

ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

ANALÝZA A HODNOCENÍ RIZIK S OHLEDEM NA LIDSKÝ FAKTOR



**Materiály z 50. semináře
odborné skupiny pro spolehlivost**

Praha. únor 2013



OBSAH

Identifikace potenciálních lidských chyb pomocí kombinované metodiky HTA-PHEA	3
<i>RNDr. Petr Skřehot, Ph.D., VÚJE Česká republika s.r.o.</i>	
Předpověď a prevence rizik spojených s lidským výkonem	11
<i>Ing. Radim Doležal, Technická univerzita v Liberci</i>	
Posouzení rizik z chybování člověka při rekonstrukci rozvodů	20
<i>doc. Ing. Pavel Fuchs, CSc., Technická univerzita v Liberci</i>	

Identifikace potenciálních lidských chyb pomocí kombinované metodiky HTA-PHEA

RNDr. Petr Skřehot, Ph.D., VÚJE Česká republika s.r.o.
tel. +420 777 828 865, e-mail: skrehot@vuje.cz

Abstrakt

Posuzováním spolehlivosti lidského činitele v rámci provozovaných činností se v současnosti zaobírají nejvíce chemické podniky spadající pro díkci zákona č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií (tzv. direktiva SEVESO II). Ty mají povinnost také hodnotit vliv lidského činitele na objekt nebo zařízení v souladu s relevantními zdroji rizik. Bohužel však žádný právně závazný předpis nestanoví bližší požadavky na tuto analýzu. Zpracovatelé tak musejí využívat buď zahraniční metodiky anebo alternativní postupy. Doporučuje se však vycházet ze standardizovaných metod, které byly již mnohokrát ověřeny v praxi a které umožňují získávat kvalitní výstupy. Mezi ně patří např. metody HTA a PHEA, které umožňují provádět detailní analýzu úkolů a na ni navazující identifikaci relevantních chyb. Tento článek představí princip těchto metod a představí jejich integrovanou variantu.

Klíčová slova

studium lidských faktorů; prevence závažných havárií; hodnocení spolehlivosti lidského činitele; management bezpečnosti; analýza rizik

1. Úvod

V posledních letech se zejména ze strany zpracovatelů bezpečnostní dokumentace podle zákona č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií stále častěji objevuje volání po nových metodických návodech, které by jim umožnily lépe a efektivněji promítnout nejnovější vědecké poznatky do praxe. Především se jedná o zlepšení analýzy a hodnocení rizik, resp. její části zaměřené na analýzu spolehlivosti lidského činitele. Není pochyb, že doposud hojně používané přístupy se již myšlenkově značně vyčerpaly, a je tedy potřeba využívat nástroje nové, lépe vyhovující stávajícím potřebám i změnám, které moderní doba přináší. Dlouho používané kvalitativní analýzy již nejsou považovány za dostatečně relevantní, a stále více je tak voláno po propojení této analýzy s analýzou technologických rizik prováděnou klasickými inženýrskými přístupy. Tato integrace si však žádá nový pohled na uvedenou problematiku. Obecně se pro tento účel doporučuje využívat takové systematické nástroje, které umožní do rizikových analýz integrovat kognitivní prvky lidského činitele. Z toho plyne, že použití ryze technických metod jako např. HAZOP nemůže tento požadavek naplnit; naproti tomu použití metod typu LOPA ano. Ještě lepší výsledky však poskytuje využití kombinace metod HTA, PHEA a LOPA-HF.

Tyto metody byly autorem integrovány do jednotného přístupu nazvaného „Integrovaná metodika HTA-PHEA“. V něm se kloubí jak moderní pohled inženýrský, tak i přístupy kognitivní, což významně posouvá možnosti prováděných analýz spolehlivosti lidského faktoru.

2. Posouzení vlivu lidského činitele v souvislosti s relevantními zdroji rizik

Česká legislativa pamatuje na roli člověka v pracovním systému coby „rizikového elementu“ ve dvou předpisech: v zákoníku práce (č. 262/2006 Sb.) a v zákoně o prevenci závažných havárií (č. 59/2006 Sb.), resp. jeho prováděcí vyhlášce č. 256/2006 Sb. V prvním z uvedených předpisů

je uvedeno, že zaměstnavatel je za účelem zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci povinen soustavně vyhledávat nebezpečné činitele a procesy pracovního prostředí a pracovních podmínek, zjišťovat jejich příčiny a zdroje. Nebezpečným činitelem jsou míněny nejen viditelné či měřitelné aspekty pracovišť a prostředí, ale také lidé samotní. Člověk tvoří totiž nejslabší článek v zajištění bezpečnosti na pracovišti, protože pracovní systém navrhuje, utváří a kontroluje. To v konečném důsledku také znamená, že jakékoli jeho selhání ovlivňuje ostatní prvky pracovního systému. Ostatně již v roce 1931 prokázal H. W. Heinrich, že „havárie jsou výsledkem nebezpečných činností a nebezpečných podmínek, přičemž lidé způsobují mnohem více havárií, než nebezpečné podmínky“. Tato skutečnost, která byla mnohokrát potvrzena nejrůznějšími haváriemi, vedla k přijetí evropské direktivy SEVESO, kterou v našem právním řádu reprezentuje zákon č. 59/2006 Sb. a jeho prováděcí předpisy. Za pozornost stojí zejména vyhláška č. 256/2006 Sb. o podrobnostech systému prevence závažných havárií, která provozovatelům ukládá provádět posouzení vlivu lidského činitele na objekt nebo zařízení v souvislosti s relevantními zdroji rizik.

Ačkoliv nejsou v uvedeném předpise blíže popsány požadavky na způsob tohoto posouzení, je zřejmé, že se musí jednat o komplexní materiál, který by měl přehledným způsobem zahrnovat posouzení spolehlivosti a také chybování lidského činitele. To lze v praxi nejlépe splnit kombinací kvantitativní a kvalitativní analýzy. Současné přístupy ale nekladou prakticky žádný důraz na kvantitativní způsob hodnocení. V ČR se používá nejčastěji popisné posouzení připomínající spíše analýzu současného stavu než analýzu vycházející z aplikace exaktních metod. Přitom již Reason [6] a řada dalších [3,5] upozornil na skutečnost, že hodnocení spolehlivosti lidského činitele musí v sobě zahrnovat tyto kroky:

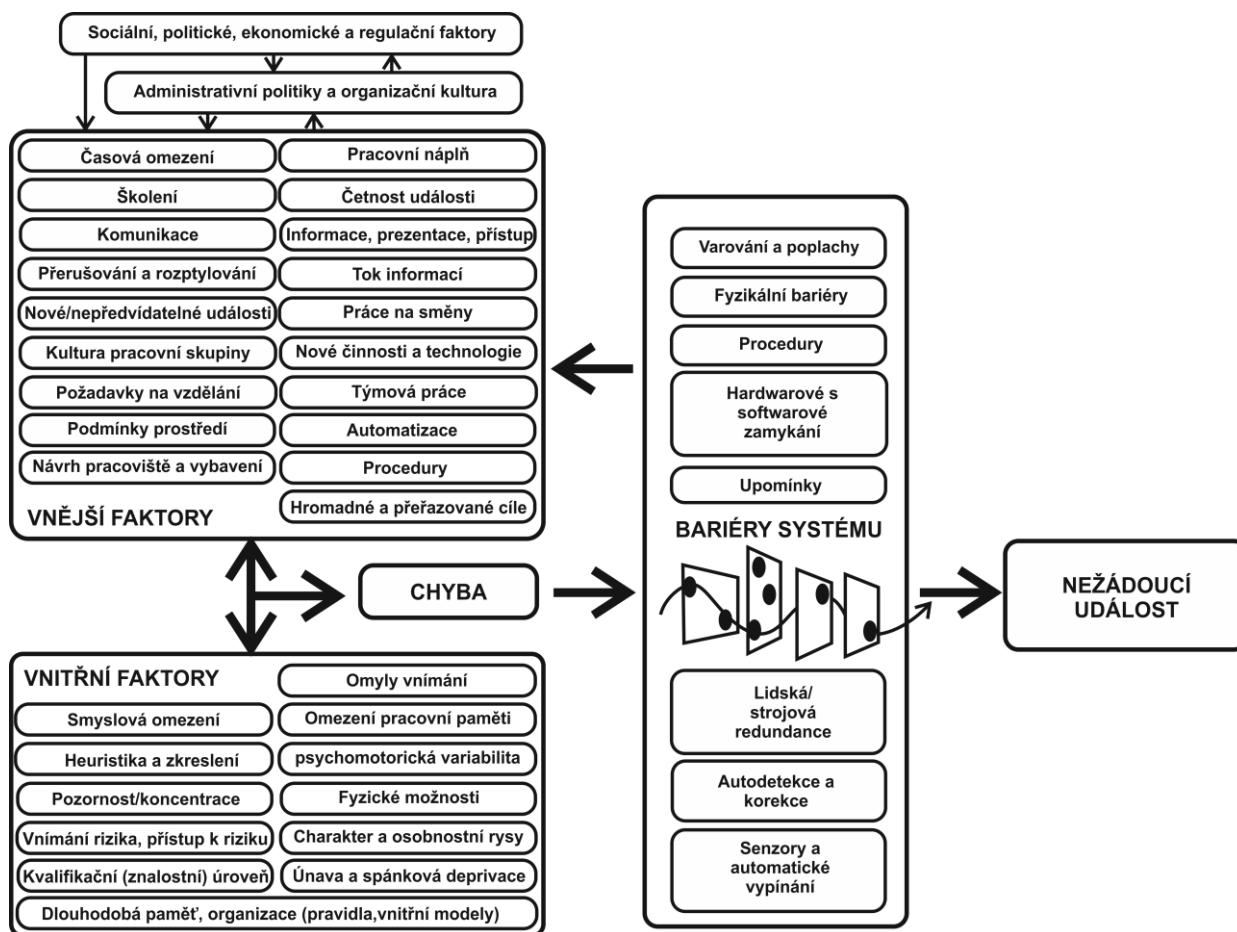
- (1) Analýzu úkolů.
- (2) Identifikaci lidských chyb.
- (3) Kvantifikaci spolehlivosti člověka (tj. určení pravděpodobnost vzniku chyby).

3. Kauzalita nehodového děje

Kvantitativní analýza spolehlivosti lidského činitele se ale neobejde bez znalosti scénáře nehodového děje, který může za daných okolností nastat. Doposud se tyto predikce prováděly pomocí nejrůznějších stromových metod (např. FTA a ETA), ve kterých však role člověka byla zohledněna jen velmi okrajově. Na člověka bylo totiž dlouhou dobu nazíráno jako na černou skříňku, neboť zahrnout do technokratického přístupu prakticky nekonečnou variabilitu lidské individuality, jeho chování a myšlení de facto ani nelze.

Pochopením lidského jednání a tím, jak může být tato znalost použita pro zvýšení spolehlivosti výkonu, jsou obsahem kognitivního přístupu. Podle něj není nehoda chápána jako důsledek jedné nežádoucí akce (lidské chyby), ale jako proces, jehož scénář zahrnuje několik po sobě jdoucích událostí, které vycházejí z určité příčiny, překonávají postupně existující bariéry (ochrany) až nakonec skončí v podobě určitého nežádoucího následku. Tento model se nazývá kauzalita.

Základním předpokladem vzniku nehody je aktivace nebezpečné vlastnosti daného zdroje rizika. Ze statistik víme, že tuto aktivaci lze v naprosté většině případů spojovat se selháním lidského činitele, resp. se vznikem lidské chyby. Komplexní pohled na vznik nehody navrhl Sharit, který původní Reasonův bariérový model (známý jako model ementál) rozšířil o podrobnější popis faktorů ovlivňujících výkon člověka a také o zpětnovazební smyčku. Tato smyčka zachycuje správnou reakci ochranných bariér na provedenou chybnou operaci a je šipkami znázorněna na obrázku 1.



Obrázek 1: Systém vzájemných vazeb ovlivňujících vznik lidské chyby a selhání ochranných bariér s vedoucí ke vzniku nehody [12]

4. Faktory ovlivňujících výkon a spolehlivost člověka

Člověk je v pracovním systému ovlivňován nejrůznějšími faktory, jako například prostředím, pracovními podmínkami, organizací práce, způsobem řízení apod.. Tyto vlivy spolu s duševní pohodou či zdravotním stavem mohou vést u daného jednotlivce ke vzniku stresu. Čím větší stres, tím vyšší je i pravděpodobnost, že se dojde k selhání člověka na tomto pracovišti [1,4,8]. Ovšem i absence stresu může přinášet negativní důsledky, jako je například monotonie, pocit sebeuspokojení aj., které často vedou k nejrůznějším opomenutím, kiksům nebo podcenění.

Jednotlivé aspekty, které byly zmíněny, se nazývají „faktory ovlivňující výkon“ člověka (angl. Performance Influencing Factors – PIF, resp. Performance Shaping Factors – PSF). Tyto faktory se vztahují k určitému času, místu, vybavení, úrovni znalostí a dovedností pracovníků atd. a vytvářejí jakési pojítko mezi potenciální chybou lidského faktoru, její příčinou a pravděpodobností (HEP), že za daných okolností nastane [9]. PIF se dělí podle charakteru na vnitřní a vnější, resp. na okamžité a latentní. Jako okamžité PIF jsou uváděny ty, které bezprostředně působí na člověka v pracovním systému v závislosti na podmínkách prováděného úkolu a jejich vliv na chybovost je negativní. Naproti tomu latentní PIF existují neustále, neboť jsou odrazem firemní kultury, zavedených pravidel a sdílených hodnot, takže jejich vliv může být i pozitivní a to jak na jedince, tak i na celé skupiny (lze je totiž sdílet a přenášet formou skupinových postojů) [11,13].

Praktický význam identifikace jednotlivých PIF v daném pracovním systému je ten, že lze takto charakterizovat úroveň pracovní zátěže a tedy i míru působících stresorů [10]. Tato informace je pak využita nejen pro korekci odhadované hodnoty HEP, ale také silných a slabých stránek kultury bezpečnosti. Úroveň daného PIF se vyjadřuje pomocí relativní škály, která oceňuje jeho vliv na výkonnost, pohodu a spolehlivost člověka [10] (např. pozitivní – zanedbatelný – negativní).

5. Metodika HTA-PHEA

Z výše uvedené teorie je zřejmé, že pro praktické posouzení spolehlivosti a chybování lidského činitele je nutné na daném pracovišti identifikovat kritické úseky pracovního úkolu (kdy může dojít k chybě) a faktory, které mohou ovlivnit kvalitu výkonu daného pracovníka. Současně je nutné přihlídnout k případným technickým či organizačním opatřením, které fungují jako ochranné bariéry snižující pravděpodobnost vzniku chyby nebo závažnost vzniklých následků. Všechny tyto požadavky lze splnit pomocí kombinace metod HTA, PHEA a LOPA-HF, které byly integrovány do jednotného nástroje „Metodika HTA-PHEA“.

Vstupy pro takto prováděnou analýzu tak tvoří informace o struktuře úkolů a plánů, která je získávána z HTA, a dále hodnocení faktorů prostředí, které mohou spolehlivost lidského činitele ovlivňovat (PIF) [2]. Tyto údaje lze deduktivně získat částečně z HTA, částečně je nutné provést další sběr potřebných informací a tyto následně analyzovat podle postupů a kritérií metod PHEA a LOPA-HF.

Vlastní analýza je rozdělena do osmi základních kroků: (1) Definování problému, (2) Analýza úkolu, (3) Výběr rizikových subúkolů, (4) Identifikace chyb LČ a jejich analýza, (5) Odhad pravděpodobnosti chyb (HEP), (6) Analýza následků, (7) Analýza PIF, (8) Návrh opatření pro redukci chyb.

Analýza úkolu je plněm rozsahu prováděna podle postupového schématu metody HTA. Ta je poměrně dobře popsána a v praxi se často používá. Pro analýzu chyb, která na HTA navazuje, jsou z dekomponovaného úkolového diagramu vybrány tzv. rizikové subúkoly, které jsou následně podrobeny detailní analýze. Tato analýza (analýza chyb) je založena na tom, že k danému subúkolu jsou identifikovány relevantní lidské chyby, k čemuž slouží předem stanovená taxonomie. V této taxonomii, která tvoří nedílnou součást navržené integrované metodiky HTA-PHEA, jsou chyby klasifikovány do šesti chybových módů dle základní metody PHEA (chyby činnosti, chyby kontroly, chyby získávání informací, chyby přenosu informací, chyby výběru a chyby plánování). Hodnotitelem jsou pak pro každý subúkol z této taxonomie vybírány věrohodné typy chyb [7] a z nich pak dále konkrétní relevantní chyby, tj. chyby, jejichž vznik lze s ohledem na reálný stav pracovního systému očekávat. Jelikož integrovaná metodika HTA-PHEA (na rozdíl od vlastní metody PHEA), obsahuje i předdefinovanou databázi chyb, je možné za jejího využití postupovat při analýze systematicky, což umožňuje identifikovat i takové chyby, které by bez použití této databáze nebyly vzaty v úvahu.

Pro každou potencionální chybu jsou následně vyhodnoceny její možné následky a pravděpodobnost jejího vzniku (pomocí hodnoty HEP), případně je možné provést korekci HEP dle stávající úrovně bezpečnosti provozu. To dává metodice nový rozměr, neboť do jednotného konceptu zavádí de facto filozofii hodnocení účinnosti ochranných vrstev a bariér tak, jak je uvedena v metodě LOPA-HF. Možnost variabilního hodnocení HEP tak představuje tři možnosti výběru, kdy ke standardním hodnotám HEP převzatých z odborné literatury byly navrženy vždy dvě odlehle hodnoty vyjadřující limity rozptylu hodnot HEP v závislosti na

místních podmínkách. Hodnoty byly navrženy diskrétně, takže analytik si může vybrat pouze ze tří úrovní:

- Nízká (L) – vznik dané chyby se při dané úrovni zabezpečení téměř nepředpokládá;
- Střední (M) – daná chyba byla již v minulosti zaznamenána, ale současná úroveň zabezpečení značně limituje její opakování;
- Vysoká (H) – daná chyba se již vyskytla několikrát (a to u různých členů pracovního kolektivu), popř. opakovaně u téhož zaměstnance, a při současné úrovni zabezpečení systému se s jejím výskytem musí počítat.

Hodnoty HEP na úrovni M odpovídají středním hodnotám získaným z odborné literatury [5,12,13,14,15]; hodnoty pro úrovně L a H pak byly odvozeny expertními odhady.

Do hodnocení dále vstupuje analýza vlivu faktorů ovlivňujících výkon člověka (PIF). Ta není funkčně provázána s určením numerické hodnoty HEP, ale podává kvalitativní informaci o možném uplatnění konkrétních PIF na spolehlivost člověka v analyzovaném pracovním systému. Tato část analýzy ve většině doposud používaných metod zcela chybí, anebo se zužuje pouze na slovní popis pracovních podmínek na posuzovaném pracovišti. Naproti tomu v integrované metodice HTA-PHEA se příčinné vztahy a vlivy, které determinují potenciál vzniku dané chyby, uvažují. Jelikož ale stejné vlivy mohou v různých pracovních systémech či za různých situacích vést k různě závažným následkům, je nutné tyto faktory pečlivě vyhodnotit a ocenit jejich reálný vliv na bezpečnost provozu. V tomto ohledu se jedná o to, zda je pravděpodobnost výskytu nebezpečných situací vyvolaných působením PIF v analyzovaném systému zvýšená nebo snižena. Pro tento účel byla do modifikované metody zařazena také kvalitativní proměnná nazývaná „kritičnost PIF“. Ta má tři úrovně, které hodnotí, zda může být spolehlivost LČ:

- Zvýšená – pak se jedná o kategorii I (Improve – zlepšit);
- Neovlivněna – pak se jedná o kategorii N (Normal – normální stav);
- Snižena – pak se jedná o kategorii W (Worse – zhoršit).

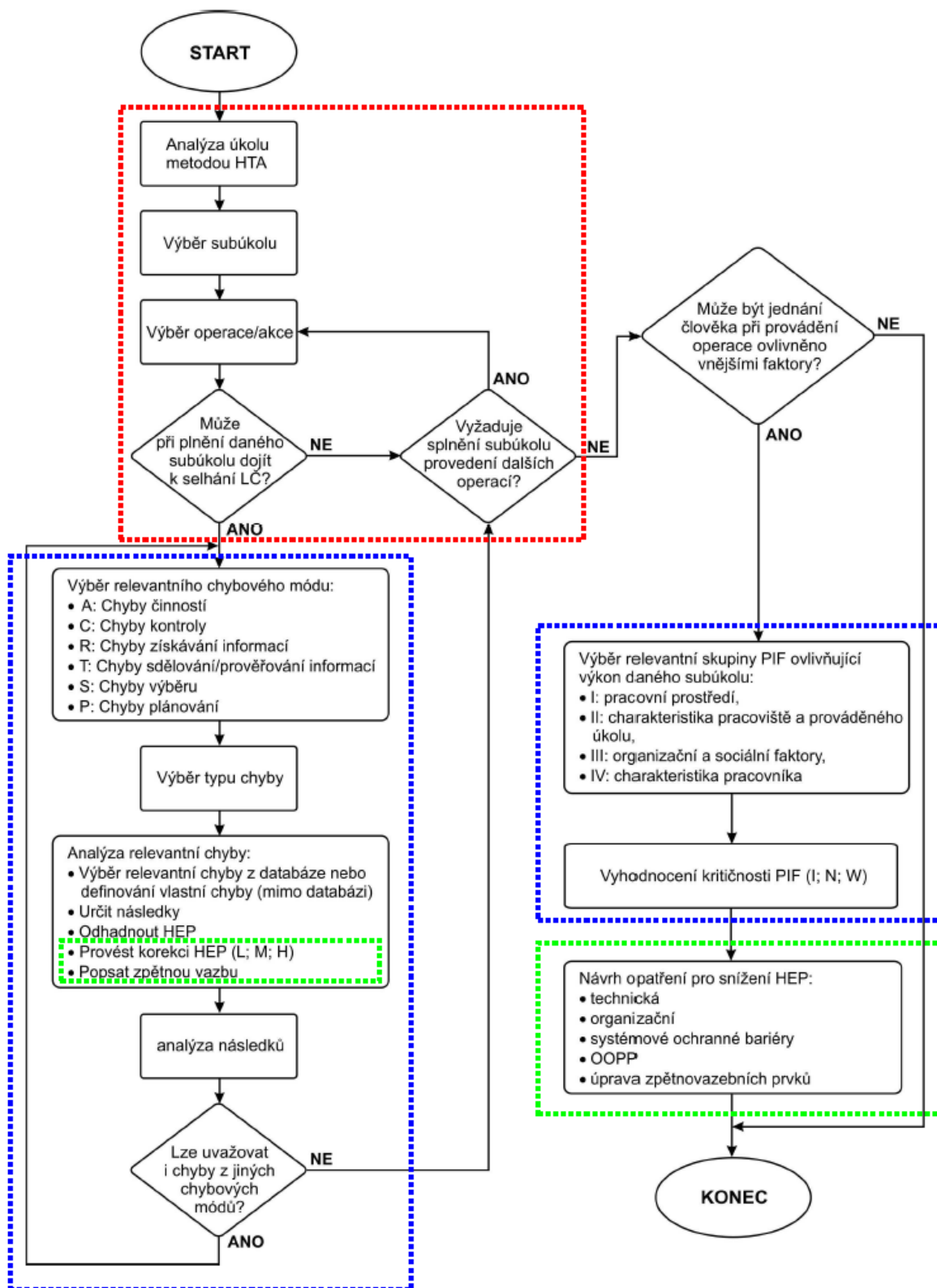
Ve výstupu z analýzy PHEA tato skutečnost podává informaci o tom, zda je při návrhu preventivních opatření nutné brát v úvahu i vliv konkrétních PIF, jejichž kvalitu je v daném pracovním systému nutné upravit, anebo naopak udržet na stávající úrovni. Podle subjektivního úsudku hodnotitele jsou pak v závěru analýzy navržena nová nápravná opatření určená pro redukci rizika selhání lidského činitele. V této fázi je velice důležité správně identifikovat ty PIF, které mají na vznik příslušných chyb největší vliv, protože tato skutečnost může významnou měrou determinovat navržená opatření a jejich efektivitu. V praxi je proto nutné provést brainstorming s dotčenými pracovníky, jehož cílem by mělo být nalezení způsobů, jak účelně zabránit vzniku lidské chyby, resp. jak minimalizovat její následky. Redukce chyb se obvykle soustřeďuje na následující tři oblasti:

- Design – tj. navrhne se nový systém, anebo je modifikován systém stávající;
- Trénink – tj. jsou definovány požadavky na výcvik obsluhy daného stroje;
- Postupy – tj. jsou navrženy postupy jak správně danou činnost provádět.

Pro přehlednost, jednotlivé kroky integrované metodiky HTA-PHEA znázorňuje harmonogram uvedený na obrázku 2. Červená oblast označuje část HTA, modrá část PHEA a zelená část LOPA-HF. Výstupy provedené analýzy se doporučuje zpracovávat do podobě strukturované tabulky (viz níže).

Ačkoli je metodika v principu jednoduchá, její praktická aplikace si žádá dostatečný časový prostor a potřebné penzum vstupních dat. Pro zjednodušení této práce lze

využít softwarový program HTA-PHEA 1.1, který byl pro tento účel vyvinut. Tento nástroj umožňuje automaticky generovat grafické i tabulkové výstupy v podobě tiskových sestav ve formátu .pdf nebo jpg. Program je po zaregistrování uživatele volně ke stažení na adrese: <http://vubp.cz/index.php/software/sw-hta-phea>.



Obrázek 2: Průběhový diagram pro aplikaci integrované metodiky HTA-PHEA

Tabulka 1: Ukázka struktury jednotlivých kroků integrované metodiky HTA-PHEA a návrh struktury tabulkového výstupu z provedené analýzy

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb					Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb	
Krok	Zpětná vazba splnění subúkolů	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Síředi hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP	Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	Nápravná opatření
1.1: Přijmout datovou kartu, dokumenty a ostatní instrukce k čerpání	Ano	R2	Byla získána špatná informace	Chyba při čtení textu a čísel	0,005	H	0,065	I.2.1	Hluk na pracovišti	W	Rozpouštědlo je čerpáno do špatného ventilu – kontaminace dávký	Ano	Snižít úroveň hluku. Zmínit úkoly operátora za účelem snížení jeho přetížení. Začlenění používání procedur do schématu výcviku.
				Chyba při provedení jednoduchého výpočtu	0,03		0,05	II.3.1	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	N			
				Obecná chyba provedení (např. chybné přečtení popisku a následné vybrání špatného ovládače)	0,003		0,007	III.1.3	Komunikace mezi pracovníky	W			
				Chybně napsaná informace nebo číslo, které jsou předávány dál	0,01		0,05	IV.1.1	Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka	W			
1.2: Zapsat informace do záznamové knihy	Ne	T1	Informace nebyla předána dále	Špatné porozumění pokynu s následkem nepředání požadované informace	0,001	H	0,08	I.3.3	Časová náročnost pracovního úkolu	W	Laboratoře nemusí mít potřebné podklady pro provedení testů	Ne	Zajistit, aby operátoři trávili více času v laboratořích, aby pochopili důsledky špatně vyplněné záznamové karty nebo záznamové knihy.
				Chybně napsaná informace nebo číslo, které jsou předávány dál	0,01		0,05	IV.1.1	Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka	I			

6. Závěr

Chyby jsou nedílnou součástí lidského života. S ohledem na to, jak často a za jakých okolností se jich lidé dopouštějí, lze odhadovat spolehlivost lidského činitele. Vlastní analýza spolehlivosti lidského činitele však v praxi představuje značně složitý problém. Překážkou bývá zohlednění kognitivních procesů, které ovlivňují naše rozhodování i chování. Jednou z možností, jak tento těžko uchopitelný aspekt zakomponovat do prováděné analýzy je využití kombinace vhodných analytických metod. Jednou z variant je využití metod HTA, PHEA a LOPA-HF. Právě ty byly integrovány do jednotné metodiky HTA-PHEA, jež byla stručně představena tomto článku. Vlastní aplikace této metody je nicméně poměrně náročná, a proto byla vyvinuta softwarová aplikace HTA-PHEA 1.1, která usnadňuje tuto práci. Uvedený program však nebyl v článku detailněji představen, protože jeho popis by si vyžádal obsáhlejší dílo. Program včetně návodu k jeho použití je volně dostupný na internetu a případný zájemce si jej může opatřit a vyzkoušet na reálném příkladu. Prezentace jednotlivých funkcionalit tohoto nástroje pak byla součástí doprovodné přednášky autora tohoto článku.

Literatura

- [1] BABER, C. *Introduction to Human Performance: Usability and Designing for Error*. Birmingham : Birmingham University, 2000.
- [2] EMBREY, D.E. ... [et al]. *SLIM-MAUD: An Approach to Assessing Human Error Probabilities Using Structured Expert Judgment – VOLUME I: Overview of SLIM-MAUD*, Washington D.C.: Nuclear Regulatory Commission, Office of Nuclear Regulatory Research, 1984.

- [3] *Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety*. New York : Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 1994.
- [4] NEOGY, P., HANSON, A. L., DAVIS, P. R., FENSTERMACHER, T. E. *Hazard and Barrier Analysis Guidance Document*. US Department of Energy, Office of Operating Experience Analysis and Feedback. Report No. EH-33. 1996.
- [5] KIRWAN, B.A. *Guide Practical Human Reliability Assessment*. Boca Raton : CRC Press, 1994. ISBN 978-0-7484-0052-2.
- [6] REASON, J. 1990. *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [7] STANTON, N.A.; YOUNG, M.A. *Guide to Methodology in Ergonomics : Designing for Human Use*, New York : Taylor and Francis, 1999. 132 p.
- [8] VINCEK, J.C.; HAIGHT, J.M. *Realistic Human Error Rates for Process Hazard Analysis*. AICHE. Wiley InterScience, 2007.
- [9] MALÝ, S.; MATOUŠEK, O.; TOMÁŠOVÁ, A. Selhání člověka a průmyslové havárie – 2. část. *Bezpečnost a hygiena práce*. 1999, No 7-8, pp. 4-7.
- [10] SKŘEHOT, P. Využití faktorů ovlivňujících výkonnost obsluhy při hodnocení spolehlivosti lidského činitele a kultury bezpečnosti. *SPEKTRUM*, 2008, No. 1, pp. 41-45. ISSN 1211-6920.
- [11] BUBB, H. *Human Reliability in System Design. Application Guide to Human Reliability - Part 1*. IEC/TC 56/WG11. 1994.
- [12] SHARIT, J. Human Error : chapter 27. In SALVENDY, Gavriel. *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. 3rd edition. Hoboken, NJ, USA : John Wiley & Sons, Inc., 2006. ISBN 0-471-44917-2. s. 708-760.
- [13] GROZDANOVIĆ, M., STOJILJKOVIĆ, E. Framework for human error quantification : UDC 331.468. *Facta Universitatis : Philosophy, Sociology and Psychology*. 2006, Vol. 5, No. 1, pp. 131-144.
- [14] WINCEK, J. C.; HAIGHT, J. M.. Realistic human error rates for process hazard analyses. Wiley InterScience, Volume 26, Issue 2, June 2007, pp. 95-100.
- [15] KIRWAN, B. et al. The validation of three Human Reliability Quantification techniques - THERP, HEART and JHEDI: Part II - Results of validation exercise. *Applied Ergonomics*, 1997. Vol. 28. No.1, pp. 17-25.

Předpověď a prevence rizik spojených s lidským výkonem

Ing. Radim Doležal, Technická univerzita v Liberci
tel. +420 485 353 433, e-mail: radim.dolezal@tul.cz

Abstrakt

Lidské zásahy jsou neoddiskutovatelnou součástí operací řízení a údržby všech typů průmyslových a dopravních aktivit. Lidé jsou schopni zajistit bezpečnost a ekonomičnost procesů přijmutím předběžných opatření a v případě porušení normálních nebo požadovaných dějů mohou jednat reaktivně a přijmout opatření k nápravě dějů nebo alespoň k zmírnění negativních následků nežádoucích jevů. Zároveň jsou však vlastním zdrojem rizika. Proto je třeba využívat nástroje lidských faktorů, které s tímto rizikem umí pracovat.

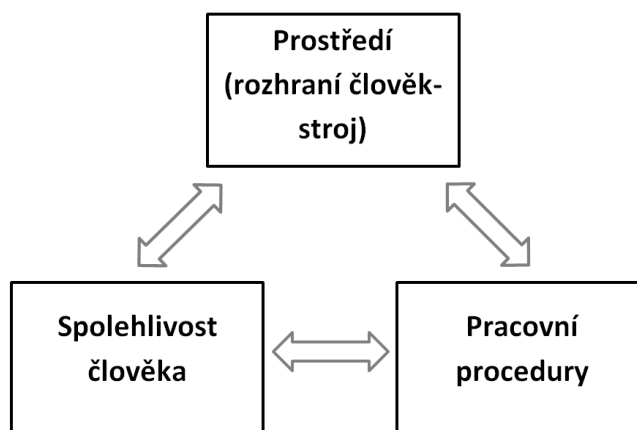
Klíčová slova

lidské faktory; analýza spolehlivosti člověka; ergonomie

1. Úvod

Lidský výkon v interakci s technologií sebou přináší mnoho různých rizik. Ať už pro samotného člověka, nebo pro technologický systém a jeho okolí. Různý výkony přinášejí riziko pro lidské zdraví nebo životní prostředí.

Lidské faktory jsou vědeckou disciplínou zabývající se pochopením interakcí mezi lidmi a dalšími prvky systému, při které se aplikují teorie, principy, data a metody návrhu za účelem optimalizace pohody člověka a celkové výkonnosti systému (ČSN EN 62508). U anglofonní odborné veřejnosti se příslušný ekvivalent *human factors* mnohdy zaměňuje s *ergonomics*. Tento fakt je v pořádku, pokud se ho nesnažíme aplikovat v českém překladu. Pojem ergonomie v české odborné i laické veřejnosti je vnímán jako věda zabývající se optimalizací lidské činnosti, a to zejména vhodnými rozměry a tvary nástrojů, nábytku apod. Ergonomie se tedy zajímá o pracovní nástroje a pracovní prostředí a nemá přesah do celkové spolehlivosti a rizika komplexního systému. Proto ergonomii považujeme jako speciální podobor lidských faktorů.



Obr. 1: Interakce různých složek lidského výkonu

2. Lidský výkon v řídicích místnostech

Při studiu odborné literatury a hledání zdrojů narazíme ihned na podstatný problém. V reálné praxi existuje celé kontinuum pracovišť, které plynule přecházejí od jednoduchého řídicího pultu pro jednoho pracovníka, přes řídicí místnosti (*control room*) až k řídicím centrům. V současnosti bohužel neexistuje široce přijímaná klasifikace těchto pojmů. Ty se tak stávají mnohdy nejednoznačnými jak v odborné literatuře, tak především v té masové.

Kabinu kamionu pravděpodobně nikdo neoznačuje za řídicí místnost. Pilotní kabinu už mnoho autorů ale k řídicím místnostem přiřazuje. Velín jaderné elektrárny za řídicí místnost považuje každý. V kontextu tohoto článku ***budeme za řídicí místnost považovat takové místo, které je přizpůsobeno pro jednoho nebo více operátorů obsluhující komplexní systém způsobem, kdy nejvíce využívají taktické a strategické způsoby řízení.*** Operátoři tedy obsluhují systém, který běží bez neustálé nutnosti zásahů (na rozdíl např. od automobilu). Operátoři tento automatický systém řízení korigují tak, aby bylo dosaženo požadované míry ekonomičnosti, spolehlivosti a bezpečnosti. Samotná řídicí místnost je vztažena k dané komplexní technologii a zpravidla je využívána nepřetržitě různými směny v průběhu celého roku.

Teorie lidských faktorů aplikovaná na řídicí místnosti se projevuje především v těchto oblastech:

1. Ergonomický návrh řídicích místností.
2. Tvorba pracovních a bezpečnostních postupů.
3. Simulace rizikových úkolů a mimořádných situací, trénink pracovníků.
4. Předpověď lidského výkonu v řídicí místnosti.

V následujícím textu se soustředíme na část 1 a 4. Závěry z nasazení metod lidských faktorů z těchto oblastí lze však s patřičnými úpravami rozšířit nejenom na ostatní oblasti užití v řídicích místnostech, ale i na jiné části spektra lidských faktorů.

2.1 Ergonomický návrh řídicích místností

Cílem ergonomického návrhu je adaptace technologie tak, aby vyhovovala přirozeným schopnostem a potřebám člověka. Komplexním řešením se snažíme především (Ivergård, 2009):

- a) zabránit nemocem, zraněním a nepatřičné únavě,
- b) vytvořit pohodlí a komfort,
- c) podporovat účinnost (jak kvalitativní, tak kvantitativní) práce a zvýšit její spolehlivost,
- d) podpořit zajímavost a smysluplnost pracovních úkolů.

Tento soustavný proces začíná obvykle řešením stavební a architektonické koncepce celé místnosti. Dalšími kroky jsou pak návrh řešení jednotlivých operátorských míst, umístění informačních systémů, jejich velikosti, celkové prostorové řešení a rozestavení. To by mělo odpovídat analýze úkolů pracoviště a hierarchii funkcí operátorů. Postup ergonomického návrhu řídicí místnosti lze jen velmi těžko formalizovat a zpracovat pomocí diagramů či matematických vztahů. Jde především o poradní činnost, při které se využívá syntéza různých praktických ergonomických poznatků z různých zdrojů.

Hlavním úkolem ergonomů se v celém procesu stává především komunikace se zákazníkem. Schopnost vysvětlit jednotlivé aspekty návrhu odpovědným manažerům a vhodně ekonomicky podložit možné benefity. Ergonom z akademické sféry nesmí zapomínat i na maličkosti, které však mnohdy dokáží získat potřebnou pozornost. V praxi také musí být připraven, že pro velkou část lidí (s kterými bude dělat strukturované pohovory pro potřeby analýzy) se stane nejdůležitější otázkou a výstupem celého řešení třeba i barva stěn řídicí místnosti.

Při návrhu prvků řídicích místností jsou užitečné především tyto tři druhy analýz:

Analýza funkce místnosti

Detailní analýza všech řídicích funkcí a činností (i neformálních), které se v místnosti dějí je nezbytná. Je třeba dobře pochopit úlohu, jakou místnost hraje v procesech podniku a životu operátorů. Zanedbání tohoto kroku mnohdy vede k nepraktickým návrhům pro reálnou praxi, které nerespektují základní lidské potřeby, které se posléze stávají překážkami kvalitního pracovního výkonu. Jde například o zanedbání míst pro osobní oděvy, dokumenty, ale i prostory pro bezproblémovou přípravu nápojů, odpočinek apod.

Analýza úkolů

Takzvaná analýza úkolů (*task analysis*) je ve většině metod lidských faktorů klíčovým prvkem. Existuje celá paleta různých metod této analýzy pro různé určení. Pro potřeby ergonomického návrhu řídicích místností je potřeba zkoumat formální pracovní procedury i neformální postupy. Analýza úkolů vrhá světlo na ergonomické potřeby ovládacích prvků, zobrazovacích jednotek, pracovních desek atd. Problematika analýzy úkolů bohužel překračuje tuto publikaci.

Analýza hierarchie, předávání a sdílení práce

Toto zjištění je podstatné, pokud v řídicí místnosti pracuje více jak jeden operátor. Je třeba zjistit hierarchii pracovníků z hlediska formality, tak při praktickém výkonu různých činností. Tato hierarchie se totiž může podle druhu práce a obsazenosti řídicí místnosti měnit. Na tuto část pak navazuje snaha o popsání způsobů předávání a sdílení práce. Zdali je třeba komunikovat tváří v tvář, používat společné ovládací prvky nebo pracovní místa apod.

Dále je třeba analyzovat způsob přijímání informací pro každého operátora. Tedy viditelnost na displeje, dostatečná vzdálenost k ostatním operátorům z hlediska doslechu atd.

Všechny tyto informace by měli vést k takovému ergonomickému a prostorovému uspořádání, které se snaží v maximální míře o splnění mnohdy protichůdných požadavků vyplívajících ze středu rozdílných potřeb jednotlivce a skupiny operátorů.

Lze využít různých grafických nástrojů, které znázorňují akční rádius operátorů, společná místa interakce, zorná pole pro přijímání informací apod. Všechny tyto více či méně sofistikované metody se snaží o podchycení podstatných prostorových problémů, které se v místnosti mohou objevit.

2.2 Zavádění poznatků v praxi

Tato teorie lidských faktorů v řídicích místnostech byla autorem aplikována při tvorbě analýzy pro výstavbu nového operačního střediska hasičského záchranného sboru libereckého kraje.

Ukázalo se, že bylo v posledních letech vystavěno mnoho obdobných operačních středisek v republice s naprosto rozdílnými koncepty. Žádný z těchto konceptů nevycházel z žádného veřejně známého doporučení nebo teorie. Odpovědní pracovníci nebyli schopni ani neformálním způsobem vysvětlit výběr jednotlivých řešení.

Z tohoto důvodu byly na základě provedených analýz (funkce, úkolů, hierarchie a předávání práce) vytvořeny tři rozdílné varianty prostorového uspořádání pracovních stolů. Na základě výhod a záporů jednotlivých variant byla nakonec vybrána optimální varianta.

Dále byly využity poznatky pro určení velikosti datového segmentu na datové stěně. Doporučení se týkala také světlení a barevného ladění. Klasická a osvědčená ergonomická teorie byla použita pro návrh operátorských stolů. Po rozhovorech a analýze byla stanovena minimální velikost

pracovního stolu, volného místa, které není využito informační a komunikační technikou atd. Bylo navrženo také řešení akustických zástěn.

Všechny tyto poznatky vedly ke změnám při dodavatelských řízeních a ve svých důsledcích vedly ke zlepšení pracovních podmínek. Dochází tedy ke snížení rizika jak pro pracovníky operačního střediska, tak běžné občany, jejichž životy jsou mnohdy na správné práci hasičského sboru závislé (mimořádné události, kalamity apod.).

3. Lidské faktory a riziko

Předchozí text v podstatě popisuje lidské faktory a ergonomii. Abychom se přenesli k riziku, potřebujeme spojovací mezičlánek různých oborů. Přestože existuje více definic pojmu riziko v různých obměnách, všechny operují s termíny následků a jejich nejistoty. Základním nástrojem, jakým můžeme tento nejistý následek uchopit je teorie pravděpodobnosti.

Způsob pravděpodobnostního ohodnocení některých aspektů interakce člověka s technologií může být naprosto intuitivní (např. jediným expertním odhadem) nebo metodické. Systematický proces, který se právě o toto snaží, jsou metody HRA, které budou popsány v následující kapitole.

Způsob využití spočtených pravděpodobností do výsledných rizik a nakládání s nimi však představuje již jinou problematiku náležící do managementu rizik. V tomto textu se soustředíme pouze na zjišťování pravděpodobností podskupiny informací o riziku.

4. Analýza spolehlivosti člověka (HRA)

4.1 Používaná terminologie

HRA je systematický proces s cílem ohodnotit spolehlivost člověka. Abychom tento proces lépe pochopili, musíme zavést další odborné termíny:

Lidská chyba

Definice a chápání lidské chyby se s vývojem metod HRA měnili. Dodnes není široce přijímaná jediná ustálená definice, a proto musíme pro potřeby disertace vybrat tu, která nejvíce odpovídá současnému stavu oboru (zjednodušená definice dle Sträter, 2005):

Lidská chyba je charakterizována nežádoucím nebo chybným stavem systému, jehož součástí je interakce člověk-stroj. Tato interakce přináší potřebu mentálních nebo fyzické aktivity jedince a vede k situaci, kdy nejsou zcela nebo zčásti splněny požadavky systému (nebo jeho částí).

V této definici člověk jako součást systému vždy nese určitý podíl na příčině (stejně jako všechny jiné části systému nesou podíl na příčině) nežádoucího nebo chybného stavu systému. Jak bude vysvětleno dále, tato definice odpovídá současnému chápání spolehlivosti člověka v moderních metodách HRA.

Chyba z vynechání

Chyba z vynechání je obvykle označována zkratkou EOM - z anglického výrazu *error of omission*. Jde o selhání vykonat nebo plně dokončit akci (nevykonání akce).

Chyba z přidání

Chyba z přidání je obvykle označována zkratkou EOC - z ang. výrazu *error of commission*. Jde o chybu z vykonání špatné akce (která není vyžadována). Mnohdy je dělena do dvou kategorií: kvalitativní a kvantitativní chyba z přidání (Sträter, 2000).

Nepatříčná akce

Nepatříčná akce (*extraneous act*) je akce přidaná nebo vykonaná namísto požadované akce. Na rozdíl od EOC jde o odchylku způsobenou vědomě nebo jinými okolnostmi než snahou o splnění požadovaného úkolu. Patří sem i akt poškození systému nebo jeho součásti (úmyslné, v hněvu apod.).

Příležitost k zotavení

Moment nebo časový interval kdy má člověk možnost napravit dříve způsobenou chybu. Podle druhu akce může být příležitost k zotavení např. pouze ihned po lidské chybě, nebo i po dlouhý interval v rámci celé sekvence úlohy. Zdali je tato příležitost k zotavení člověkem rozpoznána je ovlivněno tzv. faktory zotavení (*recovery factors*).

Faktory ovlivňující (lidský) výkon

Faktory ovlivňující výkon označovány zkratkou PSF (*performance shaping factors*), zřídka PIF (*performance influencing factors*) jsou charakteristiky vnějšího prostředí, úkolu a lidí, které utvářejí individuální výkonnost (ČSN EN 62508). Obvykle jsou děleny na vnější (prostředí) a vnitřní (individuální). Vnější vlivy a individuální schopnosti jedince můžeme podle různých hledisek zařazovat do různých tříd tak, aby posuzování spolehlivosti člověka zahrnovalo spektrum nejdůležitějších vlivů. Nutno podotknout, že univerzální seznam PSF neexistuje a každá metoda a každý autor k nim přistupuje s vlastním pojetím. Chápání jejich vlastností se tak často pohybuje v paletě od naprosto kvalitativního, přes semikvantitativní až k plně kvantitativnímu ocenění (např. při stanovení pravděpodobnosti lidské chyby).

Pravděpodobnost lidské chyby

V literatuře oboru lidských faktorů je pravděpodobnost lidské chyby označovaná zkratkou HEP (Human Error Probability). Odhad této pravděpodobnosti je definována následovně:

$$HEP = \frac{\text{počet nastalých chyb}}{\text{počet příležitostí k chybě}} \quad (1)$$

Odhad pravděpodobnosti úspěšného provedení dané úlohy člověkem označována obvykle zkratkou HSP (*human success probability*) je daná analogicky:

$$HSP = 1 - HEP \quad (2)$$

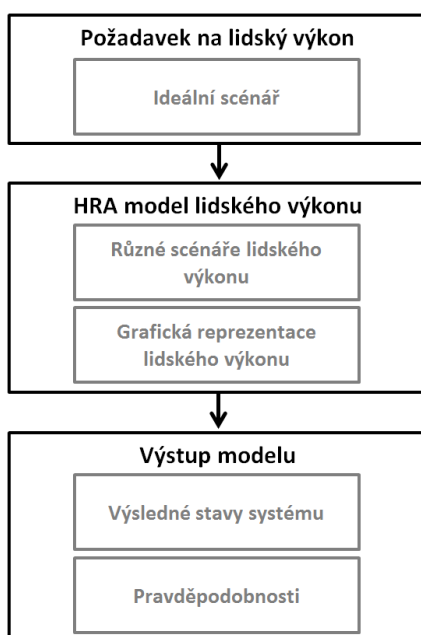
Tyto pravděpodobnosti se pak stávají vstupem do analýz rizika.

4.2 Stručné historické souvislosti

Vývoj nástrojů HRA byl mnoho desetiletí poměrně pomalý a na okraji zájmu. Po nehodě v Three Mile Island (1979) se do tohoto odvětví však vrhlo mnoho úsilí. To přineslo existenci mnoha HRA nástrojů - nejvíce v oblasti jaderného průmyslu. V období 80.- 90. let 20. století se vývoj v oblasti HRA soustředil především na fázi kvantifikace pravděpodobnosti vybraných událostí lidské chyby a ostatní části a souvislosti metod HRA nebyly na dostatečné úrovni. Toto soustředění na problém kvantifikace pravděpodobnosti lidské chyby v metodách HRA bylo přirozené, protože celý obor byl rozvíjen především potřebou získat data do různých studií

PSA/PRA/RM (základními vstupy těchto procesů jsou pravděpodobnosti nastoupení určitých jevů). Rizika určené těmito pravděpodobnostmi byly porovnávány s podnikovými nebo vládními kritérii jednotlivých zemí a byla nastavena první kritéria akceptovaných hodnot rizika vyplívajících z lidských chyb.

V následujících letech se ukázala potřeba lépe pochopit celý fenomén lidského chybování. Současně samotná praxe ukázala, že skutečné pravděpodobnosti lidské chyby vždy neodpovídají výsledkům teorie starších metod HRA - mnohdy s překvapivě velkým rozdílem. Nastala tak vlna vývoje nových metod a tento stav dosud trvá.



Obr. 2: HRA jako spolehlivostní systém.

Základním vstupním parametrem HRA je událost, kterou můžeme označit jako „požadavek na lidský výkon“. Jde o jev systému člověk-stroj, který můžeme charakterizovat pomocí série lidských kroků, kterou definujeme jako tzv. ideální scénář. Vznik požadavku uvnitř systému můžeme slovně popsat jako snahu o zachování spolehlivosti, bezpečnosti a ekonomičnosti provozu systému, nebo snahu o návrat k těmto vlastnostem po události, která na ně měla negativní vliv. V jiných oblastech spolehlivosti a rizika se můžeme setkat s termíny jako vrcholová událost apod. Tyto termíny však nerepresentují celé spektrum lidského výkonu.

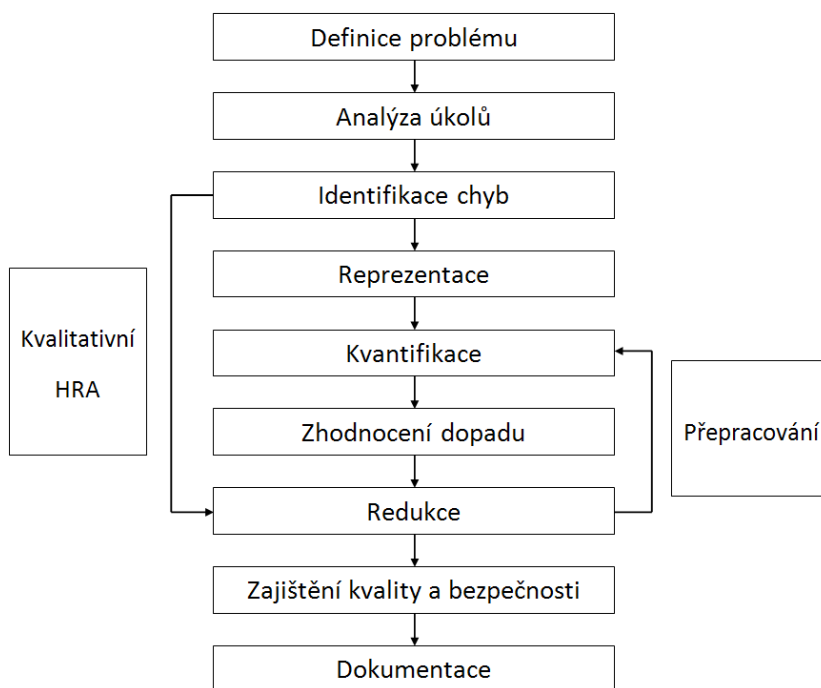
Ideální scénář je náležitou reakcí na požadavek na lidský výkon. V praxi je popsán s různým stupněm exaktnosti a formální struktury - od přesných formálních popisů bezpečnostních procedur rizikových provozů až po vágní popisy předávané ústní cestou. Tyto různé stupně formálního popisu tak reflektují širokou oblast lidských výkonů, které můžeme pomocí metod HRA analyzovat.

Metody HRA vytváří model lidského výkonu jako reakci na požadavek. V závislosti na použité metodě různým způsobem transformují ideální scénář (IS) do množiny lidských kroků, která nereflektuje pouze ideální scénář, ale vytváří i scénáře lidského výkonu odlišné od požadovaného. Metody HRA tedy analyzují lidské kroky, předpovídají lidské chyby v těchto krocích a výsledně nové scénáře z chyb vyplívající. Obvykle vytváří i určitou formu grafické reprezentace takto modelovaného výkonu.

Výstupními parametry modelu je seznam výsledných scénářů, výsledných stavů systému a pravděpodobností těchto stavů.

4.3 HRA proces

Struktura aplikace různých metod HRA se v zásadě neliší. Již skoro dvě desetiletí známý HRA proces (Kirwan, 1994) lze zde uplatnit u všech tradičních metod HRA. Je to i proto, že vychází z obecného rámce managementu rizika. Strukturou je velmi podobný dosud jediné představené normě HRA analýzy: IEEE 1082 (IEEE STD 1082, 1997). V obrázku si můžeme všimnout urychlující větve, která proces zjednodušuje - jde o případ, kdy si vystačíme pouze s kvalitativní analýzou.



Obr. 3: HRA proces.

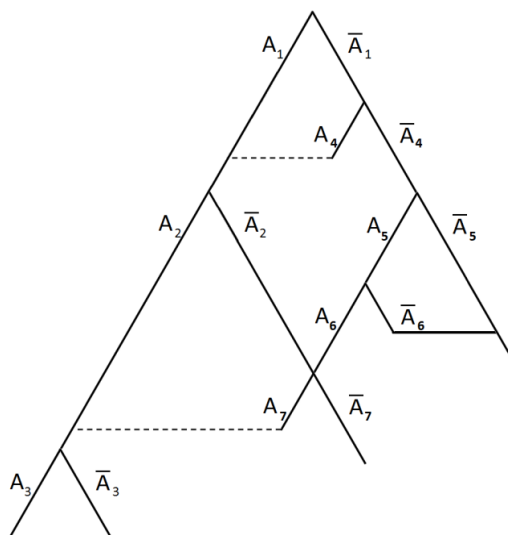
Pokud se oprostíme od okrajových částí procesu souvisejících s managementem rizika a zaměříme se na klíčové části procesu, můžeme některé důležité aspekty pomocí očištěného matematického aparátu shrnout:

Obecný výsledek analýzy úkolů můžeme označit jako A . Jde o množinu identifikovaných kroků analyzovaného scénáře. Nad touto množinou může být identifikována i množina vlastností Δ . Ty reprezentují vztah vykonání jednotlivých kroků vůči sobě - tj. jestli musí být kroky provedeny v pevně dané sekvenci, kdykoli, kdykoli v rámci určitého bloku kroků, závislost akce na jiné (jiných) apod.

Pakliže je analýza úkolů dokončena a definuje, jak by se s úkoly mělo zacházet, musí identifikace chyb zvážit, co se může „pokazit“. Tato identifikace chyb by měla zvážit následující typy akcí:

Chyba z vynechání (EOM), chyba z přidání (EOC), nepatřičná akce, příležitost k zotavení chyb. Jsou také identifikované kroky scénářů odlišných od úspěšného scénáře (ideálního scénáře).

Je-li definováno, co by operátor měl dělat a co „rozdílného“ se může stát, dalším krokem je reprezentace této informace do formy, která dovoluje znázornění lidských zásahů do podoby grafických interpretací různých scénářů. Reprezentace vytváří logický rámec pro identifikované lidské chyby. Typicky jsou užívány stromy pravděpodobností, poruch a událostí.



Obr. 4: Příklad grafické reprezentace různých lidských kroků ve stromě pravděpodobností.

Následuje kvantifikace. Pro metody HRA je vlastní obecný způsob výpočtu pravděpodobnosti lidské chyby pro jediný krok podle vzorce ve formě:

$$HEP = f(HEP_{basic}, \delta_i, T_i, \vec{F}_i, \vec{R}_i) \quad (3)$$

Tento vzorec v podstatě znamená, že je základní tabulková hodnota pravděpodobnosti lidské chyby podle metodou zvolené funkce modifikována různými faktory (dostupný čas, faktory ovlivňující výkon atd.). Konkrétně:

HEP_{basic} je základní hodnota lidské chybovosti,

T_i reprezentuje dostupný čas na provedení úlohy,

δ_i reprezentuje vztah (závislost) k jiným úkolům,

\vec{F}_i reprezentuje vektor numerických vlivů faktorů ovlivňujících výkon,

\vec{R}_i reprezentuje vektor numerických vlivů faktorů zotavení.

Funkční vztah všech těchto položek záleží na použité metodě HRA. Ty pokrývají celou škálu od jednoduchých intuitivních metod (např. metoda TESEO) až po složité metody založené na sofistikovaných modelech lidského rozhodování (např. metoda CAHR).

Když jsou chyby kvantifikovány a reprezentovány logickými stromy, může být vypočítána úroveň rizika systému. Jednotlivým výsledným stavům systému jsou přiřazeny následky získané z jiných metod managementu rizika.

Redukcí chyb z hlediska HRA myslíme především redukcí pravděpodobnosti chyby. Toho lze dosáhnout obecně třemi základními způsoby:

1. Pomocí identifikované příčiny lidské chyby, kdy se snažíme změnou systému úplně zamezit vzniku dané chyby.
2. Změnou identifikovaných faktorů ovlivňujících výkon (PSF), které negativně přispívají k velikosti HEP. Zlepšením faktorů se snažíme snížit HEP na akceptovatelnou hladinu.
3. Změnit procedury a interakci člověka se systémem tak, aby obsahovaly více příležitostí k zotavení. Tato příležitost k zotavení následně ovlivňuje výsledné HEP.

V mnoha případech je potřeba mnoha iteračních kroků, než je dosaženo požadované úrovně rizika.

5. Závěr

Úspěšné nasazení metod lidských faktorů v reálné praxi závisí především na osobě, která je vytváří. Znalost více metod, jejich zobecnění, kritický pohled na její jednotlivé části a uvědomění si nedostatků (které vykazuje každá z různých metod lidských faktorů) mají zásadní vliv na reálný přínos analýzy pro potřeby praxe.

Zavádění ergonomických poznatků obvykle chápeme jako prevenci rizik a vystačíme si s tím, že jejich reálný přínos nemusíme vyčíslovat. Cena samotná analýzy by totiž mohla dosahovat podobných úrovní, jako náklady ergonomického řešení. To by bylo naprosto nepraktické a tak obvykle vystačíme s jednoduchým odborným odhadem. Tak je tomu například i při návrhu jednotlivých řešení v řídicích místnostech.

Skutečně vyčíslovat riziko (respektive hledat pravděpodobnosti různých lidských akcí sofistikovanými metodami) potřebujeme u nebezpečných procedur v průmyslových oblastech jako je jaderná energetika, chemická a petrochemická výroba, výroba výbušnin apod. Tam se úspěšně uplatní metody HRA a jejich výstupy. Ty neukazují pouze zhodnocení úrovně rizika, ale také vysvětlují, které události nejvíce přispívají k dané úrovni rizika vyplývajícího z lidské činnosti. Právě tyto události nebo jejich kombinace mohou být cílem hlubšího vyšetřování a dalšího zlepšování. To je ostatně cílem všech metod lidského faktoru - neustále zlepšovat pracovní podmínky a procedury a snižovat tak riziko pro všechny prvky systému.

Literatura

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). 1997. *Guide for Incorporating Human Action Reliability Analysis for Nuclear Power Generating Stations*. Std 1082-1997. ISBN 1-55937-957-X.

Ivergård, T. et al. 2009. *Handbook of control room design and ergonomics, A Perspective for the Future*. 2. vyd. Taylor & Francis. ISBN 978-1-4200-6429-2.

Kirwan, B. 1994. *A Guide To Practical Human Reliability Assessment*. 1. vyd. CRC Press. ISBN 978-0748400522.

Sträter, O. 2000. *Evaluation of Human Reliability on the Basis of Operational Experience*. GRS-170. 1. vyd. GRS. ISBN 3-931995-37-2.

Sträter, O. 2005. *Cognition and Safety*. 1. vyd. Ashgate. ISBN 0-7546-4325-5.

ÚNMZ (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví), ČSN EN 62508 - *Návod pro lidská hlediska spolehlivosti*, 2011.

Posouzení rizik z chybování člověka při rekonstrukci rozvoden

doc. Ing. Pavel Fuchs, CSc., Technická univerzita v Liberci
tel. +420 485 353 287, e-mail: pavel.fuchs@tul.cz

Abstrakt

Každá lidská činnost s sebou přináší i možnost jejího chybného provedení. Metody používané pro posuzování spolehlivosti lidského činitele (faktoru) umožňují se zaměřit na snižování pravděpodobnosti vzniku chyby, či na zmírnění jejích následků. S ohledem na rozmanitost lidských aktivit je třeba kriticky posuzovat, které metody či kombinace metod mohou přinést potřebný efekt. Příspěvek se proto zaměřuje na prezentaci postupu zvoleného pro posuzování rizika při rekonstrukci rozvoden elektrického napájení prováděných za provozu. Tedy na případ, kdy lidská chyba má za následek oběti na životech a ztráty na výrobě.

Klíčová slova

riziko; rekonstrukce rozvoden; pravděpodobnost lidských chyb; následky lidských chyb; posuzování rizik; analýza rizika

1. Úvod

Odpovědný přístup k podnikání vede představitele podniků k tomu, aby se vážně zamýšleli nad tím, co dělají a jaké to má důsledky. Což je základní předpoklad k úspěšnému řízení rizika. Takto obecně formulovaná zásada má však své konkrétní aplikace, které jsou velmi rozmanité. Tak rozmanité, jak jsou rozmanité úlohy posuzování rizika.

Jednou z takových zajímavých úloh bylo posouzení rizika vyplývajícího z rekonstrukce rozvoden vysokého napětí prováděné za provozu v Mondí Štětí, a.s.

Základním požadavkem Mondí Štětí, a.s., bylo posoudit riziko prostřednictvím metody označované jako Studie nebezpečí a provozuschopnosti (HAZOP) [1]. Uvedená metoda se používá zejména k hledání odchylek od normálních provozních parametrů technologických procesů a popisu jejich příčin a následků. Slouží tedy zejména k identifikaci potenciálních nebezpečí (zdrojů rizik) a vyhledání vhodných opatření k jejich usměrnění. Je založena na kvalitativním popisu procesů a jevů spojených s odchylkami od žádoucího stavu. Sama o sobě neumožňuje metoda HAZOP hodnotit riziko (ani kvalitativně) protože neobsahuje hodnocení pravděpodobnosti vzniku odchylek (nežádoucích událostí). Metoda HAZOP tedy představuje určitý předstupeň pro práci s rizikem, podobně jako celá řada dalších metod používaných v oboru spolehlivosti a rizik. Jejich typickými reprezentanty jsou FMEA/FMECA, FTA, RBD aj. Pro posuzování rizika je totiž třeba aplikovat postupy, které umožní ohodnotit pravděpodobnost a následky nežádoucích událostí. Pravděpodobnost a následky jsou obecně dvě základní složky rizika.

Na základě posouzení potřeb Mondí Štětí, a.s., bylo zjištěno, že je třeba uskutečnit tyto druhy analýz rizika:

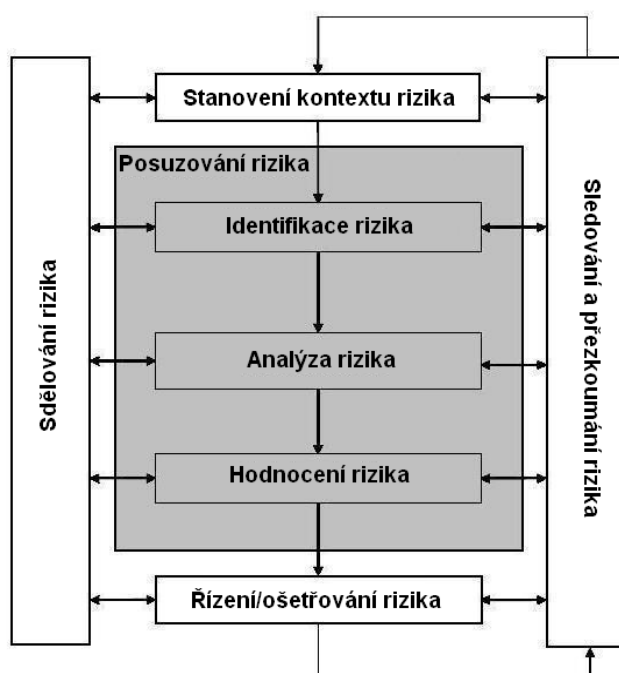
- a) posouzení rizika spojeného s náhodnými poruchovými stavy v systému silového elektrického napájení před a při rekonstrukci rozvoden,
- b) posouzení rizika spojeného s poruchovými stavy v systému silového elektrického napájení vyvolanými chybou člověka při rekonstrukci rozvoden
- c) posouzení rizika pro osoby pracující na rekonstrukci rozvoden in-situ.

Protože tento příspěvek je věnován problematice rizika spojeného s lidským faktorem, je dále jen prezentován přístup zvolený k posuzování rizika týkajícího se bodů b), c). Posouzení rizika týkajícího se bodu a) bude věnován příspěvek na některém z dalších seminářů Odborné skupiny pro spolehlivost.

2. Přístup zvolený k posuzování rizika

2.1 Obecná východiska

Posuzování rizika představuje základní část procesu managementu rizika, jehož proces je popsán v příslušných normách, které se tímto procesem zabývají, např. [2]. Proces a jeho dílčí složky je uveden na obr. 1.



Obr. 1: Proces managementu rizika¹

V obecném pojetí jsou při posuzování rizika přítomny tři dílčí procesy – identifikace rizika, analýza rizika a hodnocení rizika. Identifikace rizik zahrnuje zjišťování zdrojů rizik, událostí na ně vázaných, jejich příčin a potenciálních následků. Analýza rizika je procesem pochopení povahy rizika a stanovení úrovně rizika, kdy úroveň rizika (velikost rizika) je vyjádřena jako kombinace následků a jejich možnosti (pravděpodobnosti) výskytu. Hodnocení rizika je proces porovnání výsledků analýzy rizika s kritérii rizika k určení, zda riziko je přijatelné.

2.2 Stanovení velikosti rizika

Rizikem R zjednodušeně rozumíme součin pravděpodobnosti vzniku nebezpečné události P a jejich následků N . To lze vyjádřit symbolickým zápisem $R = P \cdot N$.

Uvedený vztah ukazuje pouze základní přístup. V praxi se podle potřeby a typu řešených úloh posuzování rizika používá tří základních přístupů pro stanovení velikosti rizika – kvalitativní, semikvantitativní a kvantitativní.

¹ Převzato z ČSN ISO 31000:2010, *Management rizik – Principy a směrnice*.

Kvalitativní přístup

Tento přístup volí pro hodnocení rizika slovní popis. Používá se tam, kde je třeba alespoň orientačně vzájemně porovnat rizika a rizika redukovat postupně od těch, která vykazují nejvyšší „hodnotu“ a jsou považována za nepřijatelná. Zpravidla nejsou k dispozici údaje, které by umožnily rizika hodnotit přesněji nebo charakter řešených problémů je takový, že přesnější metody nelze aplikovat.

Semikvantitativní přístup

Tento přístup používá metody, které k hodnocení rizika kvantifikují pravděpodobnost a následky např. bodovou nebo procentuální škálou. Tyto metody již pracují s přijatelností rizika, což je ve skutečnosti hranice, za kterou jsou rizika považována za nepřijatelná. Rozmezí, ve kterém se hodnota rizika může vyskytovat, je zpravidla členěno do pásem přijatelného rizika, přechodového rizika a nepřijatelného rizika, případně se používá i jemnější dělení pásma rizika. Bodové či procentuální hodnocení pravděpodobnosti a/nebo následků oceňuje riziko relativním způsobem. Lze je použít pro vzájemné porovnání rizik, která mají společnou bázi, jejíž absolutní hodnota se obtížně určuje (např. chyby člověka).

Kvantitativní metody

Tento přístup používá metody, které pracují s plně kvantitativním hodnocením rizika. Riziko je v tomto případě přesně vyčísleno (např. jako finanční újma za určité časové období). Riziko je pro rychlou orientaci vyhodnocováno podle přijatelnosti. K tomu se využívá matice rizika, kde se podle hodnoty pravděpodobnosti a následků nežádoucí události v matici rizika zobrazuje riziko spojené s nežádoucí událostí a indikuje se jeho přijatelnost/nepřijatelnost. Tento přístup vyžaduje, aby byla k dispozici příslušná data pro ocenění pravděpodobnosti a následků nežádoucí události. Jednotlivá rizika lze vzájemně dobře porovnávat a je možné vyhodnocovat efektivitu prostředků vynakládaných na jejich snížení.

2.3 Rizika rekonstrukce rozvodu spojená s chybováním člověka

Pro rekonstrukci rozvodu Mondi Štětí, a.s., z povahy způsobu jejího provádění (za provozu) byly jako typické zdroje rizika spojená s chybováním člověka určeny:

- chyby člověka při rekonstrukci vedoucí k poruchám v systému silového elektrického napájení,
- chyby člověka při rekonstrukci, vedoucí k ohrožení jeho bezpečnosti (práce na zařízení pod napětím či v jeho blízkosti, eventuálně práce ve výškách či manipulace s těžkými břemeny).

Jako nežádoucí následky spojené s uvedenými zdroji rizika se uvažují ekonomické ztráty, poškození životního prostředí a postižení zdraví a život osob (pracovní úrazy).

2.4 Pravděpodobnost vzniku lidských chyb

Lidské chyby jsou výslednicí působení řady faktorů. Individuálními kvalitami jedince počínaje a emocionálními stavy jeho osobnosti konče, pokud jde o inherentní chybovost člověka. K tomu přistupuje řada dalších (externích) faktorů jakými je obtížnost prováděného úkolu, podmínky, ve kterých je úkol vykonáván a podobně. Hodnocení lidského faktoru je věnována řada sofistikovaných metod a pravděpodobnost vzniku chyby je vyjadřována semikvantitativně (body, koeficienty) případně kvantitativně jako pravděpodobnost (vyjádřená jako hodnota mezi 0 a 1), že při specifikovaném úkonu udělá člověk chybu.

Pro hodnocení pravděpodobnosti vzniku lidských chyb při rekonstrukčních pracích na zařízení Mondí Štětí, a.s., bylo použito semikvantitativní posouzení možnosti vzniku lidské chyby. Jednotlivé činnosti byly rozděleny do kategorií podle složitosti úkolu a charakteru prostředí, ve kterém budou prováděny. Kategorizace činností umožnila ohodnotit pravděpodobnost vzniku lidské chyby v relativním měřítku od nejnižší po nejvyšší pomocí bodového hodnocení. Absolutní hodnota pravděpodobnosti lidské chyby sice nebyla stanovena, ale bylo stanoveno rozpětí mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou pravděpodobnosti vzniku lidské chyby v rozsahu jednoho řádu. Bodová hodnota pravděpodobnosti lidské chyby tedy reprezentuje semikvantitativní veličinu, kterou lze využít při semikvantitativním posuzování rizika.

Základním východiskem pro aplikaci tohoto přístupu je předpoklad, že dané činnosti budou prováděny osobami s příslušnou kvalifikací. Zvolený způsob oceňování pravděpodobnosti vzniku lidských chyb tedy neuvažuje, že příslušná činnost by mohla být prováděna osobou s nevyhovující kvalifikací.

2.5 Následky lidských chyb

Následky lidských chyb jsou různého druhu, Mohou jimi být ztráty výroby, ale i fatální poškození zdraví pracovníků. S ohledem na jejich různorodost je třeba je převést na jednotnou a porovnatelnou veličinu.

Následky lidských chyb pro provoz

Následky poruch jsou různé, obecně je lze označit souhrnným termínem *ztráty*. Jedná se o:

- ztráty způsobené výpadkem zařízení,
- ztráty spojené s opravou zařízení,
- ztráty spojené s poškozením zdraví a života personálu,
- ztráty spojené s poškozením environmentu.

Ocenění těchto ztrát je třeba provést v peněžním vyjádření, aby bylo možno ztráty kumulovat v případě, kdy porucha zařízení vyvolá ztráty ve více hodnocených oblastech. Zpravidla nečiní problém oceňování nákladů na opravu zařízení. Tyto údaje jsou běžnou součástí údajů v systému řízení prací. Poněkud obtížnější je získání hodnoty ztrát na výrobě. K tomu je potřeba sestavit rovnici výrobních ztrát PLE (Production Loss Equation). Ta vychází z hodinových ztrát výpadků výroby jak na úrovni jednotlivých provozů, tak na úrovni Mondí Štětí, a.s., jako celku.

Pro ocenění poškození lidského zdraví je vhodné využít peněžní hodnoty, přičemž výše ocenění se řídí místními poměry. Totéž platí pro oceňování poškození environmentu. Je vždy třeba mít na paměti, že hodnotíme provozní ztráty, do kterých se promítají náklady za poškozování lidského zdraví a environmentu.

Následky lidských chyb pro přímé ohrožení života

Lidské chyby však mají další dimenzi následků. Tou je přímé ohrožení života pracovníků, provádějících rekonstrukční práce, nebo práce související se zajištěním zařízení pod napětím a jeho opětovném uvedení do provozu či jeho revizí. Protože prioritním účelem posouzení rizika spojeného s těmito pracemi je ochrana pracovníků před fatálním pracovním úrazem, peněžní ocenění zdraví a života se neprovádí a následky lidské chyby jsou klasifikovány třemi úrovněmi následků:

- bez následků,
- úmrtí jedné osoby,
- úmrtí několika osob.

Tato klasifikace byla přijata s přihlédnutím k tomu, že práce budou prováděny na zařízení vysokého a velmi vysokého napětí a konzervativně se předpokládá, že kontakt se zařízením pod napětí bude mít vždy fatální následky.

2.6 Řešitelský tým

Posuzování rizika složitých technických systémů vyžaduje týmovou spolupráci řady odborníků, disponujících specializovanými vědomostmi (multiprofesní tým). Proto se vždy doporučuje vytvořit pracovní skupinu, která na pravidelných workshopech provádí příslušné analýzy či připravuje potřebné podklady.

Tým musí být schopen získat a zpracovat potřebné informace o provozu, poruchách a údržbě analyzovaného zařízení. Do týmu je třeba zařadit odborníky s profesní skladbou odpovídající typu analyzovaného zařízení a požadovaným informacím. Při vhodné organizaci práce nebyla potřebná trvalá účast všech profesí v týmu.

3. Posouzení rizik z chybování člověka

3.1 Účel posouzení

Účelem posouzení rizik z chybování člověka byl stanovit, jaké činnosti mohou vést při rekonstrukci rozvodu Mondi Štětí, a.s., k následkům pro provoz a jaké činnosti mohou vést k přímému ohrožení života pracovníků provádějících rekonstrukční práce, nebo práce související se zajištěním zařízení pod napětím a jeho opětovném uvedení do provozu či jeho revizí. Smyslem posouzení není tedy explicitní stanovení hodnot rizika, ale určení činností vykazujících vysokou míru rizika ze souboru činností prováděných při rekonstrukci rozvodu.

3.2 Postup při posuzování

Pro posuzování rizik z chybování člověka byla aplikována hierarchická analýza úkolů HTA (Hierarchical task Analysis). Pro rozhodování o vhodné metodě bylo rozhodující, že projekt rekonstrukce rozvodu je poměrně podrobně rozepsán v plánovacím nástroji MS Project, viz obr. 2.

...	T...	Task Name
98		installation of 19NZA, / instalace rozvaděče 19NZ A
99		19NZ A split the substation after planned stand of by Mondí / 19NZ A - provést manipulace a rozdělení rozvodny (po plánované odstávce)
100		disassembling of 19NZA/provedení demontáže 19NZA
101		split building into 2 part / stavební úpravy
102		deliver 19NZA on the site to Steti / dodání 19NZA na stavbu
103		installation of 19NZA, cabling / instalace rozvodny 19NZA včetně připojení kabelů
104		commissioning we can do after the supply from R210 A will be ready / s uvedením do provozu je třeba počkat až bude připraveno napájení z R210A
105		exam , revisions, set up protection, visualization / zkoušky, revize, oživení ochran, vizualizace do U210
106		do the manipulation of all load from 19 NZB to 19 NZA / uvést do provozu 19NZA a postupně provést manipulace a převést zatížení z 19NZB na 19NZA
107		shut down 19NZ B / odstavit 19NZ B
108		disassembling of 19 NZB / demontáž 19NZ B
109		installation of new 19NZB / instalace nové 19 NZ B
110		exam / zkoušky
111		reconstruction of R210 A / rekonstrukce R210A
112		manipulation of load to the R210 B / přemanipulování spotřeby na R210 B
113		split the substations / rozdělení rozvodny
114		split the building / stavební oddělení etapy A a B
115		disassembling / demontáže
116		cably space / kabelový prostor
117		reactors / reaktory
118		rA1, rA2, rB1, rB2
119		substations R210 A, B / rozvodna 210 A,B
120		building works / stavební práce
121		reinforcement of building / statické úpravy budovy
122		assembling works / montážní práce
123		cably space / kabelový prostor
124		reactors / reaktory
125		Installation r 19NZ.a; R210A
126		Installation of rA1, rA2, rB1, rB, R210A/B
127		reconnecting of the cables from the substations to the main substation and finish the cabling / Přepojení kabelů jednotlivých rozvodů na nové vývody
128		commissioning R210, r19NZA, rA1, rA2, rB1, rB2 / Uvedení do provozu R210, r19NZ A, rA1,rA2,rB1,rB2

Obrázek 2: Rozepsání činností v projektu rekonstrukce rozvodů

Rovněž uspořádání konkrétních činností jako za sebou následujících pracovních úkonů předurčovalo výběr metody HTA k řešení. Jednotlivé pracovní úkony obsažené v činnostech prováděných při rekonstrukci lze ztotožnit s úkoly HTA řazenými za sebou v jasné časové a logické posloupnosti. Logickou posloupnost úkonů lze popsat logickými operátory AND, kdy jeden úkon navazuje na druhý v sériovém řetězení úkonů.

Zvolený přístup tedy vycházel z rozepsání činností do sekvence jednotlivých úkonů. Protože řada činností se při rekonstrukci opakuje, byly opakované činnosti brány jako typové a pro každou typovou činnost se zpracoval podrobný rozpis úkonů. Pro speciální (neopakované, jedinečné) činnost je sekvence pracovních úkonů vytvářena individuálně.

Typové činnosti mohou být realizovány v různém prostředí a podmínkách. Jednotlivé úkony pak podle jejich složitosti, prostředí a podmínek, ve kterých se provádějí, mají určitou pravděpodobnost vzniku chyby zaviněné člověkem. Následky chyby pak podle okolností mohou mít různou velikost následků a to následků pro provoz Mondí Štětí, a.s., a následků pro zdraví a životy pracovníků provádějících úkony. Je tedy třeba k jednotlivým úkonům stanovit hodnotu pravděpodobnosti vzniku chyby a hodnotu velikosti jejích následků.

Protože účelem posouzení rizika z chybování člověka je stanovit, které z plánovaných úkonů jsou kritické (mají vysokou hodnotu rizika), je vhodné použít semikvantitativní přístup k posuzování rizika. Účelem posouzení není stanovit absolutní hodnoty rizika úkonů, ale identifikovat úkony s vyšší mírou rizika, než mají jiné úkony. Postačuje tedy vzájemně poměřovat riziko úkonů prostřednictvím relativních hodnot.

Pro semikvantitativní posuzování rizika z chybování člověka bylo proto potřeba vhodně ohodnotit pravděpodobnost chyby a velikost jejích následků.

Pravděpodobnost chyby člověka

Při určování měřítka pro odhad pravděpodobnosti chyby člověka při provádění úkonu byl přijat předpoklad, že mezi nejmenší a největší hodnotou pravděpodobnosti chyby je rozpětí jednoho řádu. Ocenění pravděpodobnosti chyby bylo provedeno body podle tab. 1. Jedná se o expertní hodnocení provedené pracovníky Mondí Štětí, a.s. a pracovníky dodavatele odpovědného za realizaci rekonstrukce rozveden. S ohledem na profesní zkušenost expertů, lze tento odhad pravděpodobnosti chyby považovat za nejlepší možný.

Tabulka 1: Bodové hodnocení pravděpodobnosti chyby

Typ úkonu	Pravděpodobnost chyby
speciální úkon s velkou možností chyby	9
složité úkon ve ztížených podmínkách	7
složité úkon v normálních podmínkách	3
jednoduchý úkon ve ztížených podmínkách	5
jednoduchý úkon v normálních podmínkách	1

Pro představu o tom, jak charakterizovat jednotlivé typy úkonů byly použity tyto popisy úkonů:

- Jednoduchý úkon = známý, opakovaně prováděný úkon (standardní pracovní úkon nebo rutinní pracovní činnost)
 - standardní pracovní úkon = standardně prováděná práce montéra
 - rutinní pracovní činnost = několikrát denně prováděná činnost provozního elektrikáře
- Složitý úkon = úkon složený z více vzájemně souvisejících operací nebo úkon, který není běžně prováděný nebo je komplikován nedostatečnou dokumentací
- Speciální úkon = unikátní dosud neprováděná pracovní operace
- Normální/jednoduché podmínky pro práci = přehledné prostory, běžné klimatické podmínky, známé zařízení
- Ztížené podmínky pro práci = prašnost, vlhkost, špatná viditelnost, hluk, prostorová stísněnost, vysoká teplota

Následky lidské chyby

Posouzení velikosti následků lidské chyby pro provoz Mondí Štětí, a.s., vycházelo ze stejných principů, které byly uplatněny již při posuzování rizik z náhodných poruch. Následky byly oceňovány jako peněžní hodnoty výrobní ztráty, poškození zdraví a života personálu a poškození životního prostředí. Byly tedy plně převzaty i pro posuzování velikosti následků lidské chyby. S tím rozdílem, že pro semikvantitativní hodnocení rizika byly peněžní hodnoty následků převedeny do bodové stupnice dle tab. 2.

Tabulka 2: Bodové hodnocení následků chyby pro provoz

Peněžní hodnota následků [EUR]	Bodová hodnota následků
≥ 1 000 000	1000
≥ 100 000 a < 1 000 000	100
≥ 10 000 a < 100 000	10
< 10 000	1

Hodnocení následků pro pracovníky provádějících rekonstrukční práce, nebo práce související se zajištěním zařízení pod napětím a jeho opětovném uvedení do provozu či jeho revizí bylo řešeno bodovým hodnocením závažnosti pracovního úrazu, viz tab. 3.

Tabulka 3: Bodové hodnocení následků chyby pro pracovníky

Pracovní úraz	Bodová hodnota následků
úmrtí více osob	10
úmrtí jedné osoby	1
bez úmrtí	0

3.3 Analýza rizika v aplikaci MS Excel

Pro analýzu rizika byla připravena aplikace v prostředí MS Excel. Základem pro analýzu rizika byla matice rizika, pracující s pravděpodobností a následky lidské chyby. V této matici rizika byla posuzována i přijatelnost rizika. Matice rizika použité pro posuzování rizika z chybování člověka jsou uvedeny na obr. 3 a 4.

		Matice rizika – bezpečnost		
Pravděpodobnost lidské chyby	9	0	9	90
	7	0	7	70
	5	0	5	50
	3	0	3	30
	1	0	1	10
		0	1	10
		bez úmrtí	úmrtí jedné osoby	úmrtí více osob
		Následky lidské chyby		
			R1 - bez rizika	
			R2 - malé riziko	
			R3 - velké riziko	
			R4 - extrémní riziko	

Obrázek 3: Matice pro posuzování rizika pro bezpečnost osob

		Matice rizika – provoz			
Pravděpodobnost lidské chyby	9	9	90	900	9 000
	7	7	70	700	7 000
	5	5	50	500	5 000
	3	3	30	300	3 000
	1	1	10	100	1 000
		1	10	100	1 000
		< 10 000	≥ 10 000 a < 100 000	≥ 100 000 a < 1 000 000	≥ 1 000 000
		Následky lidské chyby			
			R1 - zanedbatelné riziko		
			R2 - malé riziko		
			R3 - střední riziko		
			R4 - velké riziko		
			R5 - extrémní riziko		

Obrázek 4: Matice pro posuzování rizika pro provoz

Tam, kde je v analýze rizik rozpoznáno zvýšené riziko, lze aplikovat při provádění pracovních úkonů vhodná opatření ke zmírnění rizika, která sníží pravděpodobnost vzniku lidské chyby

nebo omezí její následky. Proto jsou v aplikaci v prostředí MS Excel zavedeny kritéria korigující riziko. Jejich bodové hodnoty jsou uvedeny v tab. 4 a 5

Tabulka 4: Kritérium pro korekci rizika pro bezpečnost osob

Opatření ke zmírnění rizika	Bodová hodnota kritéria
bez vlivu	1
snížení pravděpodobnosti příčiny chyby	10
vyloučení následku chyby	100

Tabulka 5: Kritérium pro korekci rizika pro provoz

Opatření ke zmírnění rizika	Bodová hodnota kritéria
bez vlivu	1
snížení pravděpodobnosti příčiny chyby	10
omezení následku chyby	1 až 1 000

Posouzení, zda riziko z lidské chyby úkonu je přijatelné, je založeno na principu ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Znamená to, že při zvýšeném riziku se navrhuje vhodná opatření pro zmírnění, aby riziko bylo tak nízko, jak je rozumně proveditelné.

Při provádění analýzy HTA a posuzování rizika prostřednictvím připravené aplikace v prostředí MS Excel je třeba dodržovat tato základní pravidla:

1. Jednotlivé úkony jsou vzájemně nezávislé. Chybně provedený úkon nemá vliv na následující úkon ve smyslu, že by následující úkon byl proveden chybně.
2. Chyba při provádění úkonu má následky přímé nebo zprostředkované. Přímým následkem je např. smrt pracovníka při provádění úkonu. Zprostředkovaným následkem je smrt jiného pracovníka v některém následném úkonu. Např. pracovník provádí následný úkon bezchybně, ale na zařízení, které je pod napětím v důsledku chyby vzniklé v předešlém úkonu.

Aplikace obsahuje přednastavené hodnoty kritérií pravděpodobnosti, následků a korekce rizika. Výběr hodnot je možný v rolovacím menu či přímým zápisem.

3.4 Výsledky posouzení rizik z chybování člověka

Výsledky posouzení rizika představují přehlednou „mapu“ pracovních úkonů a potenciálních chyb při jejich plnění s oceněním jejich rizik. Jsou tam uvedena zdůvodnění zvolených hodnot pravděpodobnosti a následků chyby včetně opatření k jejich minimalizaci. Příklad výsledků je prezentován na obr. 5 a 6.

Druh práce	Průběh činnosti	Pracovní úkon	Rozklad pracovního úkonu	Popis chybování při provádění úkonu	Popis následků chybování	Ochrana proti chybě	Kritérium 1 (pravděpodobnost)	Kritérium 2 (následky)	Riziko	Popis dodatečných opatření ke zmírnění rizika	Kritérium 3 (opatření)	Pozámka	
Instalace kabelových tras a ocelových konstrukcí, stavební prostory	Montáž VN kabelu 204 - reaktor	Zajištění zařízení a uvedení do beznapětového stavu - příkaz B	Provést kontrolu prostoru ovlivněného stavbou	Chybná identifikace prostoru pod napětím	smrt montéra	žádán	1	1	1			Rutinní činnost dle 1 schválených postupů	
			Provedení zajištění předem určeného zařízení	Nedodržení provozních předpisů, zajištění zařízení se vedením jedné osoby	smrt zajišťovatele			1	1	1			
Pokládka kabelů VN a NN v blízkosti zařízení VN a kabelů VN	Instalace 12 kabelů typu 10-AXEKVCEY 1x300 (kabely mezi reaktorem TG5 a kobkou 204)	Zajištění zařízení a uvedení do beznapětového stavu - příkaz B	Instalace zábran s odolností vůči dané napětové hladině	Fyzické selhání člověka, přiblížení se k zařízení pod napětím	smrt montéra	dvě nezávislé osoby	1	1	1			Standardní pracovní úkon	
			Předání příkazu B	Předání příkazu B nezpůsobilé osobě, nedokonale vyplněný příkaz B	smrt montéra			1	1	1			
Pokládka kabelů VN a NN v blízkosti zařízení VN a kabelů VN	Instalace 12 kabelů typu 10-AXEKVCEY 1x300 (kabely mezi reaktorem TG5 a kobkou 204)	Zajištění zařízení a uvedení do beznapětového stavu - příkaz B	Zrušení příkazu B pro dané zařízení a uvedení v provozu	Práce na nesprávném zařízení a/nebo cizí předmět v prostoru ovlivněného napětím	smrt montéra	žádán	1	1	1			Rutinní činnost dle 1 schválených postupů	
			Provedení potřebných strojních, stavebních a zámečnických prací v režimu příkazu B	Instalace kabelových tras, ocelových konstrukcí, kytů a stavební práce	smrt odjišťovatele	odjištění za účasti zhotovitele		1	1	1			
Pokládka kabelů VN a NN v blízkosti zařízení VN a kabelů VN	Instalace 12 kabelů typu 10-AXEKVCEY 1x300 (kabely mezi reaktorem TG5 a kobkou 204)	Zajištění zařízení a uvedení do beznapětového stavu - příkaz B	Provést kontrolu prostoru ovlivněného stavbou	Chybná identifikace prostoru pod napětím	smrt skupiny montérů	práce prováděné pod dozorem	1	10	10			10	Nenalezeno účinné opatření ke zmírnění rizika. Jedná se o standardní pracovní úkon, možnost úmrtí více než jednoho pracovníka
			Provedení zajištění předem určeného zařízení	Nedodržení provozních předpisů pro zajištění	smrt zajišťovatele			1	1	1			
Pokládka kabelů VN a NN v blízkosti zařízení VN a kabelů VN	Instalace 12 kabelů typu 10-AXEKVCEY 1x300 (kabely mezi reaktorem TG5 a kobkou 204)	Zajištění zařízení a uvedení do beznapětového stavu - příkaz B	Instalace zábran s odolností vůči dané napětové hladině	Fyzické selhání člověka, přiblížení se k zařízení pod napětím	smrt montéra	dvě nezávislé osoby	1	1	1			1	Standardní pracovní úkon
			Předání příkazu B	Předání příkazu B nezpůsobilé osobě, nedokonale vyplněný příkaz B	smrt montéra			1	1	1			
Pokládka kabelů VN a NN v blízkosti zařízení VN a kabelů VN	Instalace 12 kabelů typu 10-AXEKVCEY 1x300 (kabely mezi reaktorem TG5 a kobkou 204)	Zajištění zařízení a uvedení do beznapětového stavu - příkaz B	Zrušení příkazu B pro dané zařízení a uvedení v provozu	Práce na nesprávném zařízení a/nebo cizí předmět v prostoru ovlivněného napětím	smrt odjišťovatele	odjištění za účasti zhotovitele	1	1	1			1	Rutinní činnost dle 1 schválených postupů
			Pokládka kabelů v režimu příkazu B	Tahání kabelů do předem připraveného prostoru	smrt skupiny montérů	práce prováděné pod dozorem		1	10	10			10

Obrázek 5: Výsledky posuzování rizika pro bezpečnost

Druh práce	Prováděná činnost	Pracovní úkon	Rozklad pracovního úkonu	Popis chybování při provádění úkonu	Popis následků chybování	Ochrana proti chybě	Kritérium 1 (pravděpodobnost)	Kritérium 2 (následky)	Riziko	Popis dodatečných opatření ke zmírnění rizika	Kritérium 3 (opatření)	Redukované riziko	Poznámka k pravděpodobnosti	Poznámka k zařazení dotčenému chybou	Poznámka k výrobním ztrátám
Odpojení a demontáž zařízení VN	Demontáž odpojovače v kobce 104 OM10/2000-30 a generátorem G4 OM10 4000-30	Demontáž odpojovačů	Zajištění zařízení a uvedení do bezpečného stavu - příkaz B	Provést identifikaci zařízení a jeho napájení ze všech možných zdrojů včetně ovládacích obvodů	Chybná identifikace zařízení	Provést identifikaci zařízení a jeho napájení ze všech možných zdrojů včetně ovládacích obvodů	1	10	10	kontrola správnosti identifikace dvěma nezávislými osobami	10	10	Rutinní pracovní činnost dle schválených postupů, dobrá dokumentace, stávající zařízení, výpadek PS1, PS3 a PS6 na 3h	výpadek PS1, PS3 a PS6 na 3h	
		Demontáž odpojovačů	Provést vypnutí (vypínač, odpojovač, jistič)	Provést vypnutí (vypínač, odpojovač, jistič)	Vypnutí nesprávného zařízení	Zajištění zařízení se provedení pod vedením jedné osoby	1	10	10	10	zajištění zařízení se provedení pod vedením jedné osoby	10	10	Rutinní pracovní činnost dle schválených postupů, dobrá dokumentace, stávající zařízení, výpadek PS1, PS3 a PS6 na 3h	výpadek PS1, PS3 a PS6 na 3h
Odpojení a demontáž zařízení VN	Demontáž odpojovačů	Demontáž odpojovačů	Kontrola bezpečného stavu odpojovačem	Provést proměření všech příchozích a odchodných kabelů do zařízení	Nedodržení postupu proměření	Provést proměření všech příchozích a odchodných kabelů do zařízení	1	10	10	žádná	10	10	Rutinní pracovní činnost, dobrá dokumentace, stávající zařízení, výpadek PS1, PS3 a PS6 na 3h	výpadek PS1, PS3 a PS6 na 3h	
		Demontáž odpojovačů	Demontáž zařízení, mechanické výmuty a instalace případných ochranných pvců	Mechanická demontáž	Záměna zařízení určeného k rozebrání	Technologické ztráty	Provést demontáž a vnutí kabelek 101 a 102	1	10	10	správně vymezení pracoviště, červení označení zařízení pro demontáž a vnutí kabelek 101 a 102	10	10	Standardní pracovní úkon, dobrá dokumentace, stávající zařízení, výpadek PS1, PS3 a PS6 na 3h	výpadek PS1, PS3 a PS6 na 3h
Odpojení a demontáž zařízení VN	Demontáž odpojovačů	Demontáž odpojovačů	Zajištění zařízení a uvedení do bezpečného stavu - příkaz B	Provést identifikaci zařízení a jeho napájení ze všech možných zdrojů včetně ovládacích obvodů	Chybná identifikace zařízení	Provést identifikaci zařízení a jeho napájení ze všech možných zdrojů včetně ovládacích obvodů	1	100	100	kontrola správnosti identifikace dvěma nezávislými osobami	100	100	Rutinní pracovní činnost dle schválených postupů, dobrá dokumentace, stávající zařízení, výpadek PS1, PS3 a PS6 na 8 h	výpadek 100% výkonu Mondí na 8 h	
		Demontáž odpojovačů	Provést vypnutí (vypínač, odpojovač, jistič)	Provést vypnutí (vypínač, odpojovač, jistič)	Vypnutí nesprávného zařízení	Zajištění zařízení se provedení pod vedením jedné osoby	1	100	100	100	zajištění zařízení se provedení pod vedením jedné osoby	100	100	Rutinní pracovní činnost dle schválených postupů, dobrá dokumentace, stávající zařízení, výpadek PS1, PS3 a PS6 na 8 h	výpadek 100% výkonu Mondí na 8 h
Odpojení a demontáž zařízení VN	Demontáž odpojovačů	Demontáž odpojovačů	Kontrola bezpečného stavu odpojovačem	Zajistit, označit vypnuté zařízení pokynem "nezapínat na zařízení se pracuje", u kabelů VN vystavit příkaz B, předání pracoviště	Nedodržení postupu proměření	Provést proměření všech příchozích a odchodných kabelů do zařízení	1	100	100	žádná	100	100	Rutinní pracovní činnost dle schválených postupů, dobrá dokumentace, stávající zařízení, výpadek PS1, PS3 a PS6 na 8 h	výpadek 100% výkonu Mondí na 8 h	
		Demontáž odpojovačů	Demontáž zařízení, mechanické výmuty a instalace případných ochranných pvců	Mechanická demontáž	Záměna zařízení určeného k rozebrání	Technologické ztráty	Provést demontáž a vnutí kabelek 101 a 102	1	100	100	správně vymezení pracoviště, červení označení zařízení pro demontáž a vnutí kabelek 101 a 102	100	100	Standardní pracovní úkon, dobrá dokumentace, stávající zařízení, výpadek PS1, PS3 a PS6 na 8 h	výpadek 100% výkonu Mondí na 8 h

Obrázek 6: Výsledky posuzování rizika pro provoz

4. Závěr

Původně uvažované použití metody HAZOP se ukázalo jako nedostačující pro požadovaný rozsah posouzení rizika. Proto byly pro posouzení rizika spojeného s rekonstrukcí rozvodu Mondi Štětí, a.s., aplikovány metody a postupy, které respektují a rozvíjejí nejnovější poznatky z oblasti managementu rizik. Tyto metody umožnily aplikovat kvantitativní posouzení rizika z náhodných poruch systému silového elektrického napájení. Dále tyto metody umožnily vyhodnotit lidské chyby a identifikovat rizikové úkony při provádění rekonstrukčních prací.

Posouzení rizika z chybování člověka umožnilo identifikovat činnosti a úkony kritické z pohledu výskytu chyb a jejich následků. Identifikace těchto činností a úkonů podstatnou měrou zvýšila pochopení důvodů pro aplikaci vhodných opatření pro zvýšení bezpečnosti pracovníků podílejících se na rekonstrukci rozvodu. Umožnila oprostít se od zaběhnutého pohledu na prováděné činnosti a podcenění jejich bezpečnostních aspektů. Na základě provedeného posouzení rizik z chybování člověka lze tedy mnohem důsledněji rozpracovat pokyny k provádění rizikových činností a přijmout opatření pro případnou eliminaci fatálních následků pro zdraví a životy pracovníků

Literatura

- [1] ČSN IEC 61882:2002, *Studie nebezpečí a provozuschopnosti (studie HAZOP) – Pokyn k použití.*
- [2] ČSN ISO 31000:2010, *Management rizik – Principy a směrnice.*
- [3] ČSN IEC 60300-3-11:2000, *Management spolehlivosti. Část 3-11: Návod k použití - Údržba zaměřená na bezporuchovost.*



**Česká společnost pro jakost, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1
Mezinárodní a národní normalizace ve spolehlivosti, 26. 2. 2013**

Analýza a hodnocení rizik s ohledem na lidský faktor

Sborník přednášek

Kolektiv autorů

Rok vydání 2013

1. vydání

Vazba brožovaná, počet stran 32

ISBN 978-80-02-02434-7