NOVÁ METODOLOGIE PRO POSUZOVÁNÍ ERGONOMICKÝCH FAKTORŮ V ŘÍDICÍCH CENTRECH A JEJICH VLIVU NA SPOLEHLIVOST VÝKONU OPERÁTORŮ

NEW METHODOLOGY FOR ASSESING ERGONOMIC FACTORS IN THE CONTROL ROOMS AND THEIR IMPACT ON THE OPERATORS RELIABILITY

SKŘEHOT, P.A. & HOUSER, F. & ŘÍHA, R. & TŮMA, Z. & PALÁT, M.

Abstrakt

Otázky spojené s ergonomií řídicích center se v posledních letech dostávají do popředí zájmů nejen projektantů, ale také jejich provozovatelů. Stále více se totiž ukazuje, že na změny v charakteru práce, k nimž v uplynulých letech na těchto pracovištích došlo, nedokázala legislativa ani technické normy efektivně zareagovat. Taktéž dosavadní postupy určené pro ergonomická hodnocení stavu pracovního prostředí a pracovních podmínek v řídicích centrech jsou již notně zastaralé a často se omezují na malý okruh poměrně nejasných doporučení. Přitom odborníci z praxe volají zejména po konkrétních a srozumitelných doporučeních, jež by odrážely nejnovější vědecké poznatky z oboru ergonomie, a které by bylo možné v praxi snadno aplikovat a následně ověřit jejich účinnost. A právě uspokojit tuto potřebu si za svůj cíl stanovil projekt č. TD020017. Jeho hlavní výsledek – certifikovaná metodika – bude určen pro hodnocení ergatičnosti řídicích center a pro posouzení možného vlivu daného ergonomického řešení na spolehlivost operátorů. Metodika tak bude nástrojem umožňujícím získávat informace potřebné jak pro návrhy řídicích center, tak i pro realizaci ergonomických intervencí směřujících ke zlepšení stávajícího stavu na principu Human-Centered Design.

Abstract

Questions connected with control rooms ergonomics come to forefront in recent years not only because of designers but also because of control room keepers. It is proved to be that changes in character of work, which appeared in these work places recently, legislation and technic regulation were not be able to respond. Also existing procedures meant for control room work environment and work conditions evaluation are pretty outdated, and they confine often to small sphere as relatively unclear recommendation. At the same time experienced specialists call for particular comprehensible recommendations, which would reflect the newest science knowledge from ergonomic area and which would be able to apply easily in praxis and then to verify theirs efficiency. That is precisely the aim of the project no. TD020017 to satisfy the demand. It is the main result – the certified methodology – which will

be meant for control center ergonomic evaluation and for examination of possible influence of ergonomic solution on operator reliability. The methodology then will be a tool which allows to gain information which is needed for control center design even so for ergonomic intervention which should lead to improvement of current condition in applied Human-Centered Design principal.

Klíčová slova

ergonomie, prevence rizik, řídící centra, lidský činitel, certifikovaná metodika, design zaměřený na člověka

Key Words

Ergonomics, Risk Prevention, Control Rooms, Human Factors, Certified Metodology, Human-Centered Design

Úvod

„Metodika pro posouzení vlivu prostředí a podmínek v blokových dozornách na spolehlivost operátorů“ (zkráceně MEHOD) představuje hlavní výstup projektu TD020017, který byl řešen výzkumným týmem společnosti VÚJE Česká republika s.r.o. Motivací pro vytvoření uvedené metodiky byly četné dotazy týkající se ergonomického řešení blokových dozoren, které přicházely od řady provozovatelů i odborné veřejnosti již před samotným zahájením projektu. S ohledem na těžiště zájmu firmy VÚJE Česká republika s.r.o. se metodika primárně zaměřuje na blokové dozorny jaderných elektráren (dále jen „JE“). Ovšem díky své značné univerzálnosti ji lze využít také v ostatních průmyslových odvětvích nebo v řízení dopravy.

Východiskem pro vytvoření metodiky MEHOD byl dokument Safety Guide No. GS-G-3.1 [1] vydaný Mezinárodní agenturou pro atomovou energii. Podle článku 4.29 jsou provozovatelé JE povinni zajistit takové pracovní prostředí, které pozitivním způsobem ovlivní motivaci a spokojenost zaměstnanců, včetně spolehlivosti jejich výkonu. Pro naplňování 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 (hluk, vibrace, prašnost a znečištění ovzduší).

Metodika MEHOD se zaměřuje na hlavní ergonomické aspekty, jež utvářejí pohodu operátorů a které mohou mít vliv i na spolehlivost jejich výkonu. Pro zajištění maximální validity metodiky bylo před samotným návrhem jejího konceptu provedeno několik ergonomických auditů a dotazníkových šetření [2] – 1x v referenční blokové dozorně Jaderné elektrárny Temelín, 3x v řídicích centrech průmyslových výrob (Spolchemie, Epispol, Bonatrans) a 3x v centrálních dispečerských pracovištích pro řízení železniční dopravy (AŽD). Koncept metodiky tedy vychází z detailní znalosti reálného stavu v různých typech řídicích center a současně akcentuje i nejnovější vědecké poznatky získané studiem širokého spektra odborných literárních zdrojů.

Popis metodiky

Účelem metodiky je definovat standardizovaný postup vhodný pro hodnocení stavu pracovního prostředí a pracovních podmínek v blokových dozornách JE (a v ostatních typech řídicích center) dle existujících kritérií stanovených platnými právními předpisy České republiky a technickými normami. Jelikož však tyto předpisy neřeší uvedenou oblast v potřebném rozsahu, byly do metodiky implementovány také obecně uznávaná doporučení vycházející z nejnovějších vědeckých poznatků v oboru aplikované ergonomie. Za tímto účelem byla v prvním roce řešení projektu provedena rozsáhlá vědecká rešerše, která představovala prostudování celkem 173 odborných zdrojů, z nichž bylo následně 151 vytěženo pro účely řešení.

Vlastní metodika zahrnuje dvě části, které na sebe logicky navazují. První část zahrnuje popis postupu hodnocení úrovně sledovaných ergonomických parametrů. Její klíčové části jsou pak rozděleny do dvou hlavních kapitol:

- Kapitola 2 – Úvod (zahrnuje vymezení klíčových pojmů, specifika jednotlivých typů řídicích center, požadavky na ergonomické řešení pracovních míst, požadavky na velkorozměrové zobrazovací displeje a požadavky na lidského činitele).
- Kapitola 3 – Popis metodiky (zahrnuje popis způsobu hodnocení stavu ergonomických parametrů v blokové dozorně a navazujícího posouzení možného vlivu ergatičnosti blokové dozorny na spolehlivost operátorů).

Pracovní postup je dále doplněn o checklisty, které zahrnují celkem 207 ergonomických parametrů rozdělených do následujících dvanácti skupin (kritérií):

- Kritérium 1: Řešení a uspořádání interiéru (35 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)

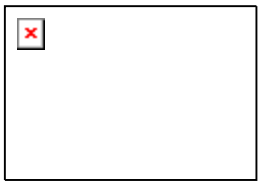
V Příloze 2 metodiky jsou pak uvedeny doplňující informace a obrázky potřebné pro správné vyplnění checklistů.

Aplikace checklistů spočívá v postupném posouzení všech ergonomických parametrů v rámci všech kritérií, k čemuž se použije diskrétní čtyřbodová škála (viz Tabulka 1). Každému bodu je přiřazena diskrétní hodnota ukazatele ergatičnosti daného parametru E_p, což je veličina vyjadřující míru shody reálného stavu se stavem očekávaným či požadovaným (je-li pro něj stanovena konkrétní hodnota/požadavek). Hodnota E_p následně vstupuje do výpočtu ergatičnosti celého kritéria E_k dle rovnice 1.

Pro objektivní vyhodnocení daného parametru slouží informace uvedená v sloupci *Stanovená hodnota a/nebo doporučené řešení*. Vůči této skutečnosti hodnotitel posuzuje reálný stav na daném pracovišti. V případě parametrů, které je nutné ověřit orientačním měřením, je ve sloupci *Měření* uveden písmenný kód (A až I), který představuje odkaz na příslušnou vysvětlivku uvedenou v Příloze 2 metodiky.

Tab. 1: Kvalitativní škála pro hodnocení jednotlivých parametrů a související hodnoty ukazatele ergatičnosti.

Kvalitativní škála	**Ukazatel ergatičnosti parametru *(E_p)***	**Charakteristika vlivu parametru na operátora**
zcela nevyhovuje	0,1	Naprosto nevhodné, škodlivé, nepřijatelné, 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



(1)

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 vyjadřuje významnost daného parametru ve vazbě na komfort operátora a/nebo bezpečnost provozu hodnoceného řídicího centra. Čím je jeho hodnota vyšší, tím je daný parametr z pohledu ergonomie významnější. Podle metody HODERG [3], vůči které byla tato metodika validována, má váhový faktor exponenciální závislost $V = 2^t$, kde t je příslušný stupeň ergatické významnosti (viz Tabulka 2).

Tab. 2: Stupně významnosti parametrů.

Stupeň ergatické významnosti *(t)*	**Hodnota váhového faktoru *(V)***	**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

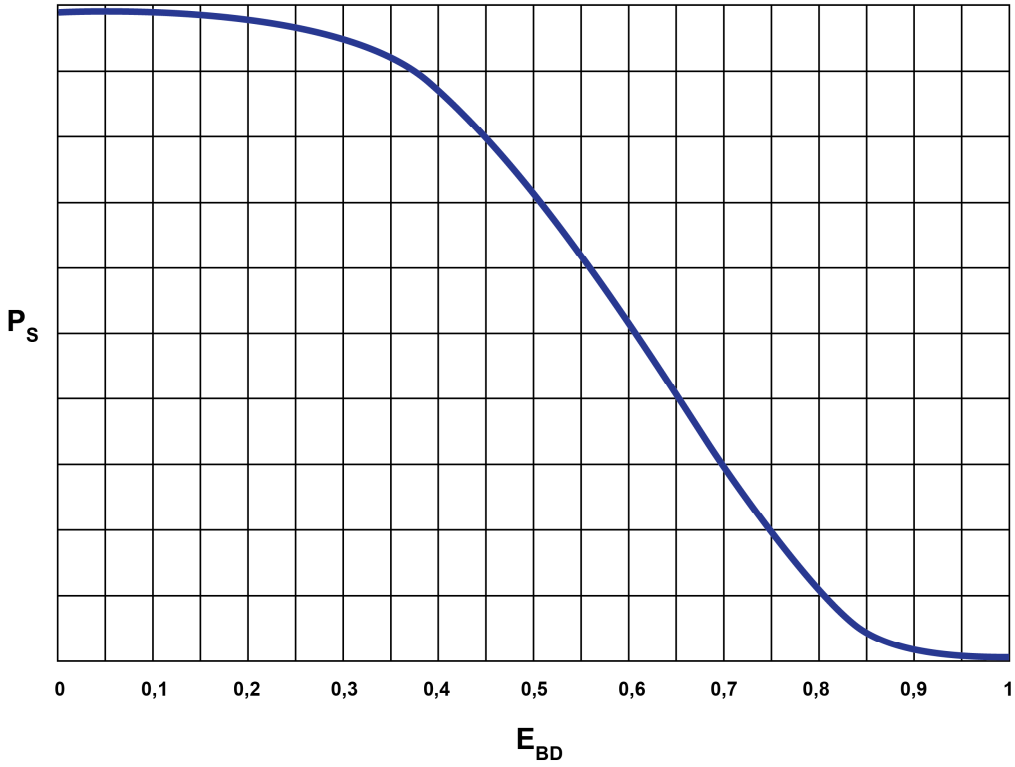
Dalším krokem hodnocení je určení ergatičnosti prostředí celé blokové dozorny E_{BD} výpočtem dle rovnice 2:

$$E_{BD} = \frac{\sum_{n=1}^{12} E_{k(n)}}{12} \tag{2}$$

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.

Druhá část metodiky je určena pro posouzení možného vlivu pracovního prostředí v řídicím centru na spolehlivost operátorů. Smysl tohoto hodnocení je založen na empiricky odvozené závislosti vycházející z Paretova principu [4], která předpokládá, že čím horší budou podmínky práce, tím je pravděpodobnější, že operátor za mimořádné situace selže. Ukazatelem závažnosti ergonomických rizik, které na operátory v řídicím centru působí, je míra ergatičnosti E_{BD}. Tuto veličinu proto lze využít i pro odhad pravděpodobnosti selhání operátora. Aby bylo možné zjistit funkční vztah mezi těmito dvěma veličinami, bylo nutné provést validaci s certifikovanou metodikou MIPS [5], která stejný princip využívá pro odhad pravděpodobnosti správného určení příčiny selhání lidského činitele podle empiricky zjištěné závislosti (viz Obrázek 1).

Za využití uvedené závislosti P_s na E_{BD} bylo následně definováno pět základních kategorií sloužících pro vyjádření míry spolehlivosti lidského činitele na základě aktuální úrovně ergonomického řešení řídicího centra (viz Tabulka 3).



Obr. 1: Funkční závislost pravděpodobnosti možného selhání lidského činitele v blokové dozorně P_s na hodnotě ergatičnosti prostředí blokové dozorny E_{BD}.

Tab. 3: Posouzení možného selhání lidského činitele podle hodnoty ergatičnosti blokové dozorny E_{BD}.

Kategorie	E_{BD}	Pravděpodobnost možného selhání LČ	Kvalitativní hodnocení
I	≥ 0,80	velmi nízká	Vznik selhání operátora v důsledku působení ergonomických rizik v řídicím centru se nepředpokládá.
II	0,79-0,70	nízká	Vznik selhání operátora v důsledku působení ergonomických rizik v řídicím centru se nepředpokládá, avšak ergonomické faktory mohou vést ke vzniku diskomfortu obsluhy.
III	0,69-0,60	střední	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 senzorický výkon operátorů.
IV	0,59-0,45	vysoká	Působení ergonomických rizik v řídicím centru by mohlo způsobit selhání operátora během krátkodobých situací vyžadujících zvýšený mentální a senzorický výkon operátorů.
V	≤ 0,44	velmi vysoká	Působení ergonomických rizik v řídicím centru by mohlo způsobit selhání operátora i za běžných provozních situací.

Závěr

V rámci EU i jednotlivých členských států existuje mnoho právních předpisů, technických norem a doporučení, která zaměstnavatelům na úseku ergonomie ukládají široké spektrum povinností. Jejich roztříštěnost, složitost a nejasné vymezení ale značně limituje jejich implementaci do praxe. V důsledku toho pak můžeme být svědky, že ačkoli panuje všeobecné přesvědčení o důležitosti ergonomie, realita tomu zdaleka neodpovídá. Navrhování či úpravy mnoha pracovišť obvykle jen okrajově respektují ergonomické přístupy založené na uspokojování potřeb pracovníků [6], a spíše zohledňují pouze rovinu finančních nákladů. Díky tomu pak vznikají taková řešení, jež skýtají nemalý potenciál k situacím, při nichž lidé často chybují [7]. Jedná-li se o blokovou dozornu JE, řídicí centrum průmyslové výroby nebo centrální dispečerské pracoviště pro řízení železniční nebo letecké dopravy, pak jakékoli selhání operátorů může vést až k nedozírným následkům. Tlak na úspory v podobě přehlížení ergonomických aspektů se tedy rozhodně nevyplácí.

Aby zaměstnavatelé, ale i projektanti či specialisté na BOZP, mohli efektivněji implementovat ergonomické požadavky kladené na řídicí centra, vyvinul tým společnosti VÚJE Česká republika s.r.o. novou metodiku pro ergonomické hodnocení blokových dozoren, zkráceně označovanou jako MEHOD. Metodika vychází z principů uvedených v Safety Guide No. GS-G-3.1 vydaného Mezinárodní agenturou pro atomovou energii, normy ČSN EN 60964 [8] a série norem řady ČSN EN ISO 11064 [9-12] a řady ČSN EN ISO 9241 [13-21]. Jedná se tedy o expertní nástroj, který lze v praxi využívat jak samostatně, tak i jako doplněk při auditech systému managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (např. OHSAS nebo Bezpečný podnik), při provádění periodických prověrek bezpečnosti práce (dle § 108, odst. 5 zákona č. 262/2006 Sb., ve znění pozdějších předpisů) nebo při pravidelném dohledu na pracovištích a nad výkonem práce prováděných zařízeními poskytujícími pracovnělékařské služby (dle § 53, odst. 1 zákona č. 373/2011 Sb., ve znění pozdějších předpisů).

Po ukončení procesu certifikace, která se očekává v závěru roku 2015, bude metodika volně dostupná na webových stránkách společnosti VÚJE Česká republika s.r.o. [www.vuje.cz] a na Portále BOZP [www.portalbozp.cz].

Poděkování

Výsledky publikované v tomto článku vznikly v rámci řešení výzkumného projektu TD020017 „Hodnocení vlivu pracovního prostředí blokových dozoren průmyslových provozů na spolehlivost výkonu operátorů“, který je spolufinancován Technologickou agenturou ČR.

Literatura

[1] 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>.

[2] 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.

[3] Král, M. Metody a techniky užité v ergonomii. Praha : VÚBP, 2001.

[4] Paleček M. a kol. Prevence rizik. Praha : Oeconomica, 2006. ISBN 80-245-1117-7.
[5] Skřehot, P.; Paleček, M. MIPS - metoda identifikace příčin selhání. [online]. Praha : VÚBP, 2007. Dostupný na www: <http://www.vubp.cz/index.php/metodiky>
[6] Henderson, J. a kol. Human factors aspects of remote operation in process plants. [online]. Health and Safety Executive. 2002. Dostupný z WWW: <http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/2002/crr02432.pdf >.
[7] Carvalho, P. a kol. Human centered design for nuclear power plant control room modernization. [online]. 2011. Dostupný z WWW: <http://ceur-ws.org/Vol-696/paper4.pdf >.
[8] ČSN EN 60964: Jaderné elektrárny – Dozorny – Návrh. Praha : Český normalizační institut, 2011. 35 s.
[9] ČSN EN ISO 11061-1: Ergonomické navrhování řídících center - část 1: Zásady navrhování řídících center Praha : Český normalizační institut, 2001. 32 s.
[10] ČSN EN ISO 11064-2: Ergonomické navrhování řídících center - Část 2: Zásady uspořádání řídicích soustav. Český normalizační institut, 2001.
[11] ČSN EN ISO 11064-3: Ergonomické navrhování řídících center - Část 3: Uspořádání velínu. Český normalizační institut, 2000.
[12] ČSN EN ISO 11064-6: Ergonomické navrhování řídících center - Část 6: Environmentální požadavky na řídicí centra. Český normalizační institut, 2005.
[13] ČSN EN ISO 9241-1: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály. Část 1: Obecný úvod. Český normalizační institut, 1998.
[14] ČSN EN ISO 9241-4: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály - Část 4: Požadavky na klávesnice. Český normalizační institut, 1999.
[15] 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.
[16] ČSN EN ISO 9241-6: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály - Část 6: Požadavky na pracovní prostředí. Český normalizační institut, 2000.
[17] 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.
[18] ČSN EN ISO 9241-12: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály - Část 12: Zobrazení informací. Český normalizační institut, 1999.
[19] ČSN EN ISO 9241-14: Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály - Část 14: Vedení dialogu s použitím menu. Český normalizační institut, 2000.
[20] 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.
[21] 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.

Korespondenční adresa

1. RNDr. Mgr. Petr Adolf Skřehot, Ph.D.: VÚJE Česká republika s.r.o., pracoviště Praha, Ostrovského 253/3, 150 00 Praha 5-Smíchov, Česká republika, e-mail: skrehot@vuje.cz

2. Mgr. František Houser: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Regionální centrum České Budějovice, e-mail: Frantisek.Houser@sujb.cz