace*: nepříznivé následky mohou nastat pouze za určité málo pravděpodobné kombinace náhodných faktorů, dochází k podcenění nebezpečí z důvodu absence obavy hrozícího nebezpečí. Riziko náhodné je pak často zaměňováno za riziko minimální, případně žádné. V případě odhalení příčin nastalé nehody a provedení nápravných opatření převládá mylné přesvědčení, že k nehodě daného typu již nemůže v budoucnosti dojít.

Uvedené dvě charakteristiky popisují dva extrémní postoje, mezi nimiž je celá řada reálných přístupů, jimiž se navzájem liší jednotlivci, pracovní týmy a větší skupiny.

5 ANALÝZA RIZIK

Dle Tichého (2006, 396 s.) je analýza rizika základním prvkem rizikového inženýrství a je nutnou podmínkou rozhodování o riziku, a tedy základním procesem v managementu rizika. Je obvykle chápána jako proces definování hrozeb, pravděpodobnosti jejich uskutečnění a dopadu na objekt, tedy stanovení rizik a jejich závažnosti. Předmětem analýzy rizika je projekt, konkrétně v našem případě stanovení provozních rizik plynové kotelny v administrativní budově.

Dle Kruliše (2011, 568 s.) se analýza rizik se uskutečňuje ve dvou fázích, konkrétně to jsou identifikace a klasifikace rizik. Tyto fáze většinou neprobíhají po sobě, ale různě se prolínají. První fází je sběr potřebných informací, cílem druhé fáze je identifikovat procesy a faktory, analyzovat jejich nedostatky a slabá místa, určit potenciální příčiny selhání a případně klasifikovat jejich rizikovost.

Cílem analýzy rizika je obecně vytvořit podklady pro ovládání rizik a poskytnutí podkladů rozhodovateli pro rozhodování o riziku. Výchozí operace analýzy rizika rozdělujeme do tří postupů: identifikace nebezpečí, kvalifikace nebezpečí a kvantifikace rizika. Identifikace dle Tichého (2006, 396 s.) spočívá na třech jednoduchých otázkách, na které je si nutné na začátku analýzy rizika dopovědět.

1. Jaké nepříznivé události mohou nastat?
2. Jaká je pravděpodobnost výskytu nepříznivých událostí?
3. Pokud některá nepříznivá událost nastane, jaké to může mít následky?

Pro rizikovou studii bezpečnosti provozu plynové kotelny a zkoumání možných poruch a následku se tyto obecné otázky dají přeformulovat následně:

1. Jaké poruchy mohou ve vyšetřovaném objektu nebo procesu vzniknout?
2. Jak často mohou poruchy vzniknout?
3. Co všechno se může po vzniku poruchy stát?

Tyto přeformulované otázky jsou pro tuto studii naprosto klíčové a jsou důležitým prvkem pro vypracování analýzy rizika. Je nutné si stále uvědomovat, že cílem analýzy rizika je nalézt reálná nebezpečí, nikoliv absurdní nebezpečí.

Dle Kruliše (2011, 568 s.) je účelem analýzy rizika získat podklady pro včasnou a efektivní prevenci procesních selhání a poruch. Velmi důležitá je v tomto ohledu proaktivní prevence, která musí být důsledná, aby splnila svůj účel, který je především ekonomičnost,

účinnost, spolehlivost a bezpečnost. Proaktivní analýzy mají za cíl tedy identifikovat rizika, zjistit jejich příčiny dříve, než k možným událostem vůbec dojde.

5.1 IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ

První krok analýzy rizik je fáze identifikaci nebezpečí, při které se díváme zpravidla do budoucnosti, a to buď vzdálené, nebo zcela blízké, která je vlastně přítomností. Snahou je identifikovat rizika, kterými se bude proces řízení rizik zabývat. Důkladná identifikace, postavená na dobře navrženém systematickém postupu, je rozhodující, protože riziko neidentifikované v tomto kroku může být v následné analýze vynecháno. Identifikace by měla obsáhnout všechna rizika, která mohou mít souvislost s daným projektem.

Dle Tichého (2006, s. 127-162) je často důležité pochopit, proč se minulá nebezpečí realizovala. Vnímání nebezpečí má významný vliv na rozhodování a chování lidí. Existuje mnoho situací, kdy lidé vnímají nebezpečí jen zčásti anebo jej vůbec nevnímají. Citlivost hodnotitele vůči nebezpečí ovlivňují faktory, jako jsou zkušenost, věk, dobrovolnost a nedobrovolnost expozice vůči nebezpečí, znalost situace, znalost scénáře nebezpečí, informace o změnách nebezpečí, trvání expozice vůči nebezpečí, vzdálenost od poslední realizace nebezpečí v prostoru a čase, povaha následků, možný způsob smrti, pohlaví, osobní situace, důvěra a spoléhání, intenzita znepokojení a další. Vnímání nebezpečí lze za různých okolností s různým cílem samozřejmě snadno ovlivnit různými prostředky.

Základem identifikace jsou dle Tichého (2006, 396 s.) dva nezbytné kroky:

1. *Identifikace segmentů projektu vystavených nebezpečí.*
2. *Identifikace zdrojů nebezpečí, které ohrožují projekt jako celek nebo jeho segmenty.*

5.2 KVANTIFIKACE RIZIKA

Australské a novozélandské standardy pro řízení rizik (2004) uvádí, že: „*Kvantitativní analýza používá číselné hodnoty (spíše než popisné škály uplatňované v kvalitativních a semikvantitativních analýzách) pro následky i jejich pravděpodobnosti, které stanoví pomocí údajů získaných z různých zdrojů.*“

Dle Tichého (2006, 396 s.) si pod pojmem kvantifikace rizika rozumíme úsek, ve kterém se numericky hodnotí a popisuje účinek možné realizace scénářů nebezpečí. Cílem

kvantifikace rizika je odhadnout četnost a závažnost ztrát, které mohou nastat a ohrozit proces. Dále je nutné priorizovat rizika podle jejich hodnoty a dát tedy podklady pro management rizika.

Numericky vyjadřujeme kvantifikaci ve dvou možnostech:

- **Absolutní kvantifikace** vyjadřuje riziko hodnotou pravděpodobné ztráty vyjádřeno v měnových jednotkách, počtu lidských životů, počtu dní pracovní neschopnosti.
- **Relativní kvantifikace** vyjadřuje riziko poměrnou hodnotou vztaženou ke zvolené nebo někým určené základně.

V kvantifikaci rizika se uplatní:

- **Analytické odhady** na základě matematicko-statistické a pravděpodobnostní analýzy.
- **Empirické odhady** založené na zkušenosti, zpravidla jde o relativní kvantifikaci, při empirických odhadech se obvykle používá několik dílčích veličin.

5.3 NÁSTROJE KVANTIFIKACE RIZIKA

Pro analýzu a hodnocení rizik je k dispozici relativně mnoho metod, které jsou založeny na analytických či empirických odhadech a tyto metody jsou následně doplněny o moderní softwarové nástroje.

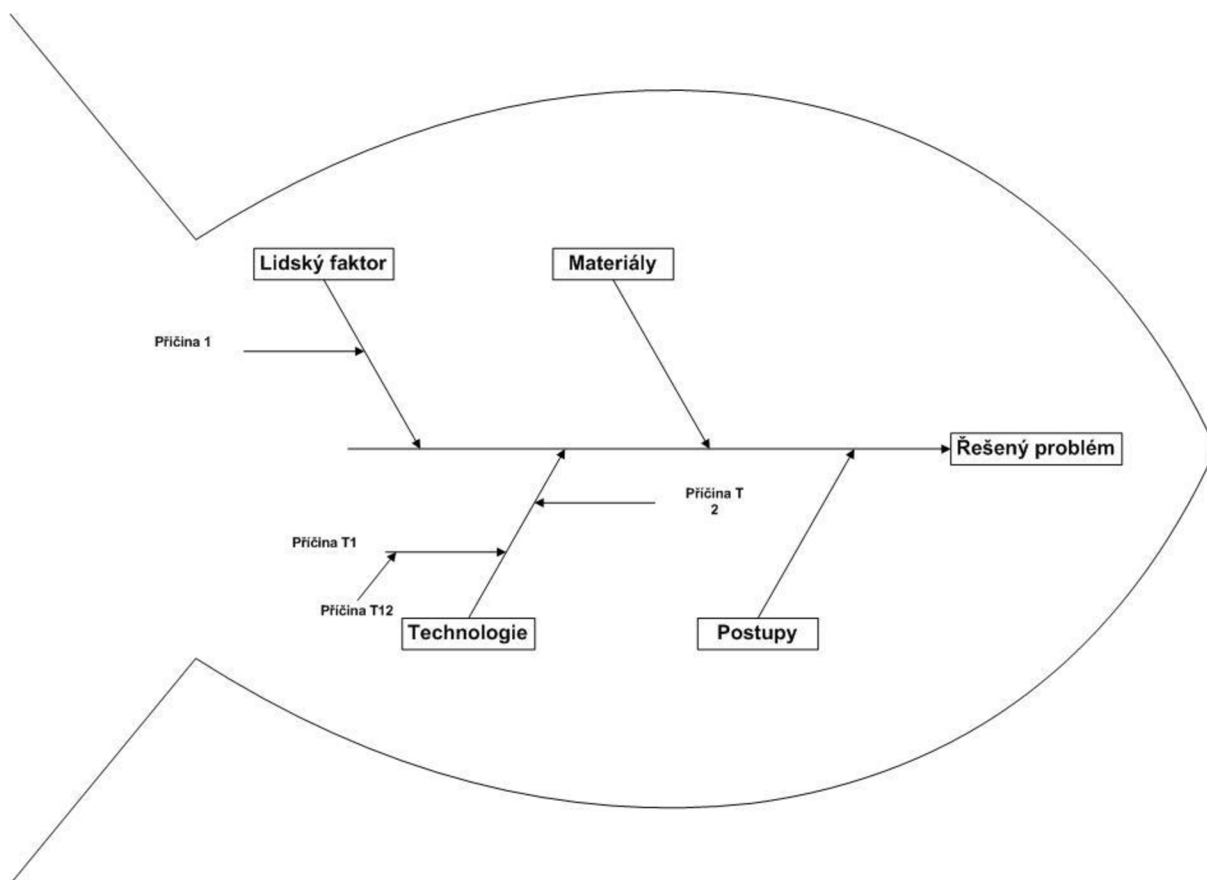
5.3.1 Stromové diagramy

Stromové diagramy patří mezi kauzální analýzy, které představují velmi užitečný nástroj pro provádění rozborů procesů, rizik, událostí a následné rozhodování o nich. Použití diagramů je jednoduché. Tichý (2006, s. 163-196) definuje stromový diagram jako uspořádaný a orientovaný graf, který popisuje vývoj události, procesů nebo rizik. Je to také schematický a zjednodušený popis procesu. Stromové diagramy můžou popisovat objektivní rizika, které vyplývají z fyzikálních událostí nebo subjektivní rizika, které jsou výsledkem teoretických či empirických poznatků.

- strom příčin – hledají se příčiny událostí, které již nastaly nebo teprve mohou nastat,
- diagram následků – hledají se možné následky jedné nebo několika událostí, které již nastaly nebo teprve mohou nastat nebo,
- rozhodovací stromy – dle Merna (s.23-40 , 2007) zobrazují klíčové interakce mezi rozhodnutím a spojenými náhodnými událostmi, ukazují posloupnost rozhodnutí se vzájemnými vztahy a očekávané výstupy za všech možných okolností.

5.3.2 Diagram příčin a následků

Diagram příčin a následků neboli Ishikawa diagram (diagram rybí kosti) patří mezi kauzální metody analýzy rizika. Tato metoda graficky znázorňuje vztah příčin a nežádoucí události resp. následku. Základem diagramu je páteř s hlavou představující cíl, proces, problém apod. Žebra znázorňují kategorie příčin, jednotlivé skupiny příčin se mohou lišit dle řešeného problému.



Obr. 7: vzor Ishikawa diagramu. Zdroj: vlastní.

5.3.3 Riziková matice

UMRA neboli metoda univerzální rizikové analýzy se dělí dle Tichého (2006, 396 s.) na dvě fáze. Verbální část se zaměřuje na identifikaci, tzn. stanovení jednotlivých segmentů projektu a zdrojů nebezpečí, které dané segmenty ovlivňují. Numerická část, při které se odhadují závažnosti nebezpečí a kvalifikace nebezpečí dle odhadnutých závažností.

Následky			Pravděpodobnost				
			A	B	C	D	E
Lidé	Majetek	Environment	Velmi nepravděpodobná (10^{-5})	Něpravděpodobná (10^{-2})	Nizká (10^{-2})	Střední výskyt (10^{-1})	Častá (1)
0	Žádné zranění	Nulová škoda	Nulová škoda				
1	Lehké zranění	Škoda malého rozsahu	Škoda malého rozsahu	Nizké riziko			
2	Více lehkých zranění	Škoda středního rozsahu	Lehká škoda bez větších následků				
3	Závažné poranění	Velká škoda lokálního rozsahu	Škoda ovlivňující nejbližší okolí			Střední riziko	
4	Smrtelné zranění nebo mnohonásobné poranění	Velká škoda	Velká škoda ovlivňující okolí			Vysoké riziko	
5	Smrtelná zranění	Mimořádná škoda velkého rozsahu	Mimořádná škoda S dlouhodobým efektem				

Tab. 4: Riziková matice. Zdroj: vlastní.

5.3.4 FMEA

Metoda *Failure Mode and Effect Analysis* je jedna z nejrozšířenějších expertních metod a s její pomocí se provádí analýza rizik a selhání. Dle Petrášové (2008, 143 s.) je FMEA analytickou metodou, která se používá s cílem zajistit zohlednění a řešení potencionálních problémů v průběhu procesů, výroby apod. Součástí hodnocení a analýzy je posuzování rizik a použití této metody by mělo zajistit, že se bude věnovat pozornost každému prvku v rámci daného projektu. FMEA, jako nástroj posuzování rizik, se považuje za metodu pro identifikování závažnosti možných důsledků poruchy a pro zajištění vstupu pro zmírňující opatření ke snížení rizika. FMEA zahrnuje také odhad pravděpodobnosti výskytu příčin poruchy a jejich výsledných způsobů poruch.

Proces použití metody FMEA můžeme rozdělit na dvě základní fáze, které Tichý (2006, s. 163-196) identifikuje takto:

- Verbální fáze - zaměření na vznik možných poruch, možných způsobů a následků poruch, fáze realizována v týmu tzv. brainstormingem.

- Numerická fáze - zaměřuje se na tři parametrický odhad rizik tzv. RPN - Risk Priority Number, které je součinem závažnosti důsledků, pravděpodobnosti výskytu a zjistitelnosti rizika.

FMEA												
Funkce	Riziko	Příčina	Následek	Význam	Pravděpodobnost	Odhalitelnost	RPN	Opatření	Význam	Pravděpodobnost	Odhalitelnost	RPN

Tab. 5: Vzorový formulář FMEA. Zdroj: vlastní.

- **Funkce** – může se jednat o funkci procesu, část výrobku nebo také segment daného projektu, ve kterém hrozí nějaké riziko.
- **Riziko** – riziko hrozící v dané funkci procesu, části výrobku nebo v segmentu projektu.
- **Příčina** – následek realizace daného rizika.
- **Následek** – důsledek vzniku daného rizika.
- **Význam** – většinou se hodnotí číselně ve stupnici 1 – 10 (Nula se nezahrnuje z důvodu násobku jednotlivých sloupců.).
- **Pravděpodobnost** – možná realizace rizika. Hodnotí se číselně ve stupnici 1–10 (Nula se nezahrnuje z důvodu násobku jednotlivých sloupců.).
- **Odhalitelnost** – číselně se hodnotí, jak je riziko odhalitelné. Stupnice hodnocení bývá obvykle v rozmezí 1 – 10 (1 – lehce odhalitelné, 10 – neodhalitelné).
- **RPN** – pravděpodobnostní číslo, které dostaneme součinem významu, pravděpodobnosti a odhalitelnosti. Udává velikost a určuje míru nebezpečí daného rizika.
- **Opatření** – zahrnuje navržené opatření pro dané riziko. Cílem opatření je snížit pravděpodobnost výskytu, respektive RPN daného rizika.

5.3.5 Další metody

Mezi další nástroje pro kvantifikaci rizika můžeme zařadit i tyto následující metody:

- **Metoda Monte Carlo** – dle Tichého (2006, 396 s.) je to simulační metoda založená na využití posloupností náhodných nebo pseudonáhodných čísel. Existuje několik způsobů aplikace této metody.

Dle Ministerstva vnitra (GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HZS ČR. [online]) mezi metody kvantifikace rizika řadíme i tyto následující:

- **Check list (kontrolní seznam)** – je postup založený na systematické kontrole plnění předem stanovených podmínek a opatření. Seznamy kontrolních otázek (checklists) jsou zpravidla generovány na základě seznamu charakteristik sledovaného systému nebo činností, které souvisejí se systémem a potenciálními dopady, selháním prvků systému a vznikem škod.
- **Safety audit (bezpečnostní audit)** – je postup hledající rizikové situace a navržení opatření na zvýšení bezpečnosti. Metoda představuje postup hledání potenciálně možné nehody nebo provozního problému, který se může objevit v posuzovaném systému.
- **Process Quantitative Risk Analysis – QRA (analýza kvantitativních rizik procesu)** – Kvantitativní posuzování rizika je systematický a komplexní přístup pro predikci odhadu četnosti a dopadů nehod pro zařízení nebo provoz systému. Analýza kvantitativních rizik procesu je koncept, který rozšiřuje kvalitativní (zpravidla verbální) metody hodnocení rizik o číselné hodnoty. Algoritmus využívá kombinaci (propojení) s jinými známými koncepty a směřuje k zavedení kritérií pro rozhodovací proces, potřebnou strategii a programy k efektivnímu zvládnání (řízení) rizika.
- **Metoda HAZOP (Hazard and Operability study = analýza ohrožení a provozuschopnosti)** – je postup založený na pravděpodobnostním hodnocení ohrožení a z nich plynoucích rizik. Jde o týmovou expertní multioborovou metodu. Hlavním cílem analýzy je identifikace scénářů potenciálního rizika. Experti pracují na společném zasedání formou brainstormingu. Soustředí se na posouzení rizika a provozní schopnosti systému (operability problems). Pracovním nástrojem jsou tabulkové pracovní výkazy a dohodnuté vodící výrazy (guidewords). Identifikované, neplánované nebo nepřijatelné dopady jsou formulovány v závěrečném doporučení, které směřuje ke zlepšení procesu.

6 RIZIKOVÉ FAKTORY

V dnešní době je technická úroveň výroby technických zařízení a jejich konstrukcí spolehlivá a bezpečná. Proces výroby, ověřování a zkoušení, kde výrobce postupuje v souladu s požadavky příslušných směrnic, norem, nařízení či zákonů nám dává jistotu, že zařízení které prošlo tímto režimem, se v řádném provozu chová spolehlivě. Bezpečnost provozu plynových zařízení je přímo úměrná vyskytujícím se rizikům na těchto zařízeních a rizika zde můžeme rozdělit na dvě základní oblasti a to konkrétně na:

- plynárenská zařízení,
- plynová odběrná zařízení.

Jednotlivé oblasti můžeme dále členit na rizika způsobená technickým zařízením nebo lidským faktorem. Mezi nejzávažnější rizika patřící pod technickou úroveň plynového zařízení řadíme únik plynu, větrání prostředí, únik spalin a elektrostatické nabíjení. Lidský činitel se podílí především na samotném uvedení do provozu, nedodržení zásad bezpečného provozu, narušení zařízení při údržbářských pracích a při odvětrávání. Dle dlouhodobých statistik vyplývá, že se na počtech havárií a nehod podílí vyšší měrou lidský faktor. Často dochází k tzv. „dominoefektu“, kdy dojde k souběhu více pochybení najednou. Jedná se především o drobné nedostatky ve formě nevhodného návrhu zařízení do konkrétních prostor, chybné a nedůsledné montáže, nedbající na pokyny výrobce a platné předpisy a porušení pravidel užívání. Důsledek „dominoefektu“ se může projevit jako únik plynu a následný výbuch či požár nebo při zcela chybném systému odvětrávání a přívodu vzduchu, kdy může dojít k zahlcení prostoru spalinami a následné otravě.

6.1 ÉRA SVÍTIPLYNU

Pro pochopení a vytvoření ucelené představy o rizikových faktorech je dobré se podívat pár let zpátky, kdy místo zemního plynu byl používán svítiplyn. Éra svítiplynu (neboli městského plynu, jak byl nazýván ve většině zemí) vyrobeného z uhlí nebo kapalných uhlovodíků, trvala až do druhé poloviny 20. století (v České republice byla výroba svítiplynu ukončena v roce 1996), kdy se začal stále více uplatňovat zemní plyn.

Dle Fíka (*Lexikon spalování plynu: aktualizované informace pro technické, marketingové a vzdělávací využití*. 2000, 312 s.) je svítiplyn plynné palivo a převažujícím podílem vodíku, vyráběné zplyňováním hnědého uhlí. Poprvé se začal používat v roce 1847 pro veřejné osvětlení ulic a až do osmdesátých let dvacátého století byl hlavním plynem pro

domáci i průmyslové spotřebiče. Původně se vyráběl v městských plynárnách a v posledních letech se tak dělo tlakovým zplyňováním hnědého uhlí v tlakových plynárnách Úžin a Vřesová. Pro krytí špičkových potřeb se svítiplyn vyráběl štěpením zemního plynu v plynárnách Měcholupy a Úžin. Ke spotřebitelům byl rozváděn soustavou vysokotlakých plynovodů. Složení svítiplynu je H₂ (47%), CO (8 – 9 %), CO₂ (2%), N₂ (4 – 5%) a CH₄ (26 – 6%). Hustota svítiplynu je 0,648 kg.m⁻³ a výhřevnost je 15,69 MJ.m⁻³. V porovnání se zemním plynem dosahuje lepších vlastností týkající se rozvodu a spalování, ovšem sám o sobě je toxický díky obsahu oxidu uhelnatého. Mimo riziko možného výbuchu při používání svítilny v domácnostech zde bylo také především riziko otravy, která končila ve většině případů fatálně. Důvod nahrazení svítiplynu zemním plynem byl z důvodu již zmíněné toxicity, ale především z důvodů ekonomických i ekologických.

6.2 UMÍSTĚNÍ KOTELNY

Dle ČSN 07 0703 (*Kotelny se zařízeními na plyná paliva*. 2005) se kotelny II. a III. kategorie mohou zřizovat ve zvláštních místnostech, ve sklepech, v suterénech, v posledním podlaží nebo na střeších budov. Kotelna III. kategorie může být také umístěna ve vyhrazeném prostoru nebo v samostatné místnosti stavby. Jednotlivá umístění sebou nesou určitou míru rizika. V případě vzniku negativní události v podobě výbuchu je riziko u kotelny umístěné v sklepech, či v suterénu budovy větší než u kotelen umístěných na střeše nebo v posledním podlaží. Výbuch kotelny umístěné v dolní části budovy může mít za důsledek porušení statiky základů, z toho plynoucí zhroucení budovy a škody nejenom ekonomické, ale především ztráty na životech. Kotelna umístěná v horních částech budovy je tedy z tohoto pohledu bezpečnější, i když případný výbuch způsobí také škody, ovšem menší než v opačném případě.

Přesto se však v dřívějších projektech nových budov instalovali kotelny do sklepů či suterénů. Důvodem jsou fyzikální vlastnosti vody. Voda při zahřívání zvětšuje svůj objem, stává se lehčí, stoupá v topném systému nahoru a samovolně vytlačuje studenou vodu. Do kotelen nemusela být instalována expanzní nádoba řešící tlak vody. Z bezpečnostního hlediska je výhodnější kotelny instalovat na střechu, či posledního nadzemního podlaží i za cenu instalování expanzní nádoby pro natlakování systému topení.

6.3 ZAŘÍZENÍ KOTELNY

Pro ucelený pohled na rizikové faktory je nutné se věnovat uspořádání jednotlivých spotřebičů a prvků kotelny. Zařízení začíná hlavním uzávěrem kotelny (HUK) a končí kotlem vytápěným plyným palivem s výstupem teplé vody to topného okruhu a odvodem spalin do kouřovodů. Při instalaci spotřebičů v prostoru hrozí riziko nedodržení podmínek stanovených pro eliminaci krátkodobých mezních stavů a zásad provozu stanovených výrobcem. Problémem mohou být také nedostatečné podmínky pro infiltraci vzduchu, přívod spalovacího vzduchu a chybné řešení odvodu spalin.

Dle ČSN 07 0703 (*Kotelny se zařízeními na plyná paliva*, 2005) musí být kotelna vybavena detekčním systémem se samočinným uzávěrem plyného paliva, který uzavře přívod plyného paliva do kotelny při překročení předem stanovených mezních parametrů. Detekční systém je potřeba pravidelně kontrolovat, zda plní svoji funkci dle předepsaných parametrů. V opačném případě hrozí riziko nedetekování úniku ZP a následného výbuchu.

U kotelen, nacházejících se v samostatné místnosti je vhodné instalovat protipožární dveře, které omezí následky případného rizika vzniku požáru, či výbuchu v kotelně. Dveře je nutné označit bezpečnostní tabulkou s nápisem "KOTELNA – NEPOVOLANÝM VSTUP ZAKÁZÁN", popřípadě dalšími bezpečnostními nápisy.

Prostory kotelen a prostory souvisejících s jejich provozem musí být účinně větrány za všech provozních režimů. Do prostoru, ve kterém jsou umístěny kotle, musí být zajištěn dostatečný přívod vzduchu potřebný pro spalování popř. k vyrovnání komínového tahu a pro požadovanou výměnu vzduchu. Způsob větrání nesmí negativně ovlivnit funkci hořáku a odvodu spalin.

6.4 PRVKY KOTELNY

Nízkotlaká plynová kotelna III. kategorie se skládá z následujících segmentů, které na sebe vzájemně navazují.

Jedná se o venkovní plynovod vstupující do budovy v posledním nadzemním podlaží, hlavní uzávěr kotelny, plynovod vedoucí z HUK do odběrných plynových zařízení, soustava závěsných kondenzačních kotlů a napojení hořáků na kouřovod, resp. přívod vzduch a odvod spalin komínovou cestou mimo budovu. V každém segmentu jsou armatury a jednotlivé uzávěry, které tvoří nedílnou součást kotelny, stejně tak jako vstupující lidský faktor.

V následujících podkapitolách jsou popsány jednotlivé segmenty kotelny, včetně možností vzniku jednotlivých rizik.

6.4.1 Hlavní uzávěr kotelny

Dle ČSN 07 0703 (*Kotelny se zařízeními na plynná paliva*, 2005) je definován jako uzávěr sloužící k uzavření přívodu plynného paliva do kotelny, zpravidla je jím hlavní uzávěr plynu (HUP). Uzávěry plynu jsou jednou z nejběžnějších a zároveň nejdůležitějších součástí odběrného plynového zařízení. Slouží k uzavření přívodu plynu do celého odběrného plynového zařízení, do jeho části nebo do určitého zařízení. Při umístění HUK uvnitř budovy je nutné vybavit jej samočinným protipožárním uzávěrem, který automaticky zastaví přívod plynu v případě požáru a eliminuje tak vysoké riziko výbuchu. Problémy mohou nastat při úniku plynu, způsobeného netěsnícím těsněním u ventilů a armatur.

Hlavní uzávěr musí být umístěn mimo kotelnu na snadno přístupném místě a označen tabulkou. Současně musí být vyznačena přístupová cesta k tomuto uzávěru. Konstrukce hlavního uzávěru kotelny musí umožňovat i ruční ovládání.

6.4.2 Plynovod

Při vedení plynovodů v budově je potřeba se vyhnout dutým a nepřístupným respektive nekontrolovatelným prostorům, kde by únik plynu nebyl nikterak detekován a riziko výbuchu v takovém případě nelze eliminovat. Plynovod by neměl být umístěn ve vlhkém prostředí, kde hrozí riziko koroze s následkem úniku plynu. Taktéž by měl být plynovod chráněn proti mechanickému poškození, měla by být dodržena bezpečná vzdálenost od ostatních instalací a plynovod by měl být řádně ukotven. Riziko úniku plynu hrozí také u šroubovaných spojů plynovodu, bezpečnější jsou v tomto ohledu plynovody svařované.

6.4.3 Armatury

U armatur se rizika vyskytují především při skrytých vadách materiálů, ale nebezpečí vzniku rizika hrozí při mechanickém namáhání profilů (připojení armatur apod.). Problémem však může být i neovladatelnost, nefunkčnost armatur a jejich bezpečnostních prvků, těsnění spojů, vliv utahovacích momentů a opotřebení z titulu stárnutí.

6.4.4 Kondenzační kotel

Kondenzační kotel GEMINOX THRi 10-50 je dle výrobce vyroben v souladu s požadavky příslušných evropských směrnic a norem. Jmenovitě to jsou směrnice 90/396 EEC, 92/42 EEC, 73/23 EEC, 89/336 EEC, 97/23 EEC odstavec 3.3 a normy EN 437, EN 483, EN 677, EN 60335.1, EN 55014, EN 55104.

Při umístění kotle v místnostech je nutné dodržet a respektovat pokyny od výrobce a projektu. Nedodržení doporučených vzdáleností, v horším případě nepřístupnosti kotle, hrozí v případě poruchy riziko vzniku požáru, úniku spalin a v krajním případě výbuchu.

Potenciální riziko může vzniknout při odvodu kondenzátoru do kanalizace. V kondenzačních kotlích jsou zpravidla umístěny zápachové uzávěrky, které u kanalizací mají funkci zabránění šíření zápachu. U kondenzačních kotlů má zápachová uzávěrka jiný význam a tím je vytvoření dostatečného vodního sloupce jako protitlaku kotlového ventilátoru a tahu komína. V důsledku provedení odkouření a provedení kanalizace těsnými spoji se umožní vysávání zápachové uzávěrky kotle a možné šíření spalin kanalizačním systémem. Spaliny se tak mohou nepozorovaně šířit objekty a v některých místnostech, s netěsnou kanalizací, unikat a způsobit otravu u živých organismů.

V kotli mohou také vznikat trhliny z více důvodů, například při ztrátě vody nebo při nerovnoměrném tepelném toku uvnitř kotle. Riziko vzniká také při deformacích výhřevných ploch kotle, které mají za následek roztržení kotle, vznik požáru či výbuch.

Provoz kotle je řízen automaticky počítačovou multifunkční řídicí jednotkou Siemens LMU 64 a v případě vzniku závady je kotel odstaven a je nutné kontaktovat výrobce. Osoba odpovědná za chod kotelny nemá oprávnění k vnitřnímu zásahu a opravě kotlové jednotky, ale jejím úkolem je kontaktovat a nahlásit problémovou situaci výrobcí. Přesto však v praxi dochází k znečištění výměníku, které má za následek nedokonalé spalování s vysokým obsahem oxidu uhelnatého ve spalinách. Při zanesení výměníku dochází k omezení průtoku spalin do kouřovodu. V důsledku toho se spaliny hromadí pod výměníkem a nad hořákovou sestavou. Vlivem špatné průchodnosti spalin výměníkem dochází při plném výkonu kotle k částečnému obtékání spalin vnější části výměníku a jejich pronikání podél krytu kotle do místnosti a spaliny tak mohou způsobit otravu CO.



Obr. 8: Svítivý plamen nedokonalého spalování. Zdroj: www.tzb-info.cz

6.4.5 Přívod vzduchu a odvod spalin

Nutností pro provoz plynových kotlů je jednak dostatečný přívod spalovacího vzduchu a jednak spolehlivý odvod spalin od spotřebiče paliv, bez ohledu na jejich teplotu. Spaliny je třeba spolehlivě odvést nad střechu objektu, čímž se minimalizujeme riziko negativního působení spalin na fasádu a otvory v ní umístěné. Při špatném napojení kotlové jednotky na kouřovod hrozí riziko úniku spalin. Riziko úniku spalin do prostor kotelny s následnou otravou hrozí také při zpětném toku spalin zpět do kotle v případě, kdy dojde k problémům při odvodu spalin komínovým průduchem. Při nedostatečném přívodu spalovacího vzduchu dochází v hořáku kotle k nedokonalému spalování, tudíž vzniku CO. Při chybném vyústění odvodu spalin a sání vzduchu od plynového spotřebiče, které má za následek vypadávání spotřebiče z provozu v důsledku přisávání spalin do sání vzduchu pro spalování.

Problém nastává se znečištěným výměníkem, jak již bylo výše zmíněno, špatně průchodným pro spaliny. Spaliny pak obtékají výměník, hromadí se u ústí hořáku a způsobují nedokonalé spalování s tvorbou velkého množství CO. Spaliny odcházejí prostorem mezi výměníkem a krytem kotle do okolí.



Obr. 9: Příklad zaneseného výměníku. Zdroj: <http://servisplynospotrebicu.webnode.cz>

Dle Ministerstva životního prostředí České republiky (*Integrovaný registr znečišťování* [online]) je ekologickým rizikem vznik oxidů dusíku (NO_x), který vzniká při spalování zemního plynu. Směs oxidu dusnatého a oxidu dusičitého vzniká při spalování každého paliva v případě, že pro spalování je využíván vzduch. Zemní plyn má ale ve srovnání s pevnými a kapalnými palivy jednu výhodu – neobsahuje žádné dusíkaté látky, takže oxidy dusíku mohou vznikat právě jen ze vzdušného dusíku. Jejich tvorba je závislá na teplotě spalování – čím je teplota vyšší, tím je vyšší i tvorba NO_x . Oxid dusičitý je společně s oxidy síry součástí takzvaných kyselých dešťů, které mají negativní vliv například na vegetaci, stavby, vodní plochy, toky a také na zdraví člověka. Oxid dusnatý je také jedním ze skleníkových plynů. Kumuluje se v atmosféře a společně s ostatními skleníkovými plyny absorbuje infračervené záření zemského povrchu, které by jinak uniklo do vesmírného prostoru, a přispívá tak ke vzniku tzv. skleníkového efektu a následně ke globálnímu oteplování planety.

6.4.6 Kvalita vody

Tvrdost vody zapříčiňuje usazování vodního kamene, který snižuje životnost všech zařízení a výrazně zvyšuje jejich náklady na provoz. Problém s kvalitou vody, která vstupuje do topné jednotky, ve většině případů způsobí zanesení výměníku, jehož význam je vysvětlen v kapitole 6.4.4. Dále dochází ke vzniku tzv. kotelního kamene, který má velmi

malou tepelnou vodivost, a proto snižuje účinnost kotlů. Jeho usazení ve větších vrstvách je navíc nebezpečné, protože může dojít k nedostatečnému nebo nerovnoměrnému ochlazování kotlové stěny vodou a tím jejímu vyhřátí nebo prasknutí a následné explozi kotle.

6.5 LIDSKÝ FAKTOR

Dle Tichého (2006, 396 s.) mohou být osoby z hlediska vztahu k nebezpečí ve všech svých formách:

- zdrojem nebezpečí (aktivní funkce),
- nezúčastněné (neutrální funkce),
- zprostředkovatelem nebezpečí (neutrální funkce),
- příjemcem nebezpečí (pasivní funkce).

Kterákoliv osoba může v analýze rizika vystupovat v jisté etapě aspektu projektu jako příjemce nebezpečí, v další etapě jako zdroj nebezpečí a jinde může být neutrální.

Z hlediska vztahu k riziku se osoby uplatní ve čtyřech situacích:

- příjemce rizika,
- nositel rizika,
- hodnotitel rizika,
- rozhodovatel.

Podíl lidského faktoru na rizikových událostech je, jak již bylo zmíněno výše, vyšší než u samotného technického zařízení. Velkou roli v tom sehrává plnění respektive neplnění povinností z titulu funkce osoby zodpovědné za provoz odběrného plynového zařízení. Konkrétně se jedná o absenci kontroly a revize zařízení, provádění oprav a zásahů bez potřebné koordinace, nesystémové zajišťování prací při rekonstrukcích, rozšiřování a zřizování OPZ. Důležitý je systém odstraňování závad, vedení provozní dokumentace včetně aktualizace a připravené řešení pro případ poruch, nehod či havárií.

7 VYHODNOCENÍ RIZIKOVÝCH FAKTORŮ

Po analyzování jednotlivých rizikových faktorů, hrozících v plynové kotelně je třeba udělat vyhodnocení, na základě kterého se dá udělat rozhodnutí o rizicích a jejich možných opatřeních. Pro vyhodnocení rizik byly použity nástroje kvantifikace rizika, konkrétně diagram příčin a následků Ishikawa (diagram rybí kosti), zkoumající jednotlivé příčiny možných rizik a metoda FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), která identifikuje závažnosti možných důsledků jednotlivých rizik a zabývá se také návrhem nápravného opatření, které má za cíl snížit pravděpodobnost výskytu daného rizika.

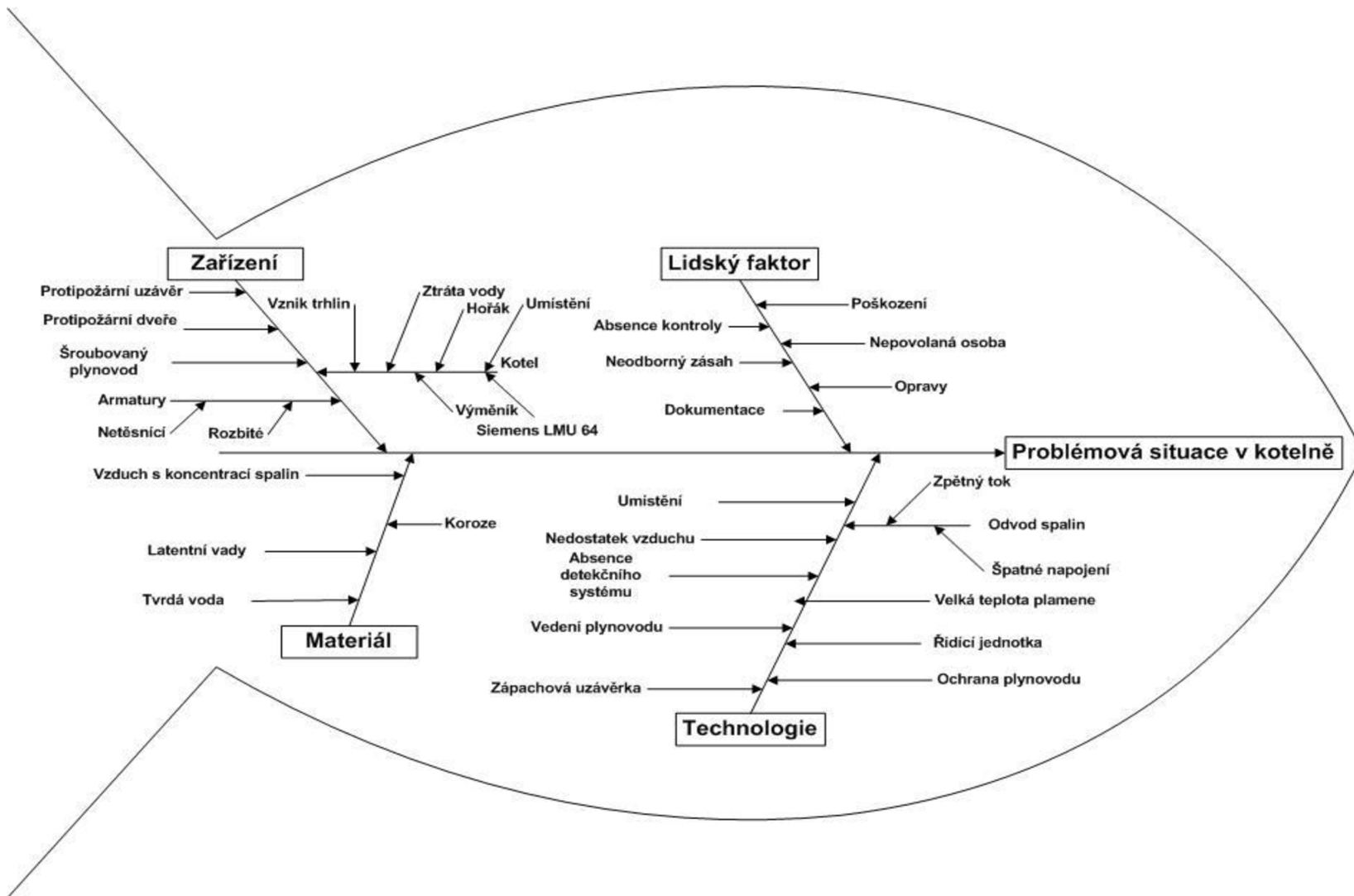
7.1 ISHIKAWA DIAGRAM

Jak již bylo výše zmíněno, diagram příčin a následků neboli Ishikawa diagram (diagram rybí kosti) patří mezi kauzální metody analýzy rizika a graficky znázorňuje vztah příčin a nežádoucí události resp. následku. Základem diagramu je páteř s hlavou, která představuje vznik problémové situace v kotelně. Dle Janíčka (2007, s 32) je problémová situace definována jako: „ *Problémová situace je nestandardní situace, odlišná od situace běžné, a to v tom, že její vyřešení vyžaduje použít i jiné než rutinní, tj. známé, resp. I algoritmizované, činnosti.* “. Jednotlivé skupiny příčin se mohou lišit dle řešeného problému.

Žebra páteře pak znázorňují kategorie příčin, konkrétně to jsou tyto následující kategorie:

- Zařízení,
- lidský faktor,
- materiál,
- technologie.

Do jednotlivých kategorií jsou pak přiřazeny konkrétní příčiny, které mohou v důsledku ovlivnit a především způsobit vznik problémové situace v kotelně. S výstupem z diagramu příčin a následků je dále pracováno v metodě FMEA, kde jsou analyzovány jednotlivé příčiny a jsou k nim přidělena rizika.



Obr. 10: Ishikawa diagram znázorňující možné příčiny problémové situace. Zdroj: vlastní.

7.2 FMEA

Metoda FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) je jedna z nejrozšířenějších expertních metod a s její pomocí se provádí analýza rizik a selhání. Součástí hodnocení a analýzy je posuzování rizik a použití této metody by mělo zajistit, že se bude věnovat pozornost každému prvku v rámci daného projektu.

V první fázi, která se nazývá verbální, bylo zacíleno na vznik možných poruch, možných způsobů a následků poruch, přičemž byl zohledněn výstup z diagramu příčin a následků. Kotelna byla rozdělena do jednotlivých segmentů, kde byla nalezena příslušná rizika hrozící v daném segmentu v závislosti na příčině. Rizika byla dále označena a byl stanoven jejich důsledek (resp. následek) hrozící při realizaci rizika.

V druhé fázi, tzv. numerické, se daným rizikům na základě zjištěných skutečností přidělila jejich pravděpodobnost výskytu, význam, odhalitelnost a RPN (Risk priority number), které je dáno součinem právě výše zmíněných hodnot. Číselné charakteristiky byly stanoveny v intervalu od jedné do desíti, přičemž jedna je v případě pravděpodobnosti výskytu nejmenší a deset je velká pravděpodobnost výskytu. Co se týče významu, tak jednička znamená malý význam a deset velký. U odhalitelnosti jednička znamená, že riziko je dobře odhalitelné a desítka znamená, že riziko je prakticky neodhalitelné.

Pravděpodobnostní číslo (RPN) je tedy stanoveno součinem pravděpodobnosti výskytu, významu a odhalitelnosti a udává velikost a míru nebezpečí daného rizika. Důležité je stanovení hranice, od které se riziko bere jako hrozba a je potřeba zavést preventivní opatření snižující pravděpodobnost výskytu. V našem případě byla tato hranice stanovena od 150 bodů (včetně) a výš. Pro rizika překračující tuto hranici bylo navrženo opatření, snižující pravděpodobnost výskytu. V případě, že by i po zavedení opatření a snížení pravděpodobnosti výskytu bylo RPN vyšší nebo rovno rizikové hranici 150 bodů je nutno navržené opatření analyzovat a nalézt jiné vhodnější.

S ohledem na stanovení následků provozních a bezpečnostních rizik bylo nutné metodu FMEA provést ve dvojím provedení. První provedení se zaměřilo na jednotlivá rizika a jejich vztah k poškození majetku, resp. provozní rizika kdy důsledek realizace rizika má dopad především na budovu nebo kotelnu. Druhé provedení hodnotí rizika s pohledu bezpečnosti a možné újmy na lidských životech a zdraví. Jednotlivé verze se tedy od sebe liší především v následcích, ale také v jejich významu, který se promítne do hodnotícího čísla RPN.

Segment	Riziko	Označení	Příčina	Následek	Význ.	Prav.	Odh.	RPN	RPN >=150
Kotelna	Rozšíření požáru do budovy	R _{M1}	Absence protipožárních dveří	Poškození budovy	10	2	1	20	NE
	Výbuch	R _{M2}	Špatné umístění	Poškození budovy	10	3	1	30	NE
HUK	Únik plynu	R _{M3}	Mechanické poškození	Výbuch plynu	9	4	3	108	NE
	Výbuch	R _{M4}	Nefunkční protipožární uzávěr	Poškození budovy	10	2	5	100	NE
	Únik plynu	R _{M5}	Netěsnící armatury	Výbuch plynu	9	6	6	324	ANO
Plynovod	Únik plynu	R _{M6}	špatné spoje	Výbuch plynu	9	5	4	180	ANO
	Nedetekování úniku plynu	R _{M7}	Vedení plynovodu	Hromadění plynu s následným výbuchem	9	4	7	252	ANO
	Únik plynu	R _{M8}	Koroze	Výbuch venkovního plynovodu	7	3	4	84	NE
	Únik plynu	R _{M9}	Mechanické poškození	Výbuch plynu	9	2	2	36	NE
Armatury	Únik plynu	R _{M10}	Netěsnost	Výbuch plynu	9	6	6	324	ANO
	Únik plynu	R _{M11}	Opotřebovanost, neovladatelnost, nefunkčnost	Výbuch plynu	9	7	7	441	ANO

Tab. 6: FMEA s ohledem na provozní rizika, část 1. Zdroj: vlastní.

Segment	Riziko	Označení	Příčina	Následek	Význ.	Prav.	Odh.	RPN	RPN >=150
Kotel	Požár	R _{M12}	Špatné umístění	Poškození kotelny	7	2	4	56	NE
	Únik spalin	R _{M13}	Špatná zápachová uzávěrka	Únik CO	2	2	5	20	NE
	Nedokonalé spalování	R _{M14}	Znečištění výměníku	Únik CO	2	5	4	40	NE
	Vznik NOx	R _{M15}	Vysoká teplota plamene	Vznik skleníkových plynů	2	3	9	54	NE
	Nekontrolovatelnost kotle	R _{M16}	Pokažení řídicí jednotky	Přehřátí kotle	6	4	2	48	NE
	Vznik trhlin	R _{M17}	Ztráta vody	Přehřátí kotle	6	3	2	36	NE
	Roztržení kotle	R _{M18}	Deformace výhřevných ploch kotle	Výbuch kotle	7	3	6	126	NE
	Vznik kotelního kamene	R _{M19}	Tvrdá voda	Znečištění výměníku	5	7	9	315	ANO
	Nedokonalé spalování	R _{M20}	Nedostatek přísunu vzduchu	Vznik CO	2	4	3	24	NE
Odvod spalin	Únik spalin	R _{M21}	Zpětný tok spalin	Únik CO	2	7	5	70	NE
	Únik spalin	R _{M22}	Špatné napojení na kouřovod	Únik CO	2	6	5	60	NE
Lidský faktor	Vznik požáru	R _{M23}	Neodborný zásah	Poškození kotelny	7	2	3	42	NE
	Výbuch	R _{M24}	Nedostatečná kontrola	Poškození kotelny	7	7	6	294	ANO
	Neovladatelnost prvků kotelny	R _{M25}	Špatné vedení dokumentace	Únik plynu, výbuch	8	7	7	392	ANO
	Neodborný zásah	R _{M26}	Nepovolaná osoba	Poškození kotelny	7	5	6	210	ANO

Tab. 7: FMEA s ohledem na provozní rizika, část 2. Zdroj: vlastní.

Segment	Riziko	Označení	Příčina	Následek	Význ.	Prav.	Odh.	RPN	RPN >=150
Kotelna	Rozšíření požáru do budovy	R _{Z1}	Absence protipožárních dveří	Mnohočetná zranění	10	2	1	20	NE
	Výbuch	R _{Z2}	Špatné umístění	Mnohočetná zranění	10	3	1	30	NE
HUK	Únik plynu	R _{Z3}	Mechanické poškození	Mnohočetná zranění	10	4	3	120	NE
	Výbuch	R _{Z4}	Nefunkční protipožární uzávěr	Mnohočetná zranění	10	2	5	100	NE
	Únik plynu	R _{Z5}	Netěsnící armatury	Mnohočetná zranění	10	6	6	360	ANO
Plynovod	Únik plynu	R _{Z6}	špatné spoje	Mnohočetná zranění	10	5	4	200	ANO
	Nedetekování úniku plynu	R _{Z7}	Vedení plynovodu	Mnohočetná zranění	10	4	7	280	ANO
	Únik plynu	R _{Z8}	Koroze	Mnohočetná zranění	10	3	4	120	NE
	Únik plynu	R _{Z9}	Mechanické poškození	Mnohočetná zranění	10	2	2	40	NE
Armatury	Únik plynu	R _{Z10}	Netěsnost	Mnohočetná zranění	10	6	6	360	ANO
	Únik plynu	R _{Z11}	Opotřebovanost, neovladatelnost, nefunkčnost	Mnohočetná zranění	10	7	7	490	ANO

Tab. 8: FMEA s ohledem na bezpečnostní rizika, část 1. Zdroj: vlastní.

	Riziko	Označení	Příčina	Následek	Význ.	Prav.	Odh.	RPN	RPN >=150
Kotel	Požár	R _{Z12}	Špatné umístění	Mnohočetná zranění	10	2	4	80	NE
	Únik spalin	R _{Z13}	Špatná zápachová uzávěrka	Otrava	9	2	5	90	NE
	Nedokonalé spalování	R _{Z14}	Znečištění výměníku	Otrava	9	5	4	180	ANO
	Vznik NOx	R _{Z15}	Vysoká teplota plamene	Vznik skleníkových plynů	5	3	9	135	NE
	Nekontrolovatelnost kotle	R _{Z16}	Pokazení řídicí jednotky	Menší úraz obsluhy	6	4	2	48	NE
	Vznik trhlin	R _{Z17}	Ztráta vody	Menší úraz obsluhy	6	3	2	36	NE
	Roztržení kotle	R _{Z18}	Deformace výhřevných ploch kotle	Úraz obsluhy	7	3	6	126	NE
	Vznik kotelního kamene	R _{Z19}	Tvrdá voda	Menší úraz obsluhy	6	7	9	378	ANO
	Nedokonalé spalování	R _{Z20}	Nedostatek přísunu vzduchu	Otrava	9	4	3	108	NE
Odvod spalin	Únik spalin	R _{Z21}	Zpětný tok spalin	Otrava	9	7	5	315	ANO
	Únik spalin	R _{Z22}	Špatné napojení na kouřovod	Otrava	9	6	5	270	ANO
Lidský faktor	Vznik požáru	R _{Z23}	Neodborný zásah	Úraz obsluhy	7	2	3	42	NE
	Výbuch	R _{Z24}	Nedostatečná kontrola	Mnohočetná zranění	10	7	6	420	ANO
	Neovladatelnost prvků kotelny	R _{Z25}	Špatné vedení dokumentace	Úraz obsluhy	7	7	7	343	ANO
	Neodborný zásah	R _{Z26}	Nepovolaná osoba	Těžší zranění osoby	7	5	6	210	ANO

Tab. 9: FMEA s ohledem na bezpečnostní rizika, část 2. Zdroj: vlastní.

8 NAVRŽENÍ OPATŘENÍ

Při rozhodování o rizicích a hrozcích nebezpečí se zabýváme segmenty projektu a zdroji nebezpečí, jimiž jsou segmenty vystaveny. Po aplikaci metody FMEA na jednotlivé segmenty plynové kotelny byla stanovena míra nebezpečí jednotlivým rizikům pomocí pravděpodobnostního čísla RPN. Pro tyto rizika je nutné navrhnout určitá opatření, aby došlo k jejich úplné eliminaci nebo alespoň k dostatečnému snížení pravděpodobnosti jejich vzniku, omezení možných škod, či zkrácení referenční doby výskytu.

8.1 HUK A ARMATURY

U hlavního uzávěru kotelny hrozí rizika R_{M5} a R_{Z5} v podobě úniku plynu z důvodu netěsnících armatur. Tyto rizika je možné eliminovat pouze pravidelnou kontrolou armatur. Problém těchto rizik je zcela typický pro dnešní dobu. Ekonomická situace nutí investory snižovat peněžní investice a je tak vyvíjen tlak na projektanty ke snížení nákladů, které se ve většině případů promítnou do vybavení budov, včetně různých spojů a například i armatur. Nižší cena armatur se zákonitě promítne do jejich kvality a funkčnosti, což se může projevit v nejméně vhodné dobu jako je například únik plynu. Nápravným opatřením je proto investice do zakoupení nových kvalitních armatur a pravidelná kontrola jejich funkčnosti a těsnosti.

Rizika R_{M10} (resp. R_{Z10}) a R_{M11} (resp. R_{Z11}) znamenající únik plynu u segmentu armatur způsobeného netěsností, nefunkčností, opotřebovatelností a neovladatelností. Opatření v tomto případě je stejné jako u rizika R_{M5} (resp. R_{Z5}), tedy především v pravidelné kontrole funkčnosti a těsnosti, ale i zakoupení nových kvalitnějších armatur.

8.2 VEDENÍ PLYNOVODŮ

Vedení plynovodu se řídí normami *ČSN 070703: Kotelny se zařízeními na plynná paliva*, *ČSN 730802: Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty* nebo *ČSN 730804: Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty* a dalšími předpisy spojenými s projektováním plynovodů. Rizika hrozcí v tomto segmentu byly identifikovány v podobě úniku plynu z důvodu špatných spojů plynovodu (R_{M6} resp. R_{Z6}) a nedetekování úniku plynu způsobeného vedením plynovodu v dutých nebo nepřístupných místech budovy (R_{M7} resp. R_{Z7}). U rizika R_{M6} (resp. R_{Z7}) jsou myšleny závitové spoje, u kterých může docházet k netěsnostem. Řešení je použití například těsnících teflonových pásek, litinových nebo ocelových tvarovek nebo v nejlepším případě se trubky svařit. Je nutné provádět pravidelnou kontrolu spojů plynovodu

pomocí pěnnotvorného prostředku, kterým se spoje potřou. Další možností jak kontrolovat spoje je pomocí detektoru plynu, nikdy se však kontrola nesmí provádět pomocí otevřeného plamene. Riziko R_{M7} (resp. R_{Z7}) neboli únik plynu v nedostupném prostoru je nebezpečné především z důvodu špatné detekce. Opatření proti tomuto riziku je především ve fázi projektování vedení plynovodu, kde je nutné respektovat několik základních pravidel. Mezi nejdůležitější pravidla patří zásada vedení plynovodu přístupnými místy z důvodu bezpečného provádění kontrol a údržby, dále že vnitřní plynovod se vede po povrchu stavební konstrukce a pod snadno odnímatelnými dílci, jako jsou obložení stěn, podhledy apod. Plynovod musí být pokud možno co nejkratší a s co nejmenším počtem spojů.

8.3 KONDENZAČNÍ KOTEL

Bezpečnostní a provozní úroveň plynových spotřebičů je garantována výrobcem a šance zakoupení výrobku, který nesplňuje požadavky dle příslušných norem je takřka nulová. Při vzniku jakéhokoliv problému bývá většinou kotel automaticky odstaven a je nutné přivolat servisní technika, doporučeného výrobcem zařízení. Přesto však je nutné si i v tomto segmentu ohlídat riziko R_{M19} (resp. R_{Z19}) vznik kotelního kamene, který má na svědomí vstupující prvek do kotle, konkrétně tvrdá voda. Kotelní kámen je směs minerálů, které se vylučují ve formě pevného povlaku na stěnách nádoby, v níž dochází k varu tvrdé vody. Pro eliminaci tohoto rizika je nutné instalovat do oběhu změkčovače vody. Dalším rizikem hrozícím v tomto segmentu je nedokonalé spalování plynu (R_{Z14}), způsobené znečištěným výměníkem. Výměník je tak špatně průchodný pro spaliny, které obtékají výměník ze spodní části a hromadí se u ústí hořáku, což způsobuje nedokonalé spalování s tvorbou velkého množství CO ve spalínách. Spaliny tak odcházejí prostorem mezi výměníkem a krytem kotle do okolí a následkem pak může být otrava. Preventivní opatření zabráňující vzniku této situace je pravidelná kontrola výměníku, provádění pravidelného servisu a čištění spotřebičů dle požadavků výrobce a instalace detektoru CO do kotelny.

8.4 ODVOD SPALIN

Velmi problémový segment je napojení kotle do komína a bezpečný odvod spalin. Napojení kouřovodů na odběrné plynové zařízení a připojení do komína se řídí dle normy ČSN 734201: *Komíny a kouřovody*. Zde existuje stejně jako v případě vedení plynovodů několik základních pravidel jak kouřovody instalovat a vést. Rizikem hrozícím v tomto segmentu je únik spalin do prostoru kotelny, konkrétně to jsou rizika R_{Z21} a R_{Z22} způsobené zpětným tokem spalin a špatným napojením kouřovodu. Jako opatření je v případě rizika R_{Z21}

nutné instalovat čidlo zpětného toku spalin, které v případě detekce spalin odstaví kotel z provozu. Opatření u rizika R_{Z22} je nové napojení dle výše zmíněné normy. V obou případech je nutností instalovat detektor CO.

8.5 LIDSKÝ FAKTOR

Největší podíl na rizikových událostech má lidský faktor. Hlavní příčiny jsou především v plnění respektive neplnění povinnosti z titulu funkce osoby zodpovědné za provoz odběrného plynového zařízení. Konkrétně se jedná o absenci kontroly a revize zařízení, provádění oprav a zásahů bez potřebné koordinace, nesystémové zajišťování prací při rekonstrukcích, rozšiřování a zřizování OPZ. Důležitý je systém odstraňování závad, vedení provozní dokumentace včetně aktualizace a připravené řešení pro případ poruch, nehod či havárií. Riziku výbuchu kotelny R_{M24} (resp. R_{Z24}) a neovladatelnosti jednotlivých prvků kotelny (riziko R_{M25} resp. R_{Z25}) jejichž příčinou jsou výše zmíněné důvody, se dá předejít zaškolením pracovníka. Dle Buchty a Burišina (2007, 488 s.) rozsah požadavků na odbornou způsobilost k obsluze plynových spotřebičů záleží na tom, zda se jedná o právnickou nebo fyzickou podnikající osobu nebo fyzickou osobu. V našem případě se tedy jedná o právnickou osobu, která pověří pracovníka odpovědného za obsluhu zařízení. Tento pracovník projde školením a přezkoušením, které je nutné podstoupit jednou za tři roky. Pracovník zajistí kvalitní obsluhu a běžnou údržbu zařízení, bude si vést provozní dokumentaci, provádět pravidelnou údržbu a kontrolu plynového zařízení, zajistí pravidelné revize, kontroly a odborné prohlídky kotelny. Riziko R_{M26} (resp. R_{Z26}) neodborného zásahu nepovolané osoby v kotelně se dá předejít označením dveří kotelny bezpečnostními tabulkami s nápisem: „KOTELNA – NEPOVOLANÝM VSTUP ZAKÁZÁN!“.

Dle ČSN 07 0703 (*Kotelny se zařízeními na plynná paliva*, 2005) musí být kotelny III. kategorie pro zajištění bezpečnosti provozu a požární ochrany vybaveny:

- Přenosným hasicím přístrojem CO_2 s hasicí schopností minimálně 55B.
- Pěnotvorný prostředek nebo vhodný detektor pro kontrolu těsnosti spojů.
- Lékárnička pro první pomoc.
- Bateriová svítilna.
- Detektor na oxid uhelnatý.

9 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce je stanovení možných rizik provozu plynové kotelny a bezpečnosti provozu plynových spotřebičů. Konkrétně byla řešena nízkotlaká plynová kotelná III. kategorie v administrativní budově osazena čtyřmi závěsnými kotli Geminox THRi 10-50 o výkonu 4×49 kW.

Pro splnění cíle byla provedena analýza rizik, skládající se z identifikace jednotlivých rizikových faktorů společně s jejich kvantifikací. Byly určeny jednotlivé segmenty plynové kotelny, ve kterých existuje možnost vzniku potenciální hrozby. Po identifikaci a kvantifikaci rizikových faktorů bylo provedeno jejich vyhodnocení pomocí nástrojů pro kvantifikaci rizika. Konkrétně se jednalo o diagram příčin a následků a metodu FMEA. Příčiny z diagramu Ishikawa posloužili jako vstupní hodnoty pro tabulkovou metodu FMEA, kde se k daným příčinám stanovily rizika, důsledky, možná pravděpodobnost výskytu, význam a odhalitelnost. Na základě těchto údajů bylo každému riziku určeno pravděpodobnostní číslo RPN určující závažnost a velikost daného rizika.

Výstupem metody FMEA je seznam provozních a bezpečnostních rizik hrozících v plynové nízkotlaké kotelně III. kategorie. Prvním nejvíce rizikovým prvkem je lidský faktor, kde velkou roli hraje laxnost, dodržování povinností, ale i náhoda. Mezi nejrizikovější prvky z technického hlediska patří především armatury, jejichž nefunkčnost a opotřebovatelnost může způsobit únik plynu, dále pak plynovod, u jehož vedení a spojů může docházet také k únikům plynu. U kondenzačního kotle je největší riziko v znečištění výměníku a ve vzniku vodního kamene. Problém je také odvod spalin, kdy dochází k úniku spalin do prostorů kotelny a může tak dojít k otravě oxidem uhelnatým.

V závěrečné části jsou navržena opatření pro vybraná rizika s cílem snížit pravděpodobnost výskytu, omezit vznik možných škod, či zkrácení referenční doby výskytu. Na závěr lze konstatovat, že velká část rizik se dá eliminovat již v části projektování kotelen, kdy jsou dodrženy základní aspekty bezpečného a spolehlivého používání plynových spotřebičů. Podmínkou je také dodržení všech legislativních podmínek, postupů dle daných norem a pokynů výrobce.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] FÍK, Josef. *Lexikon spalování plynu: aktualizované informace pro technické, marketingové a vzdělávací využití*. 1. vyd. Praha: GAS, 2000, 312 s. ISBN 80-902-3399-6.
- [2] ČERNÝ, V; JANEBA, B; TEYSLER, J. *Parní kotle*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983, 858 s.
- [3] FÍK, Josef. *Zemní plyn: tabulky, diagramy, rovnice, výpočty, výpočtové pravítka*. 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, 2006, 355 s. ISBN 80-860-2822-4.
- [4] KRULIŠ, J. *Jak vítězit nad riziky: Aktivní management rizik - nástroj řízení úspěšných firem*. Praha: Linde Praha a.s., 2011. 568 s. ISBN 978-80-7201-835-2.
- [5] TICHÝ, M. *Ovládání rizika: Analýza a management*. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2006. 396 s. ISBN 80-7179-415-5.
- [6] SMEJKAL, V; RAIS, K. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 3.vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010. 360 s. ISBN 978-80-247-3051-6.
- [7] *AS/NZS 4360:2004: Risk managemet: překlad a interpretace pro české prostředí*. Praha: Risk Analysis Consultants, c2007. ISBN 07-337-5904-1.
- [8] MERNA, T; AL-THANI, F. *Risk management: Řízení rizik ve firmě*. Brno: Computer Presss, a. s., 2007. 194 s. ISBN 978-80-251-1547-3.
- [9] PETRÁŠOVÁ, I. *Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008. 143 s. ISBN 978-80-02-02101-8
- [10] ČSN 07 0703. *Kotelny se zařízeními na plynná paliva*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [11] JANÍČEK, Přemysl. *Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky: hledání souvislostí: učební texty*. 1. vyd. Brno: CERM, 2007, 1 s. ISBN 978-80-7204-555-61.
- [12] BUCHTA, Jiří a Miroslav BURIŠIN. *Plynová zařízení v budovách v otázkách a odpovědích*. 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, 2007, 488 s. ISBN 978-80-86028-09-5.
- [13] ČSN 73 4201. *Komíny a kouřovody - Navrhování, provádění a připojování spotřebičů paliv*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [14] *Zemní plyn: Co je zemní plyn* [online]. [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/plyn/default.htm>

- [15] PROCOM BOHEMIA S.R.O. *Kondenzační kotle GEMINOX* [online]. Dostupné z: <http://www.geminox.cz/>
- [16] Ministerstvo vnitra. Generální ředitelství HZS ČR. [online.] Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/hasici/planovani/metodiky/mzprakp.pdf>
- [17] Plynoservis Praha [online]. Dostupné z: <http://servisplynospotrebicu.webnode.cz>
- [18] Ministerstvo životního prostředí České republiky. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/79>
- [19] *Technická zařízení budov* [online]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ETA	Event Tree Analysis, Analýza stromu událostí
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis,
FTA	Fault Tree Analysis, Analýza stromu chyb
HAZOP	Hazard and Operability Studies, Studie ohrožení a provozuschopnosti
HUK	Hlavní uzávěr kotelny
HUP	Hlavní uzávěr plynu
OPZ	Odběrné plynové zařízení
QRA	Quantitative Risk Analysis, Analýza kvantitativních rizik procesu
RPN	Risk Priority Number, Pravděpodobnostní číslo
TÚV	Teplá užitková voda
UMRA	Universal Matrix of Risk Analysis, Univerzální riziková matice
ZP	Zemní plyn

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Hlavní uzávěr kotelny.....	65
Příloha B: Plynová kotelna, čtyři závěsné kotle Geminox THRi 10-50.	65
Příloha C: Provozní deník kotelny.	66
Příloha D: Odvedení spalin z kotlových jednotek.....	66
Příloha E: Komíny pro odchod spalin na střeše objektu.	67
Příloha F: FMEA s ohledem na provozní rizika.	68
Příloha G: FMEA s ohledem na bezpečnostní rizika.	69
Příloha H: Tabulka se seřazenými riziky dle pravděpodobnostního čísla RPN pro provozní rizika.....	70
Příloha I: Tabulka se seřazenými riziky dle pravděpodobnostního čísla RPN pro bezpečnostní rizika.....	71

13 PŘÍLOHY

Příloha A: Hlavní uzávěr kotelny.



Příloha B: Plynová kotelna, čtyři závěsné kotle Geminox THRi 10-50.



Příloha C: Provozní deník kotelny.

AD - 19.01.2012 Revize TH, PE a odborný proškolení NTK

PROVOZNÍ ZÁZNAMY

Datum	Podpis	Tlak plynu 8,00	Tlak plynu 14,00	Tlak vody 8,00		Tlak vody 14,00		Teplota vody 8,00			Teplota vody 14,00			Venk. teplota 8,00	Venk. teplota 14,00	Prům. teplota	Měř. CO	Zk. poj. ventilů	Nábor. manometrů	Zk. údrž. očištění
				topení	chlad	topení	chlad	Vstup z kotle	ÚT	VZT	Vstup z kotle	ÚT	VZT							
15.01	Bun	2	2	217	339	249	347	87	88	82	77	81	77	7	7					
16.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
17.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
18.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
19.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
20.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
21.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
22.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
23.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
24.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
25.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
26.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
27.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
28.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
29.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
30.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
31.01	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
01.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
02.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
03.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
04.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
05.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
06.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
07.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
08.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
09.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
10.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
11.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
12.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
13.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
14.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
15.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
16.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
17.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
18.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
19.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
20.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
21.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
22.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
23.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
24.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
25.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
26.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
27.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
28.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
29.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
30.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					
31.02	Bun	2	2	217	341	248	340	87	88	82	77	81	77	7	7					

Ponučka kotle 133

Příloha D: Odvedení spalin z kotlových jednotek.



Příloha E: Komíny pro odchod spalin na střeše objektu.



Příloha F: FMEA s ohledem na provozní rizika.

Segment	Riziko	Označení	Příčina	Následek	Význ.	Prav.	Odh.	RPN	RPN ≥150	Opatření	Význ.	Prav.	Odh.	RPN
Kotelna	Rozšíření požáru do budovy	R _{M1}	Absence protipožární dveří	Poškození budovy	10	2	1	20	NE					
	Výbuch	R _{M2}	Špatné umístění	Poškození budovy	10	3	1	30	NE					
HUK	Únik plynu	R _{M3}	Mechanické poškození	Výbuch plynu	9	4	3	108	NE					
	Výbuch	R _{M4}	Nefunkční protipožární uzávěr	Poškození budovy	10	2	5	100	NE					
	Únik plynu	R _{M5}	Netěsnící armatury	Výbuch plynu	9	6	6	324	ANO	Kontrola těsnosti, zakoupení kvalitních armatur.	9	2	6	108
Plynovod	Únik plynu	R _{M6}	špatné spoje	Výbuch plynu	9	5	4	180	ANO	Kontrola těsnosti spojů pěnícím prostředkem, výměna těsnění.	9	3	4	108
	Nedetekování úniku plynu	R _{M7}	Vedení plynovodu	Hromadění plynu s následným výbuchem	9	4	7	252	ANO	Vyhnutí se dutým a nepřístupným prostorům.	9	2	7	126
	Únik plynu	R _{M8}	Koroze	Výbuch venkovního plynovodu	7	3	4	84	NE					
	Únik plynu	R _{M9}	Mechanické poškození	Výbuch plynu	9	2	2	36	NE					
Armatury	Únik plynu	R _{M10}	Netěsnost	Výbuch plynu	9	6	6	324	ANO	Kontrola těsnosti, zakoupení kvalitních armatur.	9	2	6	108
	Únik plynu	R _{M11}	Opatřebovanost, neovladatelnost, nefunkčnost	Výbuch plynu	9	7	7	441	ANO	Test funkčnosti, zakoupení kvalitních armatur.	9	2	7	126
Kotel	Požár	R _{M12}	Špatné umístění	Poškození kotelny	7	2	4	56	NE					
	Únik spalin	R _{M13}	Špatná zápachová uzávěrka	Únik CO	2	2	5	20	NE					
	Nedokonalé spalování	R _{M14}	Znečištění výměníku	Únik CO	2	5	4	40	NE					
	Vznik NOx	R _{M15}	Vysoká teplota plamene	Vznik skleníkových plynů	2	3	9	54	NE					
	Nekontrolovatelnost kotle	R _{M16}	Pokažení řídicí jednotky	Přehřátí kotle	6	4	2	48	NE					
	Vznik trhlin	R _{M17}	Ztráta vody	Přehřátí kotle	6	3	2	36	NE					
	Roztržení kotle	R _{M18}	Deformace výhřevných ploch kotle	Výbuch kotle	7	3	6	126	NE					
	Vznik kotelního kamene	R _{M19}	Tvrdá voda	Znečištění výměníku	5	7	9	315	ANO	Přidávání změkčovače do vody.	5	2	9	90
	Nedokonalé spalování	R _{M20}	Nedostatek přísunu vzduchu	Vznik CO	2	4	3	24	NE					
	Odvod spalin	Únik spalin	R _{M21}	Zpětný tok spalin	Únik CO	2	7	5	70	NE				
Únik spalin		R _{M22}	Špatné napojení na kouřovod	Únik CO	2	6	5	60	NE					
Lidský faktor	Vznik požáru	R _{M23}	Neodborný zásah	Poškození kotelny	7	2	3	42	NE					
	Výbuch	R _{M24}	Nedostatečná kontrola	Poškození kotelny	7	7	6	294	ANO	Zaškolení pracovníka, dodržování pokynů od výrobce.	7	3	6	126
	Neovladatelnost prvků kotelny	R _{M25}	Špatné vedení dokumentace	Únik plynu, výbuch	8	7	7	392	ANO	Zaškolení pracovníka, dodržování pokynů od výrobce, externí kontrola dokumentace.	8	2	7	112
	Neodborný zásah	R _{M26}	Nepovolaná osoba	Poškození kotelny	7	5	6	210	ANO	Bezpečnostní tabulka s nápisem: "KOTELNA – NEPOVOLANÝM VSTUP ZAKÁZÁN!".	7	3	6	126

Příloha G: FMEA s ohledem na bezpečnostní rizika.

Segment	Riziko	Označení	Příčina	Následek	Význ.	Prav.	Odh.	RPN	RPN ≥150	Opatření	Význ.	Prav.	Odh.	RPN
Kotelna	Rozšíření požáru do budovy	R _{Z1}	Absence protipožárních dveří	Mnohočetná zranění	10	2	1	20	NE					
	Výbuch	R _{Z2}	Špatné umístění	Mnohočetná zranění	10	3	1	30	NE					
HUK	Únik plynu	R _{Z3}	Mechanické poškození	Mnohočetná zranění	10	4	3	120	NE					
	Výbuch	R _{Z4}	Nefunkční protipožární uzávěr	Mnohočetná zranění	10	2	5	100	NE					
	Únik plynu	R _{Z5}	Netěsnící armatury	Mnohočetná zranění	10	6	6	360	ANO	Kontrola těsnosti, zakoupení kvalitních armatur.	10	2	6	120
Plynovod	Únik plynu	R _{Z6}	špatné spoje	Mnohočetná zranění	10	5	4	200	ANO	Kontrola těsnosti spojů pěnicím prostředkem, výměna těsnění.	10	3	4	120
	Nedetekování úniku plynu	R _{Z7}	Vedení plynovodu	Mnohočetná zranění	10	4	7	280	ANO	Vyhnutí se dutým a nepřístupným prostorům.	10	2	7	140
	Únik plynu	R _{Z8}	Koroze	Mnohočetná zranění	10	3	4	120	NE					
	Únik plynu	R _{Z9}	Mechanické poškození	Mnohočetná zranění	10	2	2	40	NE					
Armatury	Únik plynu	R _{Z10}	Netěsnost	Mnohočetná zranění	10	6	6	360	ANO	Kontrola těsnosti, zakoupení kvalitních armatur.	10	2	6	120
	Únik plynu	R _{Z11}	Opotřebovanost, neovladatelnost, nefunkčnost	Mnohočetná zranění	10	7	7	490	ANO	Test funkčnosti, zakoupení kvalitních armatur.	10	2	7	140
Kotel	Požár	R _{Z12}	Špatné umístění	Mnohočetná zranění	10	2	4	80	NE					
	Únik spalin	R _{Z13}	Špatná zápachová uzávěrka	Otrava	9	2	5	90	NE					
	Nedokonalé spalování	R _{Z14}	Znečištění výměníku	Otrava	9	5	4	180	ANO	Pravidelná kontrola výměníku, případná výměna. Instalace detektoru CO.	9	2	4	72
	Vznik NOx	R _{Z15}	Vysoká teplota plamene	Vznik skleníkových plynů	5	3	9	135	NE					
	Nekontrolovatelnost kotle	R _{Z16}	Pokažení řídicí jednotky	Menší úraz obsluhy	6	4	2	48	NE					
	Vznik trhlín	R _{Z17}	Ztráta vody	Menší úraz obsluhy	6	3	2	36	NE					
	Roztržení kotle	R _{Z18}	Deformace výhřevných ploch kotle	Úraz obsluhy	7	3	6	126	NE					
	Vznik kotelního kamene	R _{Z19}	Tvrdá voda	Menší úraz obsluhy	6	7	9	378	ANO	Přidávání změkčovače do vody.	6	2	9	108
Nedokonalé spalování	R _{Z20}	Nedostatek přísunu vzduchu	Otrava	9	4	3	108	NE						
Odvod spalin	Únik spalin	R _{Z21}	Zpětný tok spalin	Otrava	9	7	5	315	ANO	Instalace čidla zpětného toku spalin s automatickým odstavením kotle z provozu. Instalace detektoru CO.	9	2	5	90
	Únik spalin	R _{Z22}	Špatné napojení na kouřovod	Otrava	9	6	5	270	ANO	Kontrola napojení, revize a znovunapojení dle ČSN734201. Instalace detektoru CO.	9	2	5	90
Lidský faktor	Vznik požáru	R _{Z23}	Neodborný zásah	Úraz obsluhy	7	2	3	42	NE					
	Výbuch	R _{Z24}	Nedostatečná kontrola	Mnohočetná zranění	10	7	6	420	ANO	Zaškolení pracovníka, dodržování pokynů od výrobce.	10	2	6	120
	Neovladatelnost prvků kotelny	R _{Z25}	Špatné vedení dokumentace	Úraz obsluhy	7	7	7	343	ANO	Zaškolení pracovníka, dodržování pokynů od výrobce, externí kontrola dokumentace.	7	2	7	98
	Neodborný zásah	R _{Z26}	Nepovolaná osoba	Těžší zranění osoby	7	5	6	210	ANO	Bezpečnostní tabulka s nápisem: "KOTELNA – NEPOVOLANÝM VSTUP ZAKÁZÁN!".	7	3	6	126

Příloha H: Tabulka se seřazenými riziky dle pravděpodobnostního čísla RPN pro provozní rizika.

Segment	Riziko	Označení	Příčina	Následek	Význ.	Prav.	Odh.	RPN	RPN ≥150	Opatření	Význ.	Prav.	Odh.	RPN
Armatury	Únik plynu	R _{M11}	Opotřebovanost, neovladatelnost, nefunkčnost	Výbuch plynu	9	7	7	441	ANO	Test funkčnosti, zakoupení kvalitních armatur.	9	2	7	126
Lidský faktor	Neovladatelnost prvků kotelny	R _{M25}	Špatné vedení dokumentace	Únik plynu, výbuch	8	7	7	392	ANO	Zaškolení pracovníka, dodržování pokynů od výrobce, externí kontrola dokumentace.	8	2	7	112
HUK	Únik plynu	R _{M5}	Netěsnící armatury	Výbuch plynu	9	6	6	324	ANO	Kontrola těsnosti, zakoupení kvalitních armatur.	9	2	6	108
Armatury	Únik plynu	R _{M10}	Netěsnost	Výbuch plynu	9	6	6	324	ANO	Kontrola těsnosti, zakoupení kvalitních armatur.	9	2	6	108
Kotel	Vznik kotelního kamene	R _{M19}	Tvrdá voda	Znečištění výměníku	5	7	9	315	ANO	Přidávání změkčovače do vody.	5	2	9	90
Lidský faktor	Výbuch	R _{M24}	Nedostatečná kontrola	Poškození kotelny	7	7	6	294	ANO	Zaškolení pracovníka, dodržování pokynů od výrobce.	7	3	6	126
Plynovod	Nedetekování úniku plynu	R _{M7}	Vedení plynovodu	Hromadění plynu s následným výbuchem	9	4	7	252	ANO	Vyhnutí se dutým a nepřístupným prostorům.	9	2	7	126
Lidský faktor	Neodborný zásah	R _{M26}	Nepovolaná osoba	Poškození kotelny	7	5	6	210	ANO	Bezpečnostní tabulka s nápisem: "KOTELNA – NEPOVOLANÝM VSTUP ZAKÁZÁN!".	7	3	6	126
Plynovod	Únik plynu	R _{M6}	špatné spoje	Výbuch plynu	9	5	4	180	ANO	Kontrola těsnosti spojů pěnícím prostředkem, výměna těsnění.	9	3	4	108

Příloha I: Tabulka se seřazenými riziky dle pravděpodobnostního čísla RPN pro bezpečnostní rizika.

Segment	Riziko	Označení	Příčina	Následek	Význ.	Prav.	Odh.	RPN	RPN ≥150	Opatření	Význ.	Prav.	Odh.	RPN
Armatury	Únik plynu	R _{Z11}	Opotřebovanost, neovladatelnost, nefunkčnost	Mnohočetná zranění	10	7	7	490	ANO	Test funkčnosti, zakoupení kvalitních armatur.	10	2	7	140
Lidský faktor	Výbuch	R _{Z24}	Nedostatečná kontrola	Mnohočetná zranění	10	7	6	420	ANO	Zaškolení pracovníka, dodržování pokynů od výrobce.	10	2	6	120
Kotel	Vznik kotelního kamene	R _{Z19}	Tvrdá voda	Menší úraz obsluhy	6	7	9	378	ANO	Přidávání změkčovače do vody.	6	2	9	108
HUK	Únik plynu	R _{Z5}	Netěsnící armatury	Mnohočetná zranění	10	6	6	360	ANO	Kontrola těsnosti, zakoupení kvalitních armatur.	10	2	6	120
Armatury	Únik plynu	R _{Z10}	Netěsnost	Mnohočetná zranění	10	6	6	360	ANO	Kontrola těsnosti, zakoupení kvalitních armatur.	10	2	6	120
Lidský faktor	Neovladatelnost prvků kotelny	R _{Z25}	Špatné vedení dokumentace	Úraz obsluhy	7	7	7	343	ANO	Zaškolení pracovníka, dodržování pokynů od výrobce, externí kontrola dokumentace.	7	2	7	98
Odvod spalin	Únik spalin	R _{Z21}	Zpětný tok spalin	Otrava	9	7	5	315	ANO	Instalace čidla zpětného toku spalin s automatickým odstavením kotle z provozu. Instalace detektoru CO.	9	2	5	90
Plynovod	Nedetekování úniku plynu	R _{Z7}	Vedení plynovodu	Mnohočetná zranění	10	4	7	280	ANO	Vyhnutí se dutým a nepřístupným prostorům.	10	2	7	140
Odvod spalin	Únik spalin	R _{Z22}	Špatné napojení na kouřovod	Otrava	9	6	5	270	ANO	Kontrola napojení, revize a znovunapojení dle ČSN734201. Instalace detektoru CO.	9	2	5	90
Lidský faktor	Neodborný zásah	R _{Z26}	Nepovolaná osoba	Těžší zranění osoby	7	5	6	210	ANO	Bezpečnostní tabulka s nápisem: "KOTELNA – NEPOVOLANÝM VSTUP ZAKÁZÁN!".	7	3	6	126
Plynovod	Únik plynu	R _{Z6}	špatné spoje	Mnohočetná zranění	10	5	4	200	ANO	Kontrola těsnosti spojů pěnícím prostředkem, výměna těsnění.	10	3	4	120
Kotel	Nedokonalé spalování	R _{Z14}	Znečištění výměníku	Otrava	9	5	4	180	ANO	Pravidelná kontrola výměníku, případná výměna. Instalace detektoru CO.	9	2	4	72