

INTEGROVANÁ METODIKA PRO HODNOCENÍ ERGONOMICKÝCH A ORGANIZAČNÍCH FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍCH SPOLEHLIVOST OPERÁTORŮ ŘÍDICÍCH CENTER

INTEGRATED METHODOLOGY FOR ASSESSING ERGONOMIC AND ORGANIZATIONAL FACTORS INFLUENCING THE RELIABILITY OF CONTROL ROOMS OPERATORS

MAREK, J. & SKŘEHOT, P.A. & SKŘEHOTOVÁ, M. & MARKOVÁ, K. &
PALÁT, M.

Abstrakt

Otázky spojené s ergonomií řídicích center jsou předmětem zájmu nejen projektantů, ale i ergonomů a odborníků na BOZP. Stále více se totiž ukazuje, že na změny v charakteru práce, k nimž postupně dochází, nedokázala legislativa ani technické normy vhodně zareagovat. Taktéž postupy používané pro ergonomická hodnocení stavu pracovního prostředí v řídicích centrech se omezují pouze na několik klíčových aspektů a leckdy se stávají pouze malou podmnožinou obsáhlé agendy BOZP. Tento přístup se pak logicky promítá do kvality řízení rizik. Jsou-li totiž ergonomická rizika řešena izolovaně coby okrajová oblast zájmu, případně jsou-li dokonce přehlížena, nelze v dané organizaci očekávat příliš dobrou úroveň kultury bezpečnosti. Ergonomická rizika jsou přitom velmi různorodá a obvykle pronikají do řady sfér pracovního života. Ovlivňují nejen pohodu pracovníků, ale také jejich motivaci k práci nebo kvalitu pracovního výkonu. Ergonomie tak jde ruku v ruce i se spolehlivostí lidského faktoru. Hodláme-li proto hodnotit kvalitu pracovních podmínek, musíme ve světle těchto souvislostí posuzovat také široké spektrum ergonomických aspektů. Jako východisko pro tento nelehký úkol může posloužit integrovaná metodika MEHODIS, která je v současnosti vyvíjena a validována pro užití v prostředí moderních řídicích center.

Abstract

Issues related to the ergonomics of control rooms are of interest not only to designers but also to ergonomists and OSH specialists. Increasingly, it turns out that the changes in the nature of the work that are gradually being done have failed to adequately react to legislation or technical standards. Also, the procedures used for ergonomic assessments of the state of the work environment in control rooms are limited to a few key aspects and are sometimes only a small subset of the extensive OSH agenda. This approach is then logically reflected in the quality of risk management. If ergonomic risks are solved in isolation as a peripheral area of interest, or if they are even overlooked, a good level of safety culture can not be expected in

the organization. Ergonomic risks are very diverse and usually penetrate many spheres of working life. They affect not only the well-being of workers but also their motivation to work or the quality of work performance. Ergonomics goes hand in hand with the reliability of the human factor. Therefore, in order to assess the quality of working conditions, we must also consider a wide range of ergonomic aspects in light of these contexts. As a starting point for this difficult task, the integrated methodology MEHODIS, which is currently being developed and validated for use in the environment of modern control rooms.

Klíčová slova

ergonomie, prevence rizik, řídicí centra, lidský činitel

Key Words

Ergonomics, Risk Prevention, Control Rooms, Human Factors

Úvod

Projekt MEHODIS, který řeší tým předních výzkumníků Znaleckého ústavu bezpečnosti a ochrany zdraví, z.ú. volně navazuje na projekt TD020017 „Hodnocení vlivu pracovního prostředí blokových dozoren průmyslových provozů na spolehlivost výkonu operátorů“, který probíhal v letech 2014-2015. Jednalo se o projekt realizovaný v rámci programu společenskovedního aplikovaného výzkumu OMEGA, který kofinancovala Technologická agentura ČR. Projekt se věnoval tématu, které bylo v českém prostředí do té doby zcela ojedinělé. Jeho atraktivnost nicméně potvrdil deklarovaný zájem řady předních průmyslových firem, které problematika ergonomie řídicích center zajímala a dodnes stále zajímá (např. ČEZ, Spolchemie, Bonatrans, Net4Gas, Zentiva a další). Téma interakce člověka a stroje v prostředí řídicích center je stále živé a zdá se, že v blízké budoucnosti bude předmět stále širší odborné debaty. Proto jsme se rozhodli pokračovat v tomto výzkumu a posunout hranici poznání zase o kousek dál. Zrodil se tak nový projekt MEHODIS, který získal podporu od Ministerstva vnitra v rámci programu Bezpečnostní výzkum České republiky 2015-2022.

V minulém roce (2017), kdy byl projekt zahájen, jsme na konferenci „Aktuálně otázky bezpečnosti práce“ představili zadání výzkumného úkolu a seznámili odbornou veřejnost s plánovanými výstupy. Letos bychom na témže místě rádi prezentovali postup prací a diskutovali některé aspekty, s nimiž jsme se v rámci řešení setkali.

Postup výzkumu

Jak je to u projektů aplikovaného výzkumu obvyklé, v první fázi řešení projektu jsme se soustředili na detailní studium dostupných odborných materiálů z oblasti pracovního prostředí, ergonomie a spolehlivosti lidského činitele. Celkem se jednalo o 11 platných právních předpisů (zákony, nařízení vlády a vyhlášky), 196 platných technických norem (ČSN) a 131 ostatních odborných zdrojů (monografie, články, příručky, metodiky, diplomové práce, výzkumné zprávy apod.). Kromě placených databází (Zákon pro lidi PLUS a ČSN online) byly využity také materiály získané od České ergonomické společnosti (přehled norem a standardů) a dílčí výstupy projektu TD020017. Taktéž byla vytěžena fenomenální trojsvazková encyklopedie profesora Karwowského [1], což umožnilo zkonfrontovat

požadavky vybraných (klíčových) technických norem [2-15] s nejnovějšími vědeckými poznatky a ohlasy z aplikační praxe.

V souladu s plánovaným harmonogramem byla v závěru prvního roku řešení vytvořena přehledová studie k dané problematice doplněná o terminologický slovník čítající 431 hesel a alternativních pojmů včetně jejich definic. Ve druhém roce řešení (tj. 2018) pak bylo těžiště zájmu soustředěno na vytvoření metodologie pro hodnocení vlivu ergonomických faktorů na spolehlivost operátorů řídicích center, vytvoření prvotní struktury software MEHODIS a vývoj příslušných databází.

Metodologie MEHODIS

Metodologie MEHODIS vychází z již existující analytické metody MEHOD, k níž jsme se rozhodli nově integrovat další dvě standardizované metody - PHEA (Predictive Human Error Analysis) a TESEO (Tecnica Empirica Stima Errori Operator). To ale vyžadovalo prověření vzájemných vazeb, společných prvků (resp. odlišností) a vytvoření potřebných převodníků. Pro přehlednost představíme nejprve jednotlivé metody a v závěru článku pak celou metodologii MEHODIS.

Metoda MEHOD

MEHOD [16] je induktivní metoda, která slouží pro analýzu ergonomických parametrů řídicích center, které utvářejí pohodu operátorů a jež mohou mít vliv i na spolehlivost jejich výkonu (celkem 208 parametrů). Zahrnuje dvě části, které na sebe navazují – první je určena pro screeningové hodnocení stavu ergonomických parametrů v řídicím centru, druhá pak k posouzení jejich možného vlivu na spolehlivost operátorů. Nespornou předností této metody je, že byla validována za pomoci ergonomických auditů a dotazníkových šetření [17] prováděných v reálných řídicích centrech – např. v blokové dozorně Jaderné elektrárny Temelín, v řídicích centrech vybraných průmyslových výrobních (Spolchemie, Epispol, Bonatrans, Net4Gas) a na centrálních dispečerských pracovištích pro řízení železniční dopravy (Správa železniční dopravní cesty). Metoda tedy odráží detailní znalost reálného stavu v různých typech řídicích center a současně akcentuje i nejnovější vědecké poznatky získané studiem širokého spektra odborných literárních zdrojů.

Hodnocení stavu ergonomických parametrů se provádí pomocí baterie pracovních checklistů, které jsou sdruženy do níže uvedených dvanácti kritérií (tematických oblastí):

- Kritérium 1: Řešení a uspořádání interiéru (36 parametrů)
- Kritérium 2: Zázemí a hygienické podmínky (5 parametrů)
- Kritérium 3: Údržba (10 parametrů)
- Kritérium 4: Akustické mikroklima (6 parametrů)
- Kritérium 5: Teplotně-vlhkostní mikroklima (7 parametrů)
- Kritérium 6: Pracovní ovzduší (6 parametrů)
- Kritérium 7: Vizuální podmínky (27 parametrů)
- Kritérium 8: Pracovní stanice (42 parametrů)
- Kritérium 9: Pracovní židle (27 parametrů)
- Kritérium 10: Ovládače a sdělovače (10 parametrů)
- Kritérium 11: Zobrazovací jednotky (17 parametrů)
- Kritérium 12: Velkorozměrové zobrazovací displeje (15 parametrů)

Hodnotitel musí prověřit relevantnost všech parametrů, přičemž ty z nich, které nejsou v daném řídicím centru relevantní, nebo je nelze posoudit, z dalšího hodnocení vyřadí.

Následně se posuzuje úroveň jednotlivých parametrů. To se provádí přiřazením jedné ze čtyř nabízených diskretních hodnot tzv. ukazatelů ergatičnosti E_p . V principu se jedná o vyjádření míry shody reálného stavu se stavem očekávaným či požadovaným. Hodnoty E_p a jejich charakteristiky shrnuje Tab. 1.

Tab. 1

Kvalitativní škála	E_p	Charakteristika vlivu parametru na operátora
zcela nevyhovuje	0,1	Naprosto nevhodné, škodlivé, nepříjemné, patologické následky poškození zdraví.
spíše nevyhovuje	0,4	Škodlivé, narušuje zdraví při dlouhém působení.
vyhovuje částečně	0,7	Narušení pohody, hranice mezních hodnot příslušných normativů.
zcela vyhovuje	1,0	Běžné riziko, nepatrné ohrožení zdraví člověka.

Jako pomůcka pro objektivní posouzení daného parametru slouží informace uvedená v sloupci „Stanovená hodnota a/nebo doporučené řešení“. Vůči této skutečnosti se tedy reálný stav na daném pracovišti posuzuje.

Hodnoty E_p následně vstupují do výpočtu ergatičnosti jednotlivých kritérií E_k dle níže uvedené rovnice:

$$E_{k(n)} = \frac{\sum_{i=1}^m E_{p(i)} \cdot V_{(i)}}{\sum_{i=1}^m V_{(i)}}$$

kde:

$E_{k(n)}$ je ergatičnost n-tého kritéria ($n = 1$ až 12),

$E_{p(i)}$ je ukazatel ergatičnosti i-tého parametru,

$V_{(i)}$ je váhový faktor i-tého parametru,

m je celkový počet parametrů v daném kritériu.

Váhový faktor V , který do výpočtu vstupuje, vyjadřuje významnost daného parametru ve vazbě na komfort operátora a/nebo bezpečnost provozu v řídicím centru. Čím je jeho hodnota vyšší, tím je daný parametr významnější. Váhový faktor má podle Chundely [18] exponenciální závislost $V = 2^t$, přičemž t je tzv. stupeň ergatické významnosti. Jeho definice jsou uvedené v Tab. 2.

Tab. 2

Stupeň ergatické významnosti (<i>t</i>)	Hodnota váhového faktoru (<i>V</i>)	Významnost parametru
0	1	minimální významnost
1	2	nízká významnost
2	4	podprůměrná významnost
3	8	průměrná významnost
4	16	nadprůměrná významnost
5	32	vysoká významnost
6	64	mimořádně vysoká významnost

Posledním krokem je určení ergatičnosti celého řídicího centra E_{BD} , která je představuje průměr ze všech dvanácti hodnot E_k . Výpočet se provádí podle rovnice:

$$E_{BD} = \frac{\sum_{n=1}^{12} E_{k(n)}}{12}$$

E_{BD} může nabývat hodnoty od 0 do 1, přičemž i v tomto případě platí, že čím vyšší hodnota, tím lepší je stav ergonomického řešení daného řídicího centra. Jelikož E_{BD} vyjadřuje nejen stav prostředí v řídicím centru, ale de facto také závažnost ergonomických rizik, kterým jsou operátoři vystaveni, může být tato hodnota využita i pro odhad pravděpodobnosti, že v důsledku účinku těchto rizik dojde k selhání lidského činitele.

MEHOD rozlišuje pět základních kategorií, stejně jako metoda TESEO, takže bylo možné vytvořit vzájemný převodník. Pomocí něj lze určit nejen kvalitativní pravděpodobnost selhání operátorů, ale také hodnotu koeficientu K_5 , který vstupuje do celkového hodnocení podle metodologie MEHODIS (viz níže).

Metoda PHEA

PHEA (v překladu „Analýza odhadu chybování lidského činitele“) [19] je deduktivní metoda, určená pro modelování typů chyb, které mohou nastat v systému člověk-stroj. Díky využití principů kognitivní psychologie je v rámci této analýzy také zvažováno, jak mohou být uvažované chyby eliminovány ještě před tím, než se projeví jejich negativní následky. Vstupy pro analýzu tvoří informace o:

- strukturu úkolů a plánů (je obvykle získávána z úkolové analýzy) a
- výsledky posouzení vlivu faktorů ovlivňujících výkon člověka.

Pro vlastní analýzu chyb metoda využívá předem stanovenou taxonomii, v níž jsou chyby rozděleny do šesti skupin (chybových módů) podle společných charakteristických příčin:

- chyby činnosti,
- chyby kontroly,
- chyby získávání informací,

- chyby přenosu informací,
- chyby výběru a
- chyby plánování.

Při plnění zadaných úkolů se nejčastěji setkáváme s „Chybami činností“, které nastávají při vlastním provádění dílčích pracovních operací, při nichž je měněn stav systému [20] (např. pracovník špatně nastavil hodnotu řízené veličiny na výrobním zařízení). U chybového módu „Chyby kontroly“ (např. špatně provedená kontrola podřízeného pracovníka) je většinou zahrnut proces získávání dat, jako je například ověřování úrovně nebo stavu prostřednictvím vizuální kontroly. Chybový mód „Chyby získávání informací“ je vztažen k získávání informací ať už z vnějšího zdroje (např. sdělovače) anebo z paměti. V chybovém módu „Chyby sdělování/přenosu informací“ je obsažena jak přímá komunikace mezi dvěma jedinci, tak nepřímá (přes počítač, psaní atd.). Tyto chyby jsou relevantní tam, kde je zapotřebí, aby byly koordinovány aktivity v týmu několika lidí. Chybový mód „Chyby výběru“ jsou vztaženy k provádění nesprávných výběrů mezi alternativními operacemi, kde je nutnost provést volbu mezi dvěma možnostmi, například manuální vs. automatické. Mohou to být fyzické objekty či součásti technického vybavení (např. ventily, tlačítka atd.) anebo postupy činností. Jednotlivé typy chyb a jejich zařazení uvnitř taxonomie PHEA uvádí Tab. 3.

Tab. 3

Chyby činností (action/A)	
A1	Příliš krátká/dlouhá akce
A2	Špatně načasovaná akce
A3	Akce v opačném směru
A4	Příliš málo/mnoho akce
A5	Špatně uspořádaná akce (ve smyslu prostorového uspořádání)
A6	Správná akce na špatném objektu
A7	Špatná akce na správném objektu
A8	Akce opomenuta
A9	Akce nedokončena
A 10	Špatná akce na špatném objektu
Chyby kontroly (control/C)	
C1	Kontrola opomenuta
C2	Nekompletní kontrola
C3	Správná kontrola na špatném objektu
C4	Špatná kontrola na správném objektu
C5	Kontrola špatně načasována
C6	Špatná kontrola na špatném objektu
Chyby získávání informací (receive/R)	
R1	Informace není obdržena
R2	Je získána špatná informace
R3	Nekompletní získání informace
Chyby sdělování/přenosu informací (transfer/T)	
T1	Informace není předána dále

T2	Je předána špatná informace
T3	Nekompletní přenos informace
Chyby výběru (select/S)	
S1	Opomenutí výběru
S2	Provedení špatného výběru
Chyby plánování (plan/P)	
P1	Vykonán špatný plán v důsledku špatné diagnózy
P2	Diagnóza je správná, zvolen špatný postup k vykonání plánu

Konkrétní chyby se pak určují s přihlédnutím k charakteru a náročnosti jednotlivých úkolů, které operátor řídicího centra během své práce plní. Proto je nezbytné mít alespoň obecnou informaci o základních pracovních operacích prováděných operátorem. Pro každou z nich se pak z uvedené taxonomie vybere minimálně jeden ze šesti chybových módů (viz výše) a z těchto chybových módů dále ty chyby, kterých se může člověk při provádění daného subúkolu dopustit. Poté je již možné definovat konkrétní relevantní chyby, buď výběrem z databáze chyb PHEA, anebo uvedením zcela specifických chyb v databázi neuvedených, které je lze stanovit na základě znalostí daného pracoviště.

K jednotlivým chybám jsou následně přiřazeny hodnoty jejich pravděpodobnosti HEP (human error probability). Databáze HEP, kterou PHEA disponuje, byla vytvořena za pomoci mnoha odborných zdrojů. Jelikož se ale jedná o statistická data z různých odvětví procesního průmyslu získané také za různá časová období, je nutné je vnímat pouze jako určitou orientační či střední hodnotu a nikoli jako taxativní údaj.

Metoda TESEO

TESEO [21] (v překladu „Empirická metoda pro odhad chyb operátorů“) je screeningová metoda určená pro vyhodnocování pravděpodobnosti vzniku lidské chyby v průběhu řešení konkrétního pracovního úkolu. Obdobně jako v případě metody PHEA je při její aplikaci potřeba mít povědomí o charakteru prováděných pracovních operací, jejich sledu a náročnosti, jakož i o stavu pracoviště. Všechny tyto aspekty mohou mít vliv na spolehlivost lidského činitele, resp. vznik chyby, a TESEO s nimi v tomto smyslu i počítá.

Ačkoli je metoda TESEO spíše jednoduchým nástrojem, poskytuje poměrně věrohodné údaje, na kterých lze stavět v rámci podrobnější analýzy [22, 23]. Základním předpokladem je, že selhání operátora je důsledkem působení pěti hlavních faktorů (označených jako K_1 až K_5):

- K_1 – je faktor zohledňující typ činnosti a jeho náročnosti z hlediska složitosti, míry opakování, náročnosti na obsluhu apod. Zde platí zásada, že čím jednodušší činnost je, tím nižší je pravděpodobnost provedení chyby operátorem.
- K_2 – je faktor, který uvažuje uplatnění stresu, a to zejména s ohledem na čas potřebný k vykonání dané činnosti. Zde platí zásada, že čím kratší časový úsek (tzv. doba pohotovosti) tím vyšší je stresovost a tedy i pravděpodobnost provedení chyby operátorem.
- K_3 – je faktor zohledňující kvalitu operátora (podle jeho zkušeností, výcviku). Zde platí zásada, že čím větší má operátor zkušenosti a zručnost, tím nižší je pravděpodobnost, že udělá chybu.

- K_4 – je faktor, který se vztahuje k úzkosti a stresu vznikající z nahodilosti výskytu určitých nestandardních stavů, anebo potřeby okamžitě zareagovat. Zde platí zásada, že čím častěji se vyskytují nepředvídané situace, případně situace s potenciálně závažnými následky, tím vyšší je pravděpodobnost provedení chyby operátorem.
- K_5 – je faktor, který bere v úvahu podmínky prostředí a ergonomii strojních zařízení užívané pracovníkem.

Každý faktor má přiřazenu určitou diskrétní hodnotu, jak uvádí Tab. 4.

Tab. 4

Faktor	Kategorie	Kvantitativní charakteristika	K_i	
K_1	typ činnosti	jednoduchá, rutinní	0,001	
		vyžaduje pozornost, rutinní	0,01	
		neobvyklá	0,1	
K_{2a}	stresová zátěž při běžných činnostech	doba potřebná na vykonání úkolu (s)	2	10
			10	1
			20	0,5
K_{2b}	stresová zátěž při mimořádných situacích	doba potřebná na vykonání úkolu (s)	3	10
			30	1
			45	0,3
			60	0,1
K_3	kvalifikace operátora	dobře vybraný, expert, školený	0,5	
		průměrné znalosti a školení	1	
K_4	nepředvídatelnost jevů	vyskytují se závažné nepředvídané situace	3	
		vyskytují se běžné nepředvídané situace	2	
		převažuje normální bezproblémový stav	1	
K_5	vliv ergonomie	vynikající pracovní prostředí i koordinovanost s provozem	0,7	
		dobré pracovní prostředí, dobrá koordinovanost s provozem	1	
		zhoršené pracovní prostředí, slabá koordinovanost s provozem	3	
		zhoršené pracovní prostředí, špatná koordinovanost s provozem	7	
		špatné pracovní prostředí, špatná koordinovanost s provozem	10	

Výsledná pravděpodobnost vzniku chyby operátora $p(E)$ je pak vyjádřena jako součin všech dílčích hodnot K_i podle následující rovnice:

$$p(E) = \prod_1^5 K_i$$

Hodnota $p(E)$ již není dále porovnávána s žádnými referenčními údaji (např. HEP) a slouží pouze k prioritizaci, tj. k posouzení relativní závažnosti daných pracovních operací s ohledem na možnost selhání obsluhy.

Integrovaný postupu MEHODIS

Na rozdíl od metody TESEO, metoda MEHOD nezohledňuje aspekty týkající se daných pracovních operací, tedy faktory ovlivňující mentální a sensorický výkon operátora. Na druhou stranu, MEHOD mnohem detailněji hodnotí faktory pracovního prostředí. Tyto dvě metody se tedy vhodně doplňují a pokud jde o hodnocení faktoru K_5 , pak ten lze mnohem přesněji provést právě pomocí MEHOD. Aby byly ale získané výsledky kompatibilní, bylo nutné vytvořit převodník mezi ukazatelem E_{BD} a K_5 (viz Tab. 5).

Tab. 5

MEHOD		TESEO	
E_{BD}	Kvalitativní hodnocení	K_5	Kvalitativní hodnocení
$\geq 0,80$	Vznik selhání operátora v důsledku působení ergonomických rizik v řídicím centru se nepředpokládá.	0,7	Vynikající pracovní prostředí i koordinovanost s provozem.
0,79-0,70	Vznik selhání operátora v důsledku působení ergonomických rizik v řídicím centru se nepředpokládá, avšak ergonomické faktory mohou vést ke vzniku diskomfortu obsluhy.	1,0	Dobré pracovní prostředí, dobrá koordinovanost s provozem.
0,69-0,60	Působení ergonomických rizik v řídicím centru by mohlo způsobit selhání operátora v případě jejich vzájemného synergického účinku během déle trvajících situací vyžadujících zvýšený mentální a sensorický výkon operátorů.	3,0	Zhoršené pracovní prostředí, slabá koordinovanost s provozem.
0,59-0,45	Působení ergonomických rizik v řídicím centru by mohlo způsobit selhání operátora během krátkodobých situací vyžadujících zvýšený mentální a sensorický výkon operátorů.	7,0	Zhoršené pracovní prostředí, špatná koordinovanost s provozem.
$\leq 0,44$	Působení ergonomických rizik v řídicím centru by mohlo způsobit selhání operátora i za běžných provozních situací.	10,0	Špatné pracovní prostředí, špatná koordinovanost s provozem.

V rámci hodnocení podle metody TESEO je nutné stanovit také ostatní koeficienty. Na základě šetření v reálných řídicích centrech, kde probíhaly četné pohovory s operátory i vedoucími zaměstnanci, jsme došli k závěru, že problém se stanovením koeficientů K_2 a K_3 lze pro řídicí centra zjednodušit, a to následovně:

- $K_{2a} = 1$ (srovnej s definicí uvedenou v Tab. 4)
- $K_{2b} = 10$ (srovnej s definicí uvedenou v Tab. 4)
- $K_3 = 0,5$ (srovnej s definicí uvedenou v Tab. 4)

Pokud jde o koeficient K_4 , tak ten velmi závisí na podmínkách konkrétního provozu, typu nebo vybavení daného řídicího centra, případně i složitosti systému řízení. Jeho hodnotu proto nelze jakkoli paušalizovat, takže v rámci hodnocení je nutné uvažovat všechny tři jeho možné hodnoty.

Poslední krok analýzy, který bylo nutné integrovat do jednotné metodologie MEHODIS, bylo posouzení, jakých chyb se mohou operátoři v daném řídicím centru dopouštět, a jak často (orientačně) k tomu může docházet. Za tímto účelem byla využita metoda PHEA, která umožňuje identifikovat relevantní typy chyb obsluhy. PHEA navíc zahrnuje také databázi konkrétních lidských chyb se středními hodnotami jejich výskytu (HEP). Hodnoty HEP jsou v principu ekvivalentní s koeficientem K_I použitým v TESEO, avšak jsou mnohem přesnější, neboť vycházejí ze statistického vyhodnocení dat o proběhlých nehodách. Hodnoty HEP se pohybují nejčastěji v rozmezí 10^{-5} až 10^{-1} . Samotný koeficient K_I pak představuje průměrnou hodnotu pravděpodobnosti provedení chybného úkonu obsluhou, a to bez ohledu na příčiny. Při této analýze je tedy nezbytné zohlednit všechny chyby operátorů, které za daných podmínek přicházejí v úvahu. Čím více relevantních chyb hodnotitel identifikuje, tím přesněji je koeficient K_I stanoven.

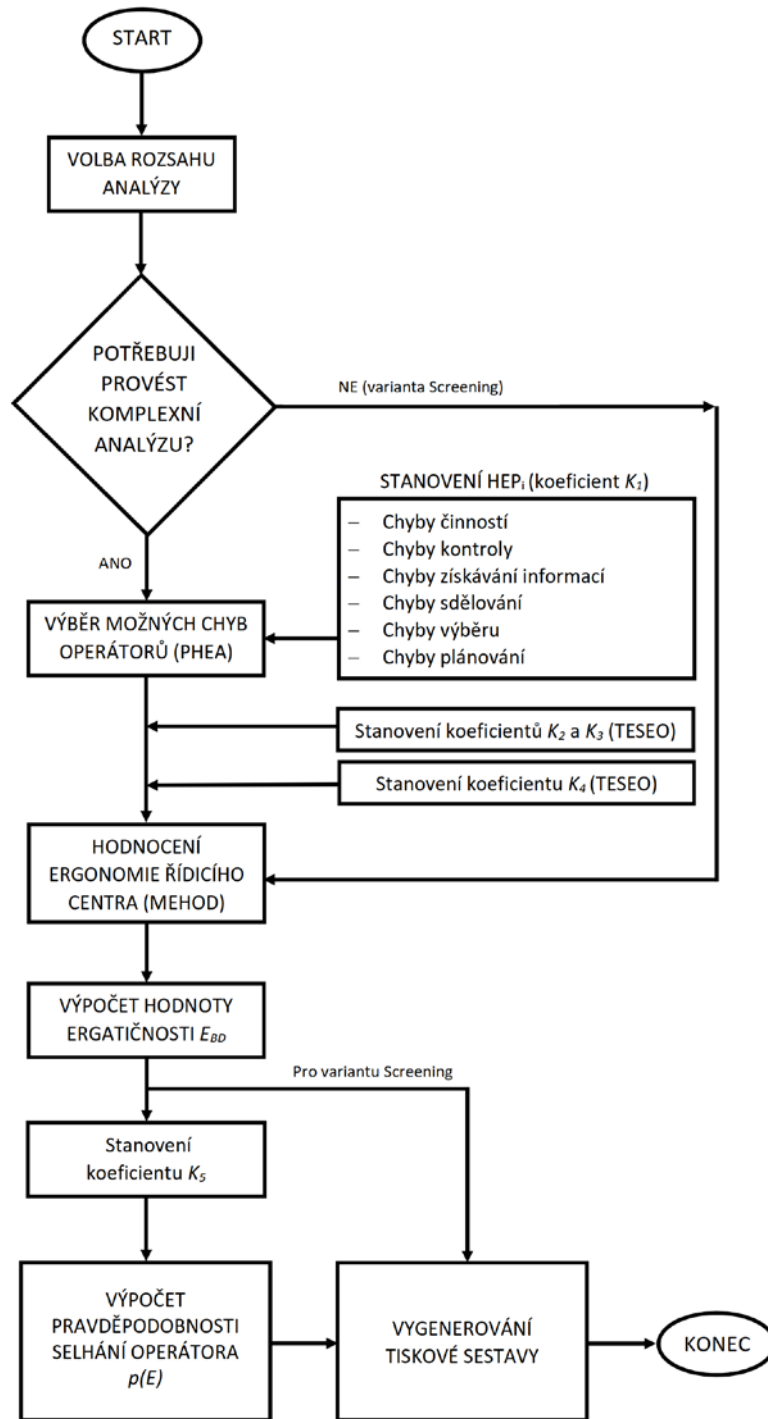
Výše uvedený popis metodologie MEHODIS nebyl podán chronologicky, nýbrž po tematických částech, s ohledem na jednotlivé použité metody. Souhrnný postup, tak jak je v jednotlivých krocích v praxi prováděn, názorně zachycuje postupový diagram (viz Obr. 1).

V závěru analýzy je proveden výpočet pravděpodobnosti selhání operátora $p(E)$ a sepsání zprávy (v SW podobě bude automaticky generována tisková sestava). Ačkoli je $p(E)$ kvantitativní veličinou, je potřeba upozornit, že se nejedná o „tvrdou“ taxativní hodnotu, ale pouze o ukazatel sloužící k definování kvalitativního výsledku celé analýzy.

Jak již bylo uvedeno výše, $p(E)$ se vypočítá jako součin hodnot všech koeficientů (K_I až K_5). Interpretace takto získaného výsledku se pak provádí podle Tab. 6.

Tab. 6

$p(E)$	Pravděpodobnost selhání operátora
< 0,0015	velmi nízká
0,0015 - 0,015	nízká
0,015 - 0,15	střední
0,15 - 1,5	vysoká
> 1,5	velmi vysoká



Obr. 1

Závěr

V tomto článku jsme představili nový metodický rámec pro hodnocení spolehlivosti operátorů řídicích center MEHODIS, který navazuje na již ověřenou analytickou metodu MEHOD. Tato metoda se primárně zaměřuje na posouzení vlivu faktorů pracovního prostředí na výsledná ergonomická rizika na těchto pracovištích, což jde ale ruku v ruce také s kvalitou mentálního a sensorického výkonu operátorů. Koncepce této metody vychází z obecně uznávaného standardu Safety Guide No. GS-G-3.1 [24], který v roce 2006 vydala Mezinárodní agentura

pro atomovou energii. Podle článku 4.29 tohoto dokumentu jsou *provozovatelé (řídících center) povinni zajistit takové pracovní prostředí, které pozitivním způsobem ovlivní motivaci a spokojenost zaměstnanců, včetně spolehlivosti jejich výkonu*. Pro naplnění tohoto cíle mají být *vhodným způsobem kombinovány lidské, technické a organizační faktory, které musejí být pravidelně posuzovány mimo jiné z hlediska řešení pracovního místa, mikroklimatických podmínek, hygieny práce či úrovně faktorů prostředí*. Tento standard je využíván především v jaderné energetice, ale v různých modifikacích se s ním můžeme setkat také v jiných sektorech procesního průmyslu. Zejména pak tam, kde se provádí dálkové řízení výrobních procesů prostřednictvím řídicích center.

Takových podniků není málo a s nastupující digitalizací a automatizací výrobních procesů se počet řídicích center stále zvyšuje. Je tedy logické, že jejich provozovatelé usilují nejen o bezporuchovost jejich provozu, ale především o maximální spolehlivost operátorů. Lidský prvek z těchto pracovišť totiž nelze eliminovat, neboť přítomnost člověka je zárukou, že automat neprovede nevyžádanou operaci. Schopnost logického uvažování, předvídání jevů budoucích, úsudek i obavy a strach jsou vlastnosti, které se žádný stroj nikdy nenaučí, což činí člověka nepostradatelným. Na druhou stranu, je to právě člověk, kdo do systému vnáší největší míru nepředvídatelnosti a chybovosti (omyly, přehlédnutí, kiksy, bagatelizace atd.). V zájmu zajištění bezpečného provozu proto musí být lidský operátor sledován, stejně jako všechny faktory, které mohou ovlivňovat jeho pohodu, mentální a senzorický výkon.

Poděkování

Výsledky publikované v tomto článku vznikly v rámci výzkumného projektu VI20172019107 „MEHODIS – Informační systém pro analýzu chybování operátorů řídicích center“, který je řešen v rámci programu Bezpečnostní výzkum České republiky 2015-2020 za finanční podpory Ministerstva vnitra ČR. Projekt řeší Znalecký ústav bezpečnosti a ochrany zdraví, z.ú.

Literatura

- [1] KARWOWSKI W. International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors, 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2006. 3606 p. ISBN 0-415-30430-X.
- [2] ČSN EN 60964: Jaderné elektrárny – Dozorný – Návrh. Praha : Český normalizační institut, 2011. 35 s.
- [3] ČSN EN ISO 11061-1: Ergonomické navrhování řídicích center - část 1: Zásady navrhování řídicích center Praha : Český normalizační institut, 2001. 32 s.
- [4] ČSN EN ISO 11064-2: Ergonomické navrhování řídicích center - Část 2: Zásady uspořádání řídicích soustav. Český normalizační institut, 2001.
- [5] ČSN EN ISO 11064-3: Ergonomické navrhování řídicích center - Část 3: Uspořádání velínu. Český normalizační institut, 2000.
- [6] ČSN EN ISO 11064-6: Ergonomické navrhování řídicích center - Část 6: Environmentální požadavky na řídicí centra. Český normalizační institut, 2005.
- [7] ČSN EN ISO 9241-1: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály. Část 1: Obecný úvod. Český normalizační institut, 1998.
- [8] ČSN EN ISO 9241-4: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály - Část 4: Požadavky na klávesnice. Český normalizační institut, 1999.
- [9] ČSN EN ISO 9241-5: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály - Část 5: Požadavky na uspořádání pracovního místa a na pracovní polohu. Český normalizační institut, 1999.

- [10] ČSN EN ISO 9241-6: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály - Část 6: Požadavky na pracovní prostředí. Český normalizační institut, 2000.
- [11] ČSN EN ISO 9241-7: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály - Část 7: Požadavky na displeje z hlediska odrazů. Český normalizační institut, 1999.
- [12] ČSN EN ISO 9241-12: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály - Část 12: Zobrazení informací. Český normalizační institut, 1999.
- [13] ČSN EN ISO 9241-14: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály - Část 14: Vedení dialogu s použitím menu. Český normalizační institut, 2000.
- [14] ČSN EN ISO 9241-303: Ergonomie systémových interakcí člověka - Část 303: Požadavky na elektronické zobrazovací displeje. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [15] ČSN EN ISO 9241-306: Ergonomie systémových interakcí člověka - Část 306: Terénní hodnotící metody pro elektronické zobrazovací displeje. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [16] SKŘEHOT P. a kol. Metodika pro posouzení vlivu prostředí a podmínek v blokových dozornách na spolehlivost operátorů („MEHOD“). Dukovany : VÚJE Česká republika. 2015. [online] Dostupný z WWW: <http://www.portalbozp.cz/metodiky-a-postupy/mehod/>.
- [17] SKŘEHOT P. a kol. Ergonomická rizika a pracovní podmínky operátorů v řídicích centrech. In. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2015, pp. 87-92, 2015. ISBN 978-80-7385-162-0.
- [18] CHUNDELA L. Ergonomie. ČVUT Praha. 2013.
- [19] BABER C., STANTON N. A. Human error identification techniques applied to public technology: predictions compared with observed use. Applied Ergonomics, 1996. 27(2), pp. 119-131.
- [20] STANTON A. N., YOUNG M. Guide to Methodology in Ergonomics: Designing for Human Use. [s.l.] : [s.n.], 1999. ISBN 0-7484-0703-0. pp. 29-39.
- [21] BELLO G.C., COLUMBORI V. Reliability Engineering. 1980, 1(1), p. 3.
- [22] RICHTER M. Hodnocení spolehlivosti lidského činitele. Diplomová práce. VUT Brno. 2010. [online] Dostupný z WWW: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29876
- [23] KOTEK L., BABINEC F. Použití metody Human HAZOP při redukci chyb operátorů. Automa. 2009, 11, pp. 58-59.
- [24] IAEA Safety Standards for protecting people and the environment: Application of the Management System for Facilities and Activities, Safety Guide No. GS-G-3.1. [online]. IAEA. 2006. Dostupný z WWW: <http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1253_web.pdf>.

Kontakt

Ing. Jakub Marek
 Znalecký ústav bezpečnosti a ochrany, z.ú.
 Ostrovského 253/3
 150 00 Praha 5-Smíchov
 Česká republika
 e-mail: marek@zuboz.cz