



RIZIKA SPOJENÁ S UVÁDĚNÍM DO PROVOZU A PŘI PROVOZU SE ZAMĚŘENÍM NA PROVOZ TLAKOVÝCH A PLYNOVÝCH ZŘÍZENÍ

Dana PROCHÁZKOVÁ ¹

RISKS ASSOCIATED WITH THE PUTTING INTO SERVICE AND DURING OPERATION WITH A FOCUS ON THE OPERATION OF PRESSURE AND GAS INSTALLATIONS



¹ Czech Technical university in Prague, Fakulta strojní, Technická 4, 166 07 Praha, Czech Republic

✉ Email: danuse.prochazkova@fs.cvut.cz

ORCID iD: 0000-0002-4424-3974 ; <https://orcid.org/0000-0002-4424-3974>

Competing interests : The author declare no competing interests.

Publisher's Note: Slovak Society for Environment stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations. Copyright: © 2021 by the authors.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) This license allows reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for commercial use.

Review text in the conference proceeding: Contributions published in proceedings were reviewed by members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.

ABSTRAKT

Práce uvádí zdroje rizik technických děl a principy řízení rizik s cílem zajistit bezpečnost technických děl a jejich okolí. Uvádí příklady havárií tlakových a plynových zařízení. V závěru shrnuje zásady kultury bezpečnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA: Bezpečnost; rizika; zdroje rizik; zásady řízení rizik; kultura bezpečnosti.

ABSTRACT

The paper presents the sources of risks of technical facilities and the principles of risk management in order to ensure the safety of technical facilities and their surroundings. It gives examples of accidents of pressure and gas equipment. In conclusion, it summarises the principles of safety culture.

KEY WORDS: Safety; risks; sources of risk; risk management principles; safety culture.

1. Úvod

Riziko a bezpečnost jsou dnes předmětem sledování v mnoha oborech, které se zabývají bezpečím a rozvojem lidské společnosti. U technických zařízení nejsou sice doplňkovými veličinami,



protože bezpečnost lze zvýšit netechnickými opatřeními, tj. organizačními opatřeními a výcvikem lidí. Uvedené pojmy jsou zvažovány v různých souvislostech a z mnoha pohledů; někdy i značně subjektivních [1]. Z hlediska bezpečí a rozvoje lidstva je třeba, aby cílem řízení rizik, které dnes zvažuje řada norem, např. ISO 9000, ISO 31 000, ISO 31 010 atd., ve prospěch bezpečnosti byl veřejný zájem.

2. Riziko a bezpečnost

Riziko je veličina, která je mírou ztrát, škod a újm na chráněných aktivech (a to ve sledovaném případě veřejných aktivech i aktivech technického díla) [1-6]. Jeho velikost závisí na konkrétní pohromě / škodlivém jevu z pohledu člověka a jeho světa, která je zdrojem rizika a na zranitelnosti místních sledovaných aktiv [2]. Ve strategickém řízení jsou definovány veličiny: ohrožení (anglicky hazard) jako pravděpodobná velikost pohromy, která se v daném místě vyskytne jedenkrát za definovaný časový interval (tzv. projektová nebo návrhová pohroma); a riziko jako pravděpodobná velikost ztrát, škod a újm na sledovaných aktivech při projektové pohromě rozpočtená na jednotku času (nejčastěji 1 rok) a jednotku území [2,5]. Riziko je tudíž místně a časově specifické, protože závisí na množství a zranitelnosti aktiv v daném území a v daném čase [2,5].

Vzhledem k dynamickému vývoji světa, stárnutí a opotřebení částí technických prvků i technických děl a omezením lidským znalostem, zdrojům a možnostem, management technického díla i veřejná správa se musí připravit na budoucí realizaci rizik. To znamená mít nástroje, kterými lze snížit realizace známých zdrojů rizik a zmírnit rizik nových. Práce prosazuje řízení rizik ve prospěch bezpečnosti. S ohledem na současné poznání je třeba propojit existující normy a standardy, protože obsahují dřívější poznatky a bez jejich aplikace by docházelo k opakování minulých chyb z minula a výsledky řízení rizik, jak doporučuje nyní i řada norem, např. ISO 31 000, ISO 31010, ISO 9000 atd. Způsob propojování normy neukazují; lze ho najít v práci [7].

Náš svět ve všech měřítcích má systémovou povahu. Je tvořen vzájemně propojenými systémy o různé velikosti, které mají povahu socio-kyber-fyzickou. Z pohledu dlouhodobé existence lidstva jde o celkovou (integrální) bezpečnost [2]. Integrální bezpečnost respektuje systémové chápání sledované položky (zařízení, výrobní proces, podnik atd.) a změny v čase a prostoru. Je založená na systémovém, proaktivním a strategicky zacíleném přístupu. Je chápána jako emergentní vlastnost položky, která má objektovou nebo síťovou architekturu, na které závisí existence položky; tj. jde o hierarchicky nejvíce určující vlastnost položky [2]. Jde o soubor opatření a činností, který při zohlednění povahy (podstaty/naturelu) položky chápáné jako systém systémů a všech možných rizik i hrozeb směřuje k zajištění fungování prvků, vazeb a toků položky tak, aby za žádných okolností nedošlo k jejich selhání, při kterém by ohrozily sebe nebo své okolí [2].

Integrální bezpečnost se neomezuje jen na jednostranná řešení v případě problémů jako je represe, ale zabývá se situacemi ovlivňujícími určitou úroveň bezpečnosti prostřednictvím tzv. řetězce bezpečnosti, jenž se skládá z dále uvedených částí [2]:

- proaktivita (odstranění strukturálních příčin nejistoty, které narušují bezpečnost, tj. ohrožují bezpečí a udržitelný rozvoj),
- prevence (odstranění přímých příčin, je-li to možné, nejisté situace porušující stávající bezpečnosti),
- připravenost (řešit situaci, v níž je bezpečnost narušena),
- represe (odezva) (zvládnout narušení bezpečnosti a situaci stabilizovat),
- obnova (zajistit podmínky pro obnovu a růst bezpečnosti).

Riziko představuje míru narušení bezpečnosti sledovaného systému, který je předmětem sledování při výskytu možného škodlivého jevu [2]. Jelikož výzkum technických děl [1-6] ukázal, že nehody, havárie i selhání technických zařízení a technických děl nastávají v cca 80% při kombinaci škodlivých jevů, je třeba sledovat *integrální riziko*. Proto integrální bezpečnost je spojena s řízením nejen velkých dílčích rizik, které představují nadprojektové živelní pohromy, ale především s řízením integrálního rizika.



3. Řízení rizik u technických zařízení ve prospěch bezpečnosti

Cílem je bezpečný provoz technických zařízení. V Evropě k jejich řízení používáme způsob Total Quality Management (TQM)[8,9], který je základem ISO norem třídy 9000, 14000 a dalších. Přístup TQM spočívá v tom, že na procesu zlepšování kvality se musí podílet všichni zaměstnanci, od řadových zaměstnanců až po nejvyšší řídicí pracovníky. Proces zlepšování jakosti vychází z impulsu podle potřeb od zákazníka / občana. TQM vychází z toho, že trvalá kvalita výrobků a služeb se nedá zajistit příkazy, kontrolou, dílčími programy, organizačními nebo ekonomickými opatřeními, ale cíleným hledáním, měřením a hodnocením příčin toho, proč se produktivita a kvalita nezvyšuje. Je to způsob, při kterém se pozornost zaměřuje na procesy probíhající v instituci. Při implementaci TQM se přihlíží na specifika instituce, protože z důvodu účinnosti musí odpovídat struktuře instituce. TQM se využívá v řízení podniků (technických děl), obcí a regionů.

Z pohledu zajištění bezpečnosti technických zařízení a jejich koexistence s okolím po celou dobu životnosti jde o určení velikosti příslušných rizik a jejich rozřídění do kategorií:

- přijatelné riziko,
- podmíněně přijatelné riziko, u kterého se navrhnou nutná opatření preventivní, zmírňující, reaktivní a obnovovací – ALARA, ALARP,
- nepřijatelné riziko, u kterého se navrhne buď vyhnutí dané činnosti, je-li to možné, anebo další opatření v rámci krizového řízení, která vyžadují vyšší znalosti, vyšší technické vybavení, vyšší náklady, vyšší připravenost lidských zdrojů.

Abychom zajistili bezpečnost technických zařízení i technických děl, řešíme problém bezpečnosti systému systémů, protože soubor propojených bezpečných systémů není ještě nutně bezpečný systém, protože bezpečnost systému systémů závisí také na charakteru vzájemných propojení mezi systémy. Důsledkem vzájemných závislostí je to, že defekt v jedné části technického díla způsobí selhání dalších částí technického díla a kaskádu dalších dopadů [1-6]. To znamená, že když chceme zajistit bezpečnost systému systémů, tak kromě bezpečnosti dílčích částí technického díla musíme ještě zvlášť sledovat soubor systémů jako celek. Musíme zjišťovat:

- typy selhání systému systémů,
- provozní podmínky systému systémů,
- vnitřní vazby a jejich projevy,
- charakteristiky kritických stavů systému systémů.

V současné době je v praxi používáno několik typů řízení rizik [1,6]; liší se cíli:

- nejstarším typem řízení rizik je řízení technických zařízení ve prospěch spolehlivosti,
- řízení zabezpečení (security) znamená řízení rizik, které zajistí, že technické zařízení je ochráněno před vnějšími škodlivými jevy,
- řízení bezpečnosti znamená řízení rizik které zajistí, že technické zařízení je ochráněno před vnějšími škodlivými jevy a samo technické zařízení nepoškozuje okolí,
- nejnáročnější je řízení kontinuity, které je zacílené na bezpečnost technického díla i jeho okolí za všech možných podmínek,
- řízení pružné odolnosti (resilience) je předstupněm řízení bezpečnosti a řízení kontinuity; snaží se zvýšit houževnatost systému a okolí, aby byl získán čas na zformování účinné odezvy,
- řízení aktiv (asset management) upřednostňuje řízení rizik ve prospěch výroby před bezpečím lidí a okolí technického zařízení.

Součástí všech typů řízení jsou pak specifické typy, kterými jsou nouzové řízení a krizové řízení. Srovnání typů řízení rizik ukazuje, že:



- všetky typy používajú stejné metody a nástroje pro práci s riziky, které z důvodů různých cílů předmětných postupů v konkrétních případech nedávají stejné výsledky,
- všechny typy mají stejný cíl, kterým je zvládnutí rizik a ochrana aktiv (je však rozdíl v tom, která rizika a která aktiva zvažují),
- jsou nadstavbou řízení spolehlivosti (reliability management), které bylo po dlouhá léta královskou disciplínou při řízení technických děl.

Přes různé názvy typů řízení, jejich metodologie je stejná, a to získat: povědomí o riziku; pochopení rizika a jeho vztahu k aktivům a jejich bezpečí; a aplikovat příslušné znalosti o tom, co dělat pro dosažení cíle.

Pro strategický rozvoj lidské společnosti i technických děl je zásadní řízení rizik ve prospěch bezpečnosti (tj. safety management) [1-6]. V rámci řízení rizik technického díla ve prospěch bezpečnosti je třeba kvalitně provést pět klíčových aktivit, a to:

- Vymezení cíle a centra zájmu řízení bezpečnosti: identifikovat kontext; určit prioritní cíle; a určit oblasti a zásadní úkoly. Výběry jsou založeny na hodnocení aktiv a cílů. Tím stanovíme, které riziko je v daném případě prioritní.
- Popis: směřuje k objektivnímu pochopení pravděpodobnosti výskytu a velikosti dopadů (v kvalitativním nebo lépe kvantitativním vyjádření) možných pohrom a selhání technického díla. Jedná se o vysoce odbornou činnost vyžadující hluboké znalosti a kvalitní data.
- Rozhodnutí: vyhodnocení kvality předpovědi vývoje technického díla, pokud možno jako optimum při zvážení přínosů a ztrát při provozu technického díla v dynamicky proměnném okolí. Rozhodnutí, jak zmírnit a řídit rizika a jak implementovat opatření, reprezentuje klíčový krok v rámci řízení rizika.
- Komunikace: projednání souboru opatření a činností s klíčovými aktéry procesu provozu technického díla a s ostatními zúčastněnými. Legislativa vyžaduje v důležitých otázkách komunikaci s veřejností, konzultace, odstranění konfliktů a stanovení partnerství.
- Monitoring a poučení: sledování určených veličin a jejich hodnot, které charakterizují důsledky rozhodnutí a činností na technické dílo, a v případě zjištění významných odchylek, které mohou narušit dosažení cíle, aplikovat korekce.

Zvládnutí rizik v případě, že riziko není přijatelné, spočívá ve výběru některé z dále uvedených alternativ[2]:

- vyhnout se riziku, tj. nezáhájít nebo nepokračovat v činnostech, které jsou zdrojem rizika, když to jde (lidská společnost se může bez technického díla obejít),
- odstranění zdrojů rizik, tj. zabránění vzniku pohrom, když to jde (zvolit alternativu technického díla, která bude mít méně zdrojů rizik, anebo menší rizika),
- snížení pravděpodobnosti výskytu rizika, tj. výskytu větších pohrom, když to jde (aplikace zásad kultury bezpečnosti),
- snížení závažnosti dopadů rizika, tj. příprava zmírňujících opatření jako jsou varovací systémy, systémy odezvy a obnovy; sdílení rizika, tj. rozdělení rizika mezi zúčastněné a pojišťovny,
- retence rizika.

Vyjednávání s riziky vychází ze současných možností lidské společnosti a spočívá v rozdělení rizik do kategorií[2], ve kterých se část rizika:

- sníží, tj. preventivními opatřeními se odvrátí realizace rizika,
- zmírní, tj. preventivními opatřeními a připraveností (varovné systémy a jiná opatření nouzového a krizového řízení) se sníží nebo odvrátí nepřijatelné dopady,
- pojistí,
- zajistí opatřeními odezvy a obnovy, pro které se připraví rezervy všeho druhu,

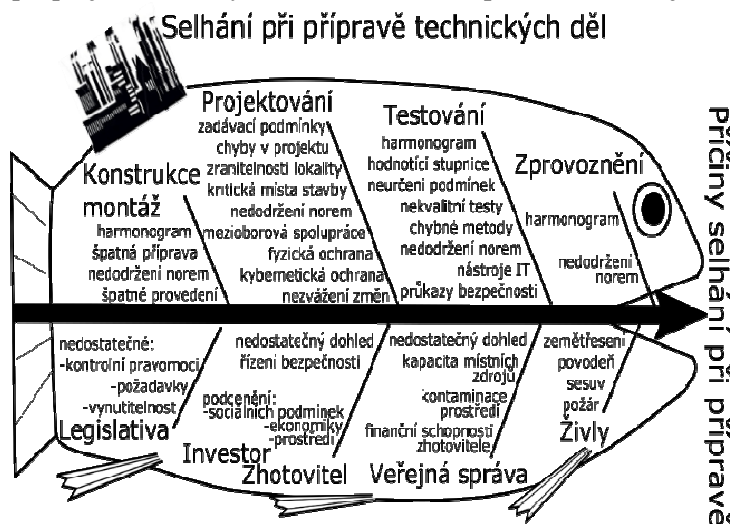


- pro část, která je neřiditelná nebo příliš nákladná nebo málo častá se připraví plán pro nepředvídané situace (Contingency plan).

K tomu se rovněž připojuje rozdělení zvládnání rizik mezi všechny zúčastněné. Rozdělení ve správném řízení(TQM)se provádí tak, že se vychází z toho, že za zvládnání rizik odpovídají všichni zúčastnění (od politiků přes pracovníky správy, vedení technických děl až po techniky a občany) a že zvládnání konkrétního rizika se přiděluje tomu subjektu, který je na to nejlépe připraven. Hlavní roli hrají nastavené limity a podmínky při projektování + rozdělení rizik na ta, co zvládne projekt (materiál, konstrukce, rozmístění apod.) a ta, co se musí zvládnout za provozu, přičemž projekt zajistí technická zařízení pro zvládnutí rizik při provozu

4. Příčiny rizik u technických zařízení při projektování, výstavbě a uvádění do provozu

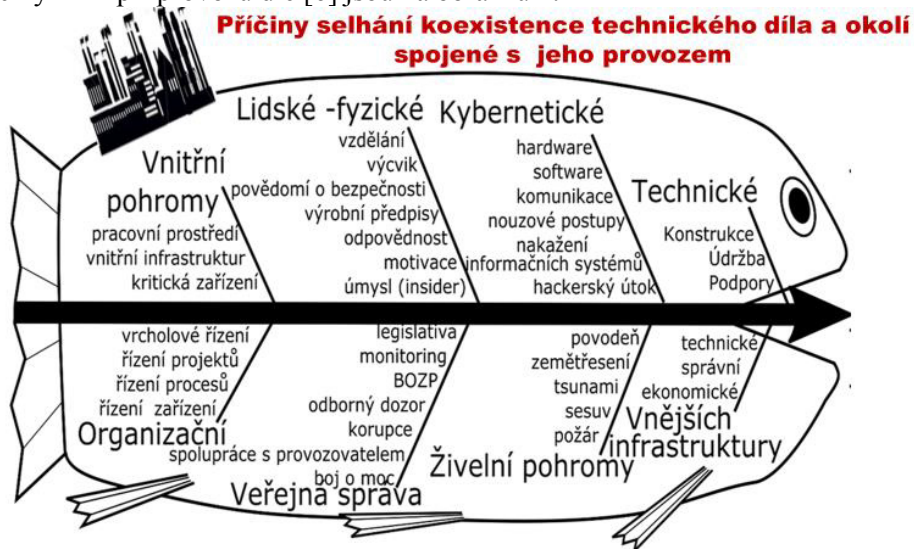
Příčiny rizik při projektování, výstavbě a uvádění do provozu dle [5] jsou na obrázku 1.



Obr. 1. Příčiny rizik při projektování, výstavbě a uvádění do provozu dle [5].

5. Příčiny rizik u technických zařízení při provozu

Příčiny rizik při provozu dle [6] jsou na obrázku 2.



Obr. 2. Příčiny rizik při projektování, výstavbě a uvádění do provozu dle [6].



6. Příklady selhání tlakových a plynových zařízení

Je uvedeno shrnutí současného poznání, které je detailně popsáno v pracích [6,10,11].

6.1. Tlaková zařízení

Tlaková zařízení jsou konstrukční tlakové celky (nádoby, potrubí, bezpečnostní a tlaková výstroj; zahrnují také prvky připojené k součástem vystaveným tlaku, jako jsou příruby, hrdla, spojky, podpory, závěsná oka atd.) vymezené v prostoru pevnými, nepohyblivými stěnami nazývanými také obálka či kontejnment, na které působí plynné nebo kapalné látky vnitřním přetlakem. Stlačenou látkou může být vzduch, pára, voda, ale také jiné nebezpečné látky. Látkou též médium, je většinou využíváno k vykonání práce. Tlaková zařízení najdeme zejména ve strojírenství energetice, petrochemii, zdravotnictví, potravinářství, chemickém průmyslu apod. Nejčastěji vyskytujícími zařízeními jsou:

- vzdušníky,
- expanzní nádoby,
- vodárny,
- zásobníky různého určení,
- výměníky tepla,
- chladiče,
- kolony,
- parní sterilizátory, vyvíječe páry, odlučovače oleje, nádoby speciálního určení,
- středotlaké parní a horkovodní kotle
- apod.

Tlaková zařízení jsou konstruována, vyrobená a zkoušená na nejvyšší přípustný přetlak, nejvyšší, popř. nejnižší přípustnou teplotu a jsou zabezpečena proti jejich překročení. Z hlediska bezpečí obsluhy a okolí musí být řádně provozována a udržována. Tlaková zařízení provozovaná v České republice se v legislativě nazývají „vyhrazená tlaková zařízení“ a jsou definována ve vyhláškách Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu č. 18/1979 Sb., č. 97/1982 Sb. a č. 551/1990 Sb. a v Evropské unii směrnici 97/23/ES Pressure Equipment Directive (PED).

Riziko nadměrného vnitřního přetlaku v technickém zařízení nemůžeme na rozdíl třeba od teplotního rizika vnímat svými smysly a jeho podcenění mívá často velké a tragické následky.

Tlaková zařízení najdeme zejména ve strojírenství, energetice, petrochemii, zdravotnictví, potravinářství, chemickém průmyslu apod. Nejčastěji se vyskytují jako: vzdušníky, expanzní nádoby, vodárny, zásobníky různého určení, výměníky tepla, chladiče, kolony, parní sterilizátory, akumulátory páry, odlučovače oleje, nádoby pro speciální určení, středotlaké parní a horkovodní kotle apod.

Příčiny selhání dle jsou[6]:

- Překročení dovolených pracovních tlaků.
- Nedosažení dovoleného tlaku.
- Překročení dovolené provozní teploty.
- Nedosažení dovolené pracovní teploty v důsledku.
- Překročení dovolených mechanických zatížených materiálů.
- Selhání bezpečnostně důležitého vybavení.
- Narušení funkčnosti vnějšími vlivy.
- Opotřebením materiálu.
- Stárnutím materiálu.



6.1.1. Výbuch kotle v dôsledku selhání plovákového regulátoru

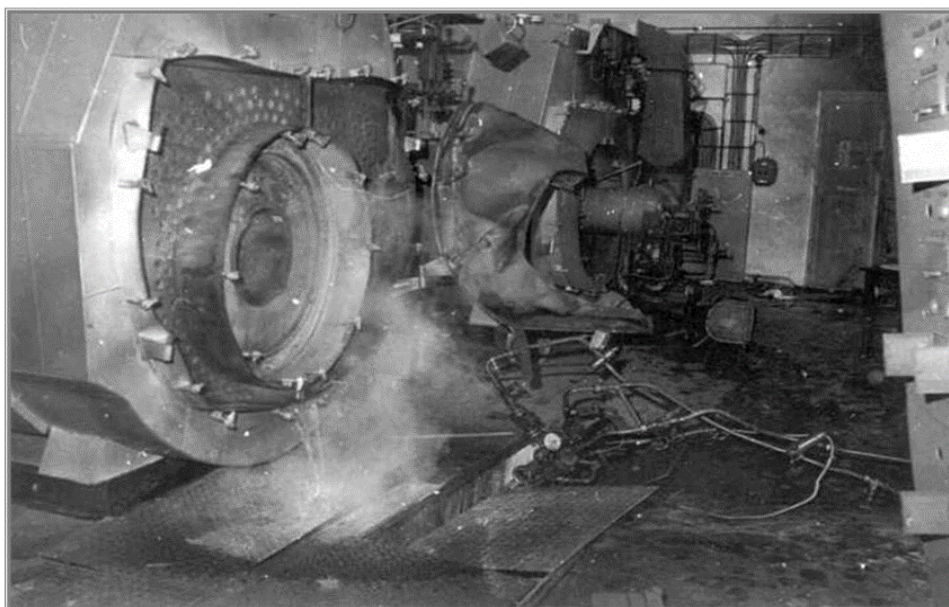
Sledovaný kotol [10] měl jediné zařízení, které sloužilo pro signalizaci havarijních stavů vody a k automatickému odstavení kotle na úrovni hladiny vodorysu a k automatickému doplňování vody do kotle, a to plovákový regulátor AQUACONTROL. Zaseknutí plováku v plovákové komoře regulátoru způsobilo selhání napájení kotle [10]. Když voda klesla pod žárorys a sytá pára se změnila na přehřátou, což v důsledku horšího přenosu tepla způsobilo výrazný růst teploty spalin doprovázený výrazným zápachem v kotelně.

Bez ohledu na zápach kotol byl topičkou provozovaný dál. Protože topička rychle neodstavila kotol z provozu, tak nesplnila požadavky článků 27 a 85 normy ČSN 07 0710. Neodstavením z provozu došlo k poklesu vody hluboko pod hřbet plamence, a tím k deformaci kotle. V důsledku deformace pod tlakem páry 0.8 MPa došlo k postupnému vzniku vytváření trhlinky v místě póru ve svarovém spoji plamence k zadní sítnici. Předmětný pórek ve svaru byl identifikován při metalografických zkouškách. V důsledku robustnosti (tj. tloušťky) plamence byl vývoj vzniklé trhlinky relativně pomalý; k náhlému rozšíření na makroskopickou trhlinu došlo po více než 16 - ti vteřinách [10].

Na začátku vývoje trhlinky došlo k úniku páry do plamence, a čidlo hlídače plamene (nelze vyloučit ani čidlo přetlaku spalin) samočinně odstavilo kotol. Pomocnice topičky se nacházela u ovládacího panelu, kde vypínala zvukovou signalizaci a topička šla vypnout ručně rychlouzávěrem přívodu mazutu na hořáku kotle.

Rozvoj trhliny však tlakem páry pokračoval dál. Po odstavení přívodu mazutu došlo k vniknutí stále zvětšujícího se objemu páry do plamence, kouřovodu a do vzduchového potrubí trubkového hořáku. Tím byl roztočen vzduchový ventilátor na kotli do kvílivých otáček. Poté nastal výbuch náhlým rozšířením trhliny na délku 2/3 obvodového sváru plamence se zadní sítnicí, tím došlo k expanzi přehřáté páry po 16 vteřinách po uvedeném samočinném odstavení kotle.

Výbuch vyrazil dveře přední obrátové komory a vyrazil hořák. Topičce (51 let), jež stála u hořáku, hořák oddělil hlavu od těla a hlava prolétla otvorem ve zdi, kde dopadla mimo kotelnu, cca 70 m za tuto zeď; její tělo zůstalo u zdi v kotelně. Pomocnice topičky (31 let) i s ovládacím panelem kotle prolétla otvorem ve zdi a dopadla na hranu náspu před kotelnou. Dva pracovníci byli na jeho válcové části u hlavního parního ventilu, kde zjišťovali příčinu zápachu. Tito pracovníci neutrpěli žádné poškození zdraví. Následky výbuchu – obrázky 3 a 4.



Obr. 3. Zbytky kotle způsobené výbuchem.

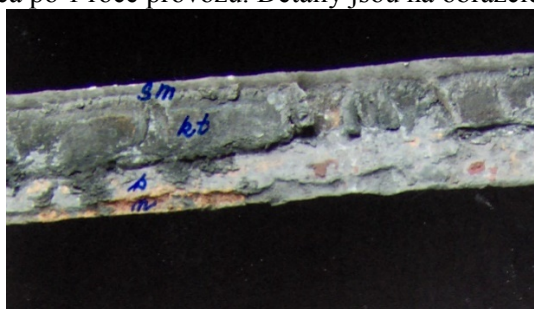


Obr. 4. Škody na budově kotelny.

6.1.2. Výbuch akumulátoru páry z prosince 2006

Jednalo se o akumulátor páry o objemu 860 l s nejvyšším pracovním přetlakem $PS = 1.1 \text{ MPa}$. Explóze akumulátoru páry způsobila 1 smrtelný pracovní úraz a jeden závažný pracovní úraz a devastaci technologie výroby páry a žehlicích kalandrů, včetně poškození statiky objektu takového rázu, že byla nařízena jeho následná demolice.

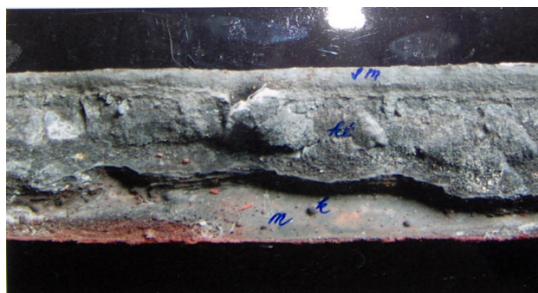
Z šetření vyplynulo, že příčinou havárie bylo neprovedení kořenového sváru podélného svárového spoje nádoby při výrobě[10]. Proto došlo k výraznému snížení odolnosti svarového spoje v důsledku nízkocyklové únavy materiálu nádoby. Důsledkem byl vznik trhliny ve sváru a otevření pláště nádoby za provozu, cca po 1 roce provozu. Detaily jsou na obrázcích 5-7.



Obr. 5. Detail lomu ve sváru uprostřed nádoby; n-neprůvar, s- korozně únavová trhlina ve studeném spoji, kt-korozně únavová trhlina ve výplňovém sváru, sn- ploška smykového dolomení 0.9-1.0 mm.



Obr. 6. Vzhled povrchu roztrženého podélného sváru v oblasti styku s obvodovým svarem. Šipkou je vyznačena poloha dna sváru A; šířka odlomené části 3.5 mm.



Obr. 7. Hluboký neprůvar na povrchu roztrženého podélného svaru asi 400 mm od středu délky tělesa tlakové nádoby; n – hluboký neprůvar, k – kulička rozstříku oceli, kt korozně únavová trhlina ve výplňovém svarovém kovu, sm – ploška smykového dolomení o šířce asi 1 – 2 mm.

6.1.3. Poučení

Poučení z havárií tlakových zařízení [10] ukazuje, že je nutné zvýšit důraz na celkovou bezpečnost technických zařízení, především bezpečnost tlakových zařízení, a to speciálně vyhrazených tlakových zařízení. Proto by bylo vhodné požadavky na projektování, výrobu a provoz tlakových zařízení upravit zákonem; ustanovení existujících vyhlášek není dostačující.

6.2. Plynová zařízení

Vyhrazená plynová zařízení (dále jen VPZ) jsou definována vyhláškou 21/1979 Sb., kde jsou rozdělena do několika kategorií. Tyto kategorie jsou dále členěny podle druhu zařízení, podle jednotlivých plynů, tlaku a způsobu použití. Další požadavky na VPZ jsou uvedeny v dalších vyhláškách např. vyhl. 48/19 a obecně platných předpisech, které ač nejsou závazné, platí jako odborné zásady pro projektování, montáž a provoz VPZ. Kromě norem ČSN, ČSN EN jsou také vypracovány předpisy TPG, TPD a nelze opomenout ani návody výrobců.

Vyhrazená plynová zařízení jsou zařízení pro:

- výrobu a úpravu plynů
- skladování a přepravy plynů
- plnění nádob plyny, včetně tlakových stanic
- zkapalňování a odpařování plynů
- zvyšování a snižování tlaku plynů
- rozvod plynů

6.2.1. Výbuch plynové PB lahve v Tursku

Mezi nejčastější příčiny havárií patří např. výbuch zemního plynu v budově, který vyvolá poškození plynovodu v přilehlém území. Následkem vniknutí plynu do budovy dojde k vytvoření výbušné směsi a po iniciaci např. zapnutím elektrického spotřebiče dojde k výbuchu.

V odpoledních hodinách 28. 10. 2020 došlo v obytném domě v Tursku u Prahy k výbuchu 10 kg propanbutanové láhve v jednom z bytů [11]. Výbuchu plynu předcházela netěsnost přívodu plynu u regulátoru tlaku plynu, kdy osoba, měnící PB láhev za novou, neprovedla kontrolu těsnosti napojení regulátoru při výměně, důsledkem čehož byl únik plynu na šroubení u lahve. Vzhledem ke specifickým vlastnostem PB (těžší než vzduch a vytvoření výbušné směsi již od 2% ve směsi se vzduchem) došlo po iniciaci k výbuchu, který rozbořil část obytného domu včetně střechy a stropu; obrázek 8.. V obytném domě s několika bytovými jednotkami - jeden člověk zemřel, 4 lidé byli zraněni a 20 dalších lidí bylo hasiči evakuováno.

Provozovatel plynového zařízení neprovedl řádnou kontrolu těsnosti napojení na novou láhev a nedodržel tak pokyny uvedené na PB láhvi, pokyny v návodu výrobce regulátoru ani obecné požadavky na zajištění bezpečnosti při provozu vyhrazených plynových zařízení [11].



Obr. 8. Poškozený dům a okolí po výbuchu v Tursku.

6.2.2. Výbuch plynu v obytném domě v Praze

K velkému výbuchu plynu došlo v Praze v Divadelní ulici nedaleko Arbesova náměstí v centru Prahy 18. února 2006[11]; (obrázky 9-11). Dopady:

- 2 úmrtí
- 2 vážně zranění
- 1 lehce zraněný
- 5 osob bylo resuscitováno
- 10 osob evakuovaných z poškozené budovy
- věcná škoda přesáhla 20 mil. Kč.
- zvuková vlna spojená s výbuchem byla slyšet až do vzdálenosti 1 km,
- tlaková vlna poškodila 15 aut na ulici
- Policie doporučila osobám v širším okolí (průměr cca 800 m) dobrovolnou evakuaci,
- zásah provedený 20 jednotkami Integrovaného záchranného systému trval 18 hodin a v blízkosti poškozené budovy (cca 200 m) byl pod stálým dohledem policie 3 dny (do konce kontroly potrubí specializovanou organizací).



Obr. 9. Pohled na zásah.



Obr. 10. Pohled na škody na objektu.



Obr. 11. Propálené potrubí DN 80 v důsledku kontaktu s elektrickým kabelem.

Nízkotlaká plynovodní přípojka zemního plynu DN 80 v blízkosti obytného domu (ve vzdálenosti cca 1,2 m) na Arbesově náměstí 1028/1 v Praze, vedoucí do tohoto objektu, byla poškozena elektrickým kabelem, který se v horní části přímo dotýkal plynového potrubí a vlivem zahoření propálil tento plynovod.

Po propálení plynovodu začal unikat zemní plyn podél potrubí v zemi a netěsnostmi mezi zdívem a vlastním plynovodem pronikal do objektu. Po vytvoření výbušné směsi zemního plynu se vzduchem došlo po iniciaci výbuchu.

Možná iniciace výbuchu byla z několika zdrojů:

- sepnutí ledničky nebo mrazáku
- otevřený plamen
- manipulace s elektrickými přístroji nebo vypínači.

Jedna z hlavních příčin propálení plynovodu je nedodržení předepsaných vzdáleností mezi jednotlivými trasami technických vedení při křížení nebo souběhu, jak požadují platné technické normy a platná legislativa.

Rovněž nebyla ustanovena „Osoba zodpovědná za provoz vyhrazených plynových zařízení“.



6.2.3. Výsledky výzkumu havárií plynových zařízení

Výsledky výzkumu dle práce [11]:

1. Existuje několik faktorů, které jsou při práci s vyhrazenými plynovými zařízeními dány prostorem a prostředím. U těchto zařízení záleží na jejich umístění, na vlastnostech použitého plynu, způsob, kterým je používán. Zdroje rizik jsou:
 - nedodržení pracovních postupů při instalacích, montážích, provozu nebo opravě plynového zařízení
 - chemické a fyzikální vlastnosti plynu
 - způsob použití plynu
2. Z analýz databází vyplynuly zdroje rizik:
 - Křížení plynovodu u domu (firma se dostatečně neseznámí s dokumentací a začne provádět výkopové práce ,nedodrжуje postupy a podceňujene bezpečí),
 - chyby při instalaci potrubí, např. plynovody přes obvodovou zeď do komerčních obytných budov nejsou řádně utěsněny,
 - zanedbávání inspekcí potrubí skladovaných pod úrovní terénu,
 - technické závady jako: špatná hadice spojující zdroj plynu se spotřebičem; poškozená nebo zkorodovaná láhev atd.,
 - plynová zařízení nejsou řádně udržována akontrolována vplném rozsahu,
 - provozní plynové zařízení není provozováno vsouladu spokyny výrobce,
 - provozní pravidla pro plynová zařízení jsou příliš obecná,
 - nedostatky zjištěné během inspekcí nebyly řádně odstraněny,
 - pojistné ventily nejsou řádně kontrolovány a udržovány,
 - nevyužitá část plynového zařízení není řádně vyřazena z provozu.

7. Závěr

Výzkum havárií ukázal, že k haváriím přispívají: neadekvátní standardy a postupy; nedostatek zdrojů; chybné audity a revize; práce pod tlakem; velké pracovní zatížení; resty; nedostatek kompetence; nepřiměřené požadavky; neadekvátní monitoring a opravy; příliš velká orientace na výkon; nejasné role a odpovědnosti; neadekvátní řízení a nedostatečný dohled. Proto velkou roli hraje kultura bezpečnosti.

- Účinná kultura bezpečnosti:
- je provázaný soubor pravidel, který dodržují všichni,
- je základním prvkem pro řízení bezpečnosti,
- odráží koncepci bezpečnosti,
- vychází z hodnot, stanovisek a jednání vrcholových řídicích pracovníků a z jejich komunikace se všemi zúčastněnými,
- je zřetelným závazkem aktivně se podílet na řešení otázek bezpečnosti,
- prosazuje, aby všichni zúčastnění konali bezpečně a aby dodržovali příslušné právní předpisy, standardy a normy.

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 978-80-01-06180-0, e-ISBN:78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p.
<https://doi.org/10.14311%2FBK.9788001061824>



- [2] PROCHÁZKOVÁ D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222 p.
<https://doi.org/10.14311%2FBK.9788001064801>
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., ŘÍHA, J., BERAN, V., PROCHÁZKA, Z.: *Řízení rizik procesů spojených se specifikací a umístěním technického díla do území*. ISBN: 978-80-01-06467-2. Praha: ČVUT 2018, 134p., <https://doi.org/10.14311%2FBK.9788001064672>
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. PROCHÁZKA, J., ŘÍHA, J., BERAN, V., PROCHÁZKA, Z. *Řízení rizik spojených s ukončením provozu technického díla a s předáním území do dalšího užívání*. ISBN 978-80-01-06527-3. Praha: ČVUT 2018, 114 p.,
<https://doi.org/10.14311%2FBK.9788001065273>
- [5] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., LUKAVSKÝ, J., BERAN, V., ŠINDLEROVÁ, V. *Řízení rizik procesů spojených se zhotovením technického díla a jeho uvedením do provozu*. ISBN 978-80-01-06609. Praha: ČVUT 2019, 207p.
<https://doi.org/10.14311%2FBK.9788001066096>
- [6] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., LUKAVSKÝ, J., DOSTÁL, V., PROCHÁZKA, Z., OUHRABKA, L. *Řízení rizik procesů spojených s provozem technického díla během jeho životnosti*. ISBN 978-80-01-06675-1. Praha: ČVUT 2019, 465 p.
<https://doi.org/10.14311%2FBK.9788001066751>
- [7] PROCHÁZKOVÁ D. Propojení norem a výsledků řízení rizik ve prospěch bezpečnosti. In: *Řízení rizik procesů, zařízení a bezpečnost složitých technických děl*. ISBN 978-80-01-06906-6. Praha: ČVUT 2021, pp. 7-19. DSPACE. <http://hdl.handle.net/10467/98461>.
- [8] ZAIRI, M. *Total Quality Management for Engineers*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 1991. TQM
- [9] NENADÁL, J. *TQM. Role ekonomiky jakosti v koncepci TQM*. 1999, www: <http://fmmi10.vsb.cz/639/qmag/mj03-cz.htm>.
- [10] PROCHÁZKOVÁ, D., OUHRABKA, L. Vybrané havárie tlakových zařízení. In: *Motivation-Education-Trust-Environment-Safety*. ISBN 978-80-89753-32-1. Strix et SSŽP 2020, pp. 25-38.
- [11] RUSEK, P., PROCHÁZKOVÁ, D. Risks in the Operation of Gas Installations in Commercial and Residential Buildings. In: *Proceedings the 31st ESREL Conference*. Singapore: Research Publishing(s) Pte Ltd. editorial@rpsonline.com.sg 2021. ISBN 978-981-18-2016-8, p. 2284-2289, doi:10.3850/978-981-18-2016-8_140-cd