NÁSTROJE ENVIRONMENTÁLNEJ POLITIKY
ENVIRONMENTAL POLICY TOOLS
Recenzovaný zborník z IX. medzinárodnej vedeckej konferencie, 30. I. 2019, Bratislava
Proceedings of the 9th International Conference, Bratislava, January 30, 2019
Žilina: Strix et SSŽP, Edition ESE - 46, ISBN 978-80-89753-33-8

ÚDRŽBA JE ZÁKLADEM PRO BEZPEČNOST TECHNICKÝCH PROVOZŮ

Dana PROCHÁZKOVÁ

MAINTENANCE IS THE BASIS FOR THE SAFETY OF TECHNICAL PLANTS

ENVIRONMENTAL POLICY TOOLS ´2019

ABSTRAKT
V DYNAMICKY PROMĚNNÉM SVĚTĚ BEZPEČNOST ZAJIŠŤUJEME ŘÍZENÍM RIZIK. ÚDRŽBA ZVYŠUJE ŽIVOTNOST KLÍČOVÝCH KOMPONENT I CELÉHO SYSTÉMU, TJ. JE DŮLEŽITÁ PRO BEZPEČNOST. CÍLEM ÚDRŽBY ZAŘÍZENÍ, KOMPONENT A SYSTÉMŮ TECHNICKÉHO DÍLA JE ZAJISTIT KVALITNĚ POŽADAVKY NA PRODUKTY NEBO SLUŽBY, KTERÉ POSKYTUJÍ.

KLÍČOVÁ SLOVA: *Riziko; bezpečnost; spolehlivost; údržba.*

ABSTRACT
IN A DYNAMICALLY VARIABLE WORLD, WE ENSURE SAFETY BY MANAGING THE RISKS. MAINTENANCE INCREASES THE LIFE OF KEY COMPONENTS AND THE ENTIRE SYSTEM, I.E. IT IS IMPORTANT FOR SYSTEM SAFETY. THE AIM OF MAINTAINING THE EQUIPMENT, COMPONENTS AND SYSTEMS OF TECHNICAL FACILITY IS TO ENSURE QUALITY REQUIREMENTS FOR THE PRODUCTS OR SERVICES THAT THEY PROVIDE.

KEY WORDS: *Risk; safety; reliability; maintenance.*

1. Úvod

Technická zařízení a technická díla jsou výsledkem umu celých generací lidí. Každá ze zmíněných entit se skládá z řady částí, které jsou propojené a vytváří struktury objektové nebo síťové. Zvláštní pozornost v současné době mají velká technická díla, která zajišťují kvalitní základní služby pro lidi [1]. Mají formu socio-kyber-technickou [2]. Z důvodu své důležitosti pro lidstvo jsou na nich závislé základní funkce státu, a proto se s nimi spojuje slovo kritické. V předloženém článku se soustředíme na běžné inženýrské systémy, protože ty plní dennodenní požadavky občanů, a proto vyžadují cílenou antropogenní péči.

Na základě poznatků shrnutých v pracích [1,2] každý inženýrský systém se charakterizuje strukturou, hardwarem, procedurami, prostředím, toky informací, organizací a rozhraním mezi těmito komponentami. Základním prvkem ochrany technických děl a technických zařízení v oblasti technických řešení je aplikace spolehlivých technických prvků, jejich kvalifikované propojení a provozní režim dovolující bezpečný a spolehlivý provoz, včasná a řádná údržba, zálohování prioritních částí technických zařízení či děl, využití různých principů zálohování a promyšlené rozmístění záloh v území. Aspekty důležité pro péči o technická zařízení i celá technická díla jsou však velmi rozmanité, především jde o aspekty znalostní a technické, které předurčují kapacitní možnosti technických děl a technických zařízení, organizační a právní záležitosti, které umožňují

provoz technických děl a technických zařízení na určité úrovni v území a v čase, a nelze opominout otázky finanční, personální a politické na národní a mezinárodní úrovni.

2. Bezpečnost technických děl, technických provozů a technických zařízení

V inženýrských disciplínách používaných ve vyspělých zemích se ve spojení se zajištěním bezpečných technických děl a zařízení ustálila jistá terminologie, která je převedena do českého jazyka, např. [4], a bude dále používána. Riziko je chápáno jako míra normovaných škod, ztrát a újmy na chráněných aktivech sledovaných v daném kontextu [4]. Bezpečnost v současném pojetí, zavedeném v práci [5], znamená soubor antropogenních opatření a činností, kterými je zajištěno, že sledovaná položka je bezpečná, tj. položka ani při svých kritických situacích neohrožuje ani sebe, ani veřejná aktiva ve svém okolí. Úrovně souboru opatření a činností jsou různé a závisí na znalostech a možnostech řídícího subjektu [2]. Cíle souboru opatření a činností v praxi jsou: bezpečné zařízení; bezpečná komponenta; bezpečný provoz; bezpečné technické dílo apod. V dynamicky proměnném světě bezpečnost zajišťujeme řízením rizik dle poznatků shrnutých v pracích [1,2,4].
Fenomény současné doby jsou rizika a bezpečnost. Nejde o komplementární pojmy, protože bezpečnost lze zajistit také organizačními opatřeními založenými na znalostech a výcviku lidí, a to tak, aniž bychom snížili riziko [1]; komplementární veličinou k bezpečnosti je veličina kritičnost (v některých českých předpisech je pojem nebezpečnost [3]).

Na základě poznatků shrnutých v práci [2] v současné praxi existuje několik způsobů řízení rizik, které jsou založené na systémovém pojetí a na proaktivním přístupu a mají oporu v zákonech, normách a standardech. Odlišují se cílem řízení; jde o cíle: zajištění spolehlivého systému; zajištění zabezpečeného systému; a zajištění bezpečného systému. Podle souboru zvažovaných rizik a stanovených cílů řízení je řízení rizik u technických děl zacílené na:

- ***spolehlivé technické dílo***, tj. technické dílo, které bezchybně plní stanovené úkoly po stanovenou dobu za určitých podmínek,
- ***zabezpečené technické dílo***, tj. technické dílo, které bezchybně plní stanovené úkoly po stanovenou dobu za určitých podmínek, a přitom je ochráněno proti všem vnitřním a vnějším pohromám, včetně lidského faktoru,
- ***bezpečné technické dílo***, tj. technické dílo, které bezchybně plní stanovené úkoly po stanovenou dobu za určitých podmínek, je ochráněno proti všem vnitřním a vnějším pohromám, včetně lidského faktoru, a ani při svých kritických podmínkách neohrozí sebe a své okolí.

I když se pro uvedené cíle při práci s riziky používají stejné metody, postupy a techniky, tak jejich výsledky jsou často konfliktní, jak ukazují výsledky v praxi [2], a proto je důležité, že v současné době je kladen důraz na bezpečná technická zařízení, bezpečné postupy, bezpečné procesy, bezpečná technická díla a bezpečný svět [1-7].

Snižování jakéhokoliv rizika je spojeno se zvyšováním nákladů, s nedostatkem znalostí, technických prostředků apod. Proto se v praxi hledá hranice, na kterou je únosné riziko snížit tak, aby vynaložené náklady byly ještě rozumné. Tato míra rizika (určitá optimalizace) je většinou předmětem vrcholového řízení a výsledkem politického rozhodování, při kterém je z hlediska zajištění trvalého rozvoje nutné, aby se využily současné vědecké a technické poznatky a zohlednily ekonomické, sociální a další podmínky [4].

3. Data a metody a výsledky studia havárií a selhání technických děl a technických zařízení

Vztah mezi údržbou a bezpečností technických entit lze sledovat na základě logiky, že selhání, nehody a havárie sledovaných entit jsou důsledkem narušení bezpečnosti entit. Proto k danému cíli byla využita analýza:

- téměř 8000 havárií a selhání technických zařízení a technických děl ve světě, které jsou v autorkou zpracované databázi havárií a selhání technických děl objektových a síťových (zahrnujících např.: 1922 průmyslových havárií s nebezpečnými látkami; 2243 selhání průmyslových objektů; 1611 selhání sítí zařazených do kritických infrastruktur; 1240 selhání mostů, 223 jaderných nehod a havárií; 223 dopravních nehod na silnicích s nebezpečnými látkami; 186 dopravních nehod s nebezpečnými látkami na železnicích; 163 leteckých dopravních nehod apod.) [8]; opublikované popisy vybraných havárií a selhání jsou v pracích [1,2,9-14],
- publikovaných odborných dokumentů obsahujících výsledky hodnocení nehod, havárií a selhání [15-27].

U jednotlivých případů byly sledovány příčiny vedoucí k havárii nebo selhání technických zařízení či technických děl všeho druhu [3,4]. Nejprve byly příčiny roztříděny na vnitřní a vnější s tím, že poté se pozornost soustředila na vnitřní příčiny. U vnitřních příčin bylo sledováno jejich četnostní rozložení s tím, že pozornost byla věnována údajům o údržbě.

Z výsledků výzkumu založeném na vyhodnocení výše uvedených dat vyplývá, že jednou ze základních vnitřních příčin havárií a selhání technických děl a technických zařízení, která se vyskytuje u všech typů technických děl a technických zařízení, je údržba (kolem 63%); v některých případech se jedná dokonce o klíčovou příčinu. Z konkrétních analýz havárií a selhání technických děl a technických zařízení vyplynuly skutečnosti jako: neprováděná údržba; špatně prováděná údržba; nedostatečná údržba; špatný postup údržby; špatný rozvrh údržby; nedostatečně kvalifikovaný personál provádějící údržbu; nedostatečná preventivní údržba; chybí režim údržby a oprav, tj. neprovádí se kvalitní údržba a včasné opravy staveb, strojů a dalších zařízení s ohledem na stárnutí materiálů, velké opotřebení způsobené nároky na výkon či proměnné okolní podmínky apod.

4. Současné poznatky a požadavky na údržbu technických děl a technických zařízení

Poznatky shromážděné v odborné literatuře i zkušenosti z praxe ukazují, že zanedbaná nebo nesprávně prováděná údržba vede k růstu zranitelnosti sledované položky, a v praxi pak dochází k častějšímu selhání položky. O každé položce rozhoduje člověk, a proto je nutno zohlednit předmětné poznání. Je pochopitelné, že s ohledem na dostupné zdroje, údržba musí být z hlediska finančního optimální. Proto dle [28] je třeba vytvořit reprezentativní soubor možných scénářů údržby, určit a vyhodnotit dopady jejich rizik s ohledem na kvalitní chod provozu, a pak z nich vybrat kvalitní, tj. průhlednou, opakovatelnou a správnou metodou optimální scénář údržby z pohledu technického i finančního. Přitom je důležité zvažovat bezpečnost, životnost a spolehlivost zařízení. Jelikož u provozů i organizací se nejedná o statické problémy, ale o problémy dynamické, je vhodné provádět řízení bezpečnosti, ve kterém je obsažena problematika údržby, pomocí indikátorů zvažujících změny v čase. Každý provoz i organizace jsou jedinečné, a proto indikátory údržby jim musí být přišity na míru. Existuje obecný logický postup pro jejich sestavení a používání, ale použití v konkrétní praxi musí zohledňovat místní specifika, což platí vždy v souvislosti s riziky [4].

Nákladově a přínosně řízená údržba společnosti nebo majetku podniku je absolutně podstatná pro maximální ziskovost a dlouhodobé přežití společnosti, podniku nebo infrastruktury. Pro posouzení úrovně údržby jsou nutné dokumentace a inspekce, včetně pravidelných auditů, a to především vnějších. Podle amerických modelů bezpečnost funkcí podniku či zařízení zajišťuje dostupnost (dosažitelnost) a vyžaduje aplikaci konceptu integrální bezpečnosti zahrnující spolehlivost a udržitelnost. Podle práce [29] v případech, u kterých je malá schopnost provozovatele rizika redukovat nebo zmírňovat, je třeba zajistit častější sofistikované aktivity v oblasti údržby a častější sofistikované inspekce. Podle práce [30] data z inspekce je třeba aproximovat vhodným matematickým modelem, který nejlépe vyhovuje s tím, že jsou používány následující podpůrné podklady: lineární model; exponenciální model; mocninný model; logaritmický model; Gompertzův model; a Lloyd-Lipowův model. Výsledkem je pak degradační křivka, podle které se určuje doba provedení údržby nebo inspekce, tak, aby pravděpodobnosti výskytu selhání komponent a systémů byly přijatelné.

Podle práce [31] měření spolehlivosti v údržbě a měření výkonu provozovatele na úseku údržby jsou charakterizovány účinností řízení údržby, přičemž hlavní kritéria jsou: spolehlivost; dostupnost; udržovatelnost; efektivita zdrojů; a procento neplánovaných činností. Množství sdělení věnovaných údržbě v dokumentech [32,33] ukazuje na to, že stále více si odborníci uvědomují, že údržba byla v posledních letech z finančních důvodů zanedbávaná a že to přineslo zvýšený výskyt selhání a havárií technologických zařízení.

V práci [34] Garg a Deshmukh ukázali, že optimalizační modely pro údržbu musí pokrývat 4 aspekty, a to: popis technického systému, jeho funkce a důležitosti; modelování pokažení systému v čase a možné důsledky pro daný systém; popis dostupných informací o systému a popis činností pro podporu řízení systému; a objektivní funkce a optimalizační techniky, které pomáhají najít nejlepší rovnovážný stav. Podle práce [35] je k tomu potřeba: strukturovat rozhodovací problém; vytvořit tabulku dopadů a následků selhání; eliminovat dominantní alternativy; a vyhodnotit výměny nevhodných položek.

Cílem údržby zařízení, komponent a systémů technického díla je zajistit rostoucí požadavky na produkty nebo výrobky, které poskytují. Údržba zvyšuje životnost klíčových komponent i celého systému. Při provádění údržby je třeba dodržovat jisté postupy a v případech, kdy existují nebezpečí jako je možnost exploze, musí být používána specifická ochranná opatření. Proto je třeba údržbu důkladně naplánovat a připravit podle: návodů pro obsluhu a údržbu od výrobce; konstrukčních a projekčních podkladů; pracovního postupu, použitého pracovního prostředků, údajů o přítomných nebezpečných látkách; provozních zkušeností; zkušeností pracovníků obsluhy a údržby; podmínek provozu a místních podmínek; provozně poplachových plánů; poznatků kontroly o daném pracovním místě; rozmístění ochranných prostředků (např. čidel pro signalizaci požáru); možných zdrojů ohrožení v místě a jeho okolí, a to včetně okolního vybavení.

Údržba závisí na provozu systému [36]. Obvykle ji dělíme na reaktivní neboli neplánovanou a proaktivní neboli plánovanou. V prvním případě jde o korekce zařízení, komponenty či systému prováděné po jejich selhání. V druhém případě odlišujeme preventivní a prognostickou údržbu. Preventivní údržba zahrnuje výměny částí nebo údržbu založené na stárnutí. U kritických položek je nutno používat prognostickou údržba, která se opírá o výsledky kontinuálního monitorování.

V odborné literatuře shrnuté v práci [36] lze najít informace, dle kterých se náklady na údržbu technických děl pohybují mezi 15-70% výrobních nákladů. Výzkum uvedených praktik ukázal, že strategii údržby lze dělit na:

- nápravnou (korekční) strategii, ve které se údržba provádí až po selhání zařízení, což vede k velkým nákladům,
- preventivní strategie spočívající v tom, že se provádí pravidelná údržba zařízení od dosažení určitého stáří zařízení, a pak se zařízení vymění, což může být nákladné,
- strategie údržby závislá na stavu zařízení (condition-based maintenance), ve které se údržba provádí na základě výsledků monitoringu stavu zařízení, což vede k optimalizaci nákladů na údržbu.

Dle zkušeností z praxe, které jsou uvedené v odborné literatuře, strategie údržby závislá na stavu zařízení (condition-based maintenance - CBM) kromě toho vede ke zvyšování výroby, dostupnosti a bezpečnosti systémů, protože se snižuje počet selhání zařízení.
Výsledky výzkumu shromážděné v práci [37] ukazují, že ve složitých systémech, kterými jsou technická díla, je skutečností, že strategie CBM jsou různé pro různé komponenty, a proto z hlediska celého systému je třeba provést jistou optimalizaci. To znamená podle kritičnosti zařízení je třeba kombinovat preventivní a prognostickou údržbu. V celém systému preventivní údržbu komponent provádět na základě periodických inspekcí (prohlídek) a prognostickou při dosažení kritických podmínek u jisté komponenty; neperiodické inspekce zacílené na zjištění kritických podmínek komponent jsou pochopitelně častější u starších komponent. V citované práci jsou uvedeny průměrné minimální náklady na různé typy údržba, tabulka 1.

Tabulka 1. Průměrné minimální náklady na různé typy údržby.

Typ údržby	**Minimální průměrné náklady (mil. EUR)**
Po selhání	206,7
Pravidelná	71,3
CBM spojená s periodickými inspekcemi	58,2
CBM spojená s aperiodickými inspekcemi prováděnými na základě monitoringu kritických částí	35,4

N základě současného poznání [36] správné strategie údržby, a hlavně režimu údržby patří do kritických procesů organizace z pohledu plánu produkce. Protože údržba znamená přerušení výroby tak např. údržba zařízení, která jsou v provozu jen v pracovní dny, se provádí o víkendu. Jelikož toto není možné u nepřetržitého provozu, TAK se řeší tzv. selektivní problém údržby. Výběrová údržba je zaměřena na kritická / prioritní zařízení a tak, aby celkové náklady na údržbu byly minimální. Při jejím plánování se používají otázky:

- Budou splněny cíle výroby v daném časovém intervalu?
- Jaký výsledek přinese údržba pro provoz?
- Jak přispěje údržba k celkovému výrobnímu procesu?
- Jaký ovlivní trend výkonu výroby?
- Jaké zásahy je třeba udělat proti jevům, které jsou klíčovými příčinami narušení výkonu výroby?

Dle práce [38] periodická údržba je nutná u všech systémů, které jsou spojeny s bezpečností. Např. v železniční dopravě direktiva [39] vyžaduje, aby se udržela přijatelná úroveň bezpečnosti pomocí změn kritických procesů železnice a programů údržby za přijatelných nákladů provozovatele na provoz a údržbu. Uvádí, že pro řízení procesní bezpečnosti zařízení jsou důležitá data o:

- spolehlivosti (rozložení selhání komponent, typy selhání komponent, záloh, profilu provozu),
- údržbě (politika oprav a výměn, doba oprav, korektivní údržba, preventivní údržba, inspekce),
- logistická data (náhradní části, doby dodání náhrad, čas pro zajištění dodání),
- finanční data (náklady na náhradní části, sankce při nesplnění dodávek, nápravná údržba, preventivní údržba, inspekce).

5. Závěr

Z pohledu bezpečí a rozvoje lidí je třeba u technických zařízení, technických provozů a technických děl upřednostnit řízení bezpečnosti, které v sobě zahrnuje řízení spolehlivosti, protože na základě analýzy havárií je bezpečnost nadřazená spolehlivosti. Pro bezpečnost technických zařízení a technických děl musí provozovatel technických zařízení a technických děl zajišťovat tři cíle z hlediska veřejného zájmu. Prvním cílem je zajistit provozní spolehlivost (dependability) technického zařízení i technického díla, protože tím sledovaná položka zabezpečuje služby a výrobky, ke kterým je vybudována. Druhým cílem je zajistit integrální (systémovou) bezpečnost sledované položky, tj. ochránit předmětnou položku před pohromami všeho druhu (vnitřními i vnějšími, a to včetně lidského faktoru). Třetím cílem je zajistit, aby technické zařízení či technické dílo ani při svých kritických podmínkách neohrožovalo sebe a své okolí, tj. ostatní veřejná aktiva.

Příklady z praxe shromážděné v pracích [1,2,9-14,40] ukazují, že bezpečnost v řadě případů nevyžaduje vysokou spolehlivost (např. vlak za nepříznivých podmínek nesmí s ohledem na možné ztráty lidských životů a materiální škody při případné havárii upřednostnit spolehlivost před bezpečností, tj. snažit se včas dojet do stanice, a přitom ohrozit životy a zdraví lidí). Jelikož se v současné době budují autonomní systémy řízení technických děl, tak se ukazuje jako velmi důležité

sestavení pořadí kritérií, dle kterých bude autonomní systém rozhodovat s ohledem na bezpečí a zdraví lidí.

Výše uvedené výsledky studia havárií a selhání technických děl a technických zařízení ukazují, že jednou z příčin narušení bezpečnosti je nekvalitní údržba. Analýza současného poznání ukazuje, že rutinní údržba nařízená předpisy nemůže zaručit bezpečnost sledovaných entit. Je nutno provádět údržbu podle kritičnosti entit.

Řada příkladů z praxe ukazuje, že když šetříme a zanedbáváme údržbu, tj. komponenty vyměníme, až když selžou (mluvíme o tzv. FBM - Failure – Based - Maintenance), vystavujeme se velkým nákladům nebo vzniku havárií s velkými dopady [37]. Alternativou k uvedenému způsobu je preventivní údržba, při které po určité době (stanovené podle strategie stárnutí komponent) vyměňujeme celé soubory komponent, když se objeví selhání u jedné z komponent. Tato strategie sice pomáhá předcházet selhání, protože snižuje prostoje (downtime) systému, ale má tendenci být konzervativní, tj. často se vyměňuje i to, co se vyměňovat nemuselo. Proto v současné době údržbu rozdělujeme na: korekční; preventivní; a prognostickou (smart, chytrou).

Údržba založená na podmínkách (CBM – condition–based maintenance) označuje strategii prognostické (chytré) údržby. Její plán údržby je řízen výsledkem sledování stavu komponent. Údržba se provede, jakmile sledování stavu komponenty ukáže překročení jisté prahové hodnoty popisující stav komponenty (tj. jistou kritičnost). Je založena na neperiodických inspekcích a je cenově výhodná (nová).

V praxi je třeba propojit strategii údržby a strategii výroby, která živí provozovatele technického díla. Zavedení požadavků výrobce do strategie údržby není vždy jednoduché, a proto teoretické modely optimalizované údržby se v praxi nepoužívají. Proto také plán údržby a způsob jeho provádění patří mezi kritické položky provozovatele technického díla. Předmětný plán musí být koherentní s dostupností zdrojů s požadovanou spolehlivostí a výkonem.

Poďakovanie [zaradenie príspevku]

Autorka děkuje za podporu EU a MŠMT, grant na projekt RIRIZIBE, CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/0002649.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

[1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů.* ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.

[2] 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. [on-line] Available on - URL: http://hdl.handle.net/10467/725822017

[3] ČR. *Sbírka zákonů.*

[4] PROCHÁZKOVÁ D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. [on-line] Available on - URL: http://hdl.handle.net/10467/78442

[5] UN. *Human Development Report*. UN, 1994 New York, [on-line] Available on - URL: www.un.org.

[6] EU. *The Safe Community Concept*. EU, 2004 Brussels, PASR project.

[7] EU. *Green Paper on a European Programme for Critical Infrastructure Protection*. Brussels: EU 2005, [on-line] Available on - URL: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC05 76&

[8] PROCHÁZKOVÁ, D. *Databáze poznatků a dat o haváriích a selháních*. Praha: osobní archiv 2019.

[9] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., PATÁKOVÁ, H., PROCHÁZKA, Z., STRYMPLOVÁ, V. *Kritické vyhodnocení přepravy nebezpečných látek po pozemních*

komunikacích v ČR. ISBN 978-80-01-05599-1. Praha: ČVUT 2014, 150p.

[10] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., PROCHÁZKA, Z. Kritičnost a rizika mostů z pohledu zajištění bezpečnosti kritické infrastruktury. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly.* ISBN: 978-80-01-06351-4. Praha: ČVUT 1017, pp. 120-143, [on-line] Available on - URL: http://hdl.handle.net/10467/73522

[11] PROCHÁZKA, Z., PROCHÁZKOVÁ, D. Příčiny pohrom s přítomností radioaktivních látek. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly.* ISBN: 978-80-01-06351-4. Praha: ČVUT 1017, pp. 94-119, [on-line] Available on - URL: http://hdl.handle.net/10467/73522

[12] PROCHÁZKOVÁ, D., KERTIS, T., PROCHÁZKA, J., PROCHÁZKA, Z. Železnice - jejich rizika a nástroje pro řízení bezpečnosti. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. ISBN: 978-80-01-06515-0. Praha: ČVUT 2018, pp. 128-169. [on-line] Available on - URL: http://hdl.handle.net/10467/79042

[13] PROCHAZKOVA, D. & PROCHAZKA, J.: Causes of Accidents in Civilian Aircraft Operation and Tools for Management of Selected Risks. In: *Safety and Reliability – Theory and Applications.* ISBN: 978-1-138-62937-0. London: Taylor & Francis Group 2017, pp. 3057-3066. www.crc.press.com

[14] PROCHAZKOVA, D., PROCHAZKA, J. Smart Cities and Critical Infrastructure. In: *Smart Cities Symposium Prague 2018,* pp. 1-6. **e**ISBN: 978-1-5386-5017-2, IEEE 2018, **doi:** 10.1109/SCSP.2018.8402676. [on-line] Available on - URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8402676/

[15] TURNER, B. *Man-made Disasters.* New York: Wykeham Science Press 1978.

[16] PERROW, CH. *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies.* Princeton: Princeton University Press 1999.

[17] SAGAN, S. *The Limits of Safety.* Princeton: Princeton University 1993.

[18] LEES, F. P. *Loss Prevention in the Process Industry*, *Volumes 1-3.* Oxford: Butterworth-Heinemann 2001.

[19] LUIJIF, E. Empirical Findings. CI Disruptions, Dependencies and Common Cause Events. In. *CIPRNet Project 2017.* Brussels: EU 2017.

[20] [on-line] Available on - URL: https://www.nasa.gov

[21] [on-line] Available on - URL: www.iaea.org

[22] [on-line] Available on - URL: www.oecd.org

[23] [on-line] Available on - URL: https://www.wano.org

[24] [on-line] Available on - URL: www.un.org/en

[25] [on-line] Available on - URL: https://www.swissre.com

[26] [on-line] Available on - URL: https://munichre.com

[27] [on-line] Available on - URL: https://www.iata.org

[28] BRIŠ, R., SOARES, C. G., MARTORELL, S. (eds). *Reliability, Risk and Safety. Theory and Applications*. ISBN 978-0-415-55509-8, CRC Press / Balkema, Leiden 2009, 2367p.

[29] ALE, B., PAPAZOGLOU, I., ZIO, E. (eds). *Reliability, Risk and Safety.* Taylor & Francis Group, London 2010, ISBN 978-0-415-60427-7, 2448p.

[30] SOBRAL, J., FERREIRA, L. A. Development of a New Approach to Establish Inspection Frequency in a RBI Assessment. *In: Reliability, Risk and Safety. Back to the Future.* Taylor & Francis Group, London 2010, ISBN 978-0-415-60427-7, pp 1446-1452.

[31] CAMPBELL, J. D. Outsourcing in Maintenance Management: A Valid Alternative to Self-Provision. *Journal of Quality in Maintenance Engineering,* 1 (2008), 3, pp 18–24.

[32] MOUBRAY, J. *Reliability-centered maintenance*. New York: Industrial Press Inc. 1997.

[33] VIROLAINEN, R., AVEN, T. (eds). *PSAM11 and ESREL 2012 Proceedings.* ISBN 978-162-276-4365, IPSAM & ESRA, Helsinki 2012.USB, 400 MB.

[34] GARG, A., DESHMUKH, S. G. Maintenance Management: Literature Review and Directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 12 (2006), 3, pp 205–238.

[35] FERREIRA, R. J. P. , CAVALCANTE, C. A. V. , ALMEIDA, A. T. Multicriteria Approaches for Maintenance Policies Selection. In: *Reliability, Risk and Safety. Back to the Future.* London: Taylor & Francis Group 2010, ISBN 978-0-415-60427-7, pp. 1416-1423.

[36] PROCHÁZKOVÁ D. *Podklad pro monografii „ Řízení rizik procesů spojených s provozem technického díla během jeho životnosti“*. Praha: Osobní archiv 2019.

[37] OLDE KEIZER, M.C.A., TEUNTER, R. H. Clustering Condition-Based Maintenance for a Multi-Unit System with Aperiodic Inspections. *In: Safety and Reliability of Complex Systems.* London: Taylor &Francis Group 2015. ISBN:978-1-138-02879-1 pp. 983-981.

[38] BÖRCSÖK, J. *Elektronische Sicherheitssysteme, Hardwarekonzepte, Modelle und Berechnungen*. Mannheim: Hüthig GmbH & Co.KG 2003.

[39] IEEE. *Common Safety Methods and Risk Analysis.* ISBN: 978-1-5090-3688-2. Toulouse 2016. doi: 10.1109/dsn-w.2016.53

[40] ČVUT. Řízení rizik a bezpečnost složitých technologických objektů (RIRIZIBE)“ CZ.02.2.69/0.0/0.0/16 _018/000. Praha: ČVUT 2018.

ADRESA AUTORA

Doc. RNDr. Dana Procházková, PhD., DrSc.
ČVUT v Praze, Fakulta strojní, katedra energetiky, Praha, Česká republika
e-mail:prochdana7@seznam.cz

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU
Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS
Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.