

## RIZIKÁ A OHROZENIA VYSKYTUJÚCE SA PRI TECHNOLOGII DELENIA MATERIÁLOV TECHNOLOGIOU AWJ

LÝDIA SOBOTOVÁ - MONIKA KARKOVÁ

### RISKS AND THREATS DURING THE TECHNOLOGY OF AWJ CUTTING OF MATERIALS

#### ABSTRAKT

Článok sa zaoberá technológiou vodného lúča, jeho rozvojom, bezpečnosťou a rizikami vo všeobecnosti. Popisuje jednotlivé typy rizík vyskytujúcich sa pri technológii delenia materiálov abrazívnym vodným lúčom.

**Ľúčové slová:** vodný lúč, riziko, ohrozenie ,

#### ABSTRACT

The article deals with water jet technology, its development, safety and risk in general. There is described the different types of risks encountered in abrasive water jet technology.

**Key words:** water jet technology, risk, threat

#### ÚVOD

V prírode voda svojím prúdením formuje reliéf zemského povrchu už milióny rokov. Jej účinky je možné sledovať napríklad na hladkých riečnych kamienkoch, pri vymývaní brehov riek, vytváraní kaňonov. Človek sa snažil tieto vlastnosti vody využiť vo svoj prospech. Tak vznikli mnohé postupy, ktoré využívajú silu vody v rôznych technologických operáciách. [20] Technológia vodného lúča (WJM) sa radí medzi progresívne metódy obrábania. Vývoj progresívnych technologických operácií podmienili stále sa zvyšujúce požiadavky na kvalitu, výkonnosť, ekonomiku, no predovšetkým ekológiu modernej priemyselnej výroby. Progresívne technológie rastú súběžne s neustálym sa zdokonaľovaním materiálov. Tie dospeli do štádia, kde sú niektoré ich vlastnosti materiálov (napr. mechanické vlastnosti, ako tvrdosť, krehkosť) na takej vysokej úrovni, že je ich spracovanie značne obmedzené. Tieto technológie umožňujú obrábať aj tvarovo veľmi zložitú obrobky. Rovnako rastú aj požiadavky na ochranu a environmentálne uvedenie si človeka. To vysvetľuje vývoj a stále širší okruh využiteľnosti progresívnych technológií obrábania materiálov. [21]

Rozvoj a výskum vodného lúča cez metódu hydroabrazívnej erózie sa realizoval v rokoch 1985-1987, na SJF – TU Košice, SJF – STU Bratislava, Fakulte špeciálnej techniky TnUADv Trenčína a Fakulte výrobných technológií TUKE so sídlom v Prešove. Do rozvoja sa zapojili i firmy v danom regióne. [8]

Technológiu rezania vodným lúčom nazývanú aj Water Jet-Cutting môžeme klasifikovať podľa grafického modelu KMECOV MODEL WATER JET CUTTING 1. Táto klasifikácia vypracovaná vo firme WATING Prešov s.r.o. v spolupráci s Katedrou technológií a materiálov, SJF, TU v Košiciach vznikla z praktických poznatkov získaných od roku 1985 až po dnešok.[1]

#### TECHNOLÓGIA DELENIA MATERIÁLOV ABRAZÍVNÝM VODNÝM LÚČOM

Sila vodného lúča, je schopná deliť materiály rôznych štruktúr a hrúbky. Od textilu cez plasty, kameň až po oceľ a liatiny. Táto technológia sa radí medzi technológie delenia materiálov za studena. Využíva sa hlavne pri materiáloch a tvaroch výrobkov, kde je požiadavka nevyvolávať tlakové deformácie na materiály. [4]

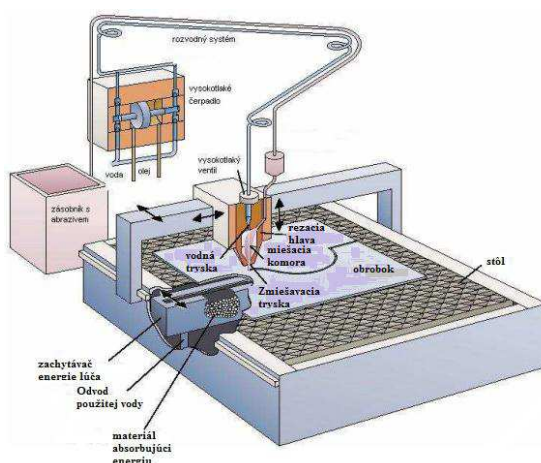
Na delenie kompaktných a tvrdých materiálov, ako napr. kovov, skla, keramiky sa používa abrazívna metóda rezania. Predtým ako sa lúč dotkne materiálu pridá sa k prúdu vody v zmiešavacej komore rezný prostriedok – abrazívum. [3]

Hlavnou súčasťou zariadenia je rezacia hlavica, ktorá vytvára vysokorýchlostný prúd vody a injekčný systém, ktorý privádza abrazívne častice do vysokorýchlostného prúdu. Voda v tomto prípade, keď sa privádza do generátora tlakov musí spĺňať všetky požiadavky noriem aby nezanášala rezaciu hlavicu. [2]

Úprava vody pri tejto technológii zvyšuje kvalitu práce, kvalitu výrobkov, životnosť zariadenia, redukuje opravy, znižuje mieru opotrebenia dýz, ovládacích ventilov. Voda využívaná pri technológii delenia vodným lúčom musí byť zbavená železa a vápnika. Celková tvrdosť upravovanej vody nesmie prekročiť hodnotu 10 mg.l-1. [1]

Rozpustné tuhé látky vychádzajú z roztoku a pôsobia ako abrazívny materiál. Najviac postihnutými komponentmi sú hubice a vysokotlakové tesnenia. [5]

Pri vytváraní vysokorýchlostného abrazívneho prúdu dochádza k opotrebovaniu zariadenia najmä zaostrovacej trubice v dôsledku nárazov pevnej fázy na vnútornú stenu tejto trubice. [2]



Obr.1 : Zariadenie pre delenie vodným lúčom[19]

## POSUDZOVANIE RIZÍK A ČLENENIE OHROZENÍ

Udalosti vyskytujúce sa pri všetkých činnostiach, majú závažný dôsledok na život človeka a životné prostredie. Tieto udalosti delíme do troch skupín:

- prírodné – dôsledkom pôsobenia prírodných síl,
- antropogénne – sú dôsledkom civilizačných činností,
- kombinované – vznikajú ako kombinácia prírodných udalostí vyvolaných dlhodobým alebo krátkodobým pôsobením človeka. [23]

Pri technológii AWJ je možné pozorovať chyby človeka, nakoľko toto zariadenie je riadené CNC strojom, a poruchovosť stroja je minimálna. Chybu človeka je možné definovať ako jav vyplývajúci z nespĺnenia stanovenej úlohy, ktorý môže byť príčinou poruchy zariadenia alebo narušenia normálneho chodu plánovaných operácií. [15]

Tabuľka 1: Členenie porúch strojov a ľudských chýb [15]

Poruchy zariadení		Ľudské chyby a ich vplyv	
- vnútorné - vonkajšie		- vnútorné - vonkajšie	
Z hľadiska času	náhla postupná	Stres	náhle postupné
Stupeň porušenia	čiastočná úplná	Stupeň poškodenia	zvrätne nezvrätne
Kombinácia		Kombinácia	
Prejav	viditeľná skrytá	Prejav	úmyselné neúmyselné

V odbornej literatúre sa uvádza niekoľko špecifických metód vhodných pre jednotlivé kroky procesu posudzovania rizík. Najčastejšie používané sú nasledujúce metódy[15]:







- Metóda ČO-AK?
- HAZOP
- FMEA/FMECA
- Metóda ETA
- Metóda HPA
- Predbežná analýza nebezpečenstva PHA

Pri analýze rizík je možné postupovať principiálne dvoma spôsobmi:

- postup zhora (deduktívne metódy) – vychádza sa z informácií na základe štatistických údajov úrazov, havárií a iných nežiaducich udalostí, analýzy ich príčin a následkov, teda sa vychádza z udalostí, ktoré sa už stali,
- postup zdola (induktívne metódy) – vychádza sa z predikcie pravdepodobnosti a následkov možnej nežiaducej udalosti.

Rovnako ako je možné deliť riziká podľa druhov do určitých kategórií z hľadiska vzájomného pôsobenia prvkov systému „človek – stroj – prostredie“ aj ohrozenia je možné deliť na niekoľko typov. Občas sa stretneme s tým, že tieto typy sa definujú ako rizikové prvky alebo rizikové faktory. [15]

Pre technológiu AWJ je hodnotenie rizík dosť špecifické. Zariadenie je spoľahlivé a dlhodobý výskum a vývoj sa zameriaval na ekonomickosť a ekologickosť technologického procesu. V dnešnej dobe je možné pozorovať dva základné riziká pri tejto technológii a to sú hluk a vibrácie. Spomínané riziká sú bližšie uvedené v nasledujúcej kapitole tomuto venovanej.

Typy ohrození																				
<b>Fyzikálne</b>	<b>Chemické</b>	<b>Biologické</b>	<b>Psychofyzio logické</b>																	
<b>Mechanické</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rotujúce časti</li> <li>Priamočiario sa pohybujúce časti</li> <li>Časti s náhodným pohybom</li> <li>Statické časti /bez kinetickej energie</li> </ul>	<b>Pôsobenie na ľudský organizmus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Všeobecne jedovaté</li> <li>Dráždiace</li> <li>Senzibilujúce</li> <li>Karcinogénne</li> <li>Pôsoiace na gény</li> <li>Pôsoiace na reprodukčnú funkciu</li> </ul>	<b>Mikroorganizmy</b> Baktérie, vírusy, huby atď.	<b>Fyzické preťaženie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Statické</li> <li>Dynamické</li> <li>Hypodamia</li> </ul>																	
<b>Elektrické</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rôzne úrovne napätí</li> <li>Statické elektrika</li> <li>Magnetické a elektrické polia</li> </ul>		<b>Makroorganizmy</b> Rastliny, živočíchy	<b>Nervovo-psychické preťaženia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Duševné vypätie</li> <li>Prepínanie analyzátorov</li> <li>Emocionálne preťaženie</li> <li>Monotónnosť práce</li> </ul>																	
<b>Žiarenie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Infračervené</li> <li>Ionizujúce</li> </ul>	<b>Podľa cesty prenikania do ľudského organizmu</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cez dýchací systém</li> <li>Cez tráviaci systém</li> <li>Cez pokožku</li> </ul>																			
<b>Hluk a vibrácie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Úroveň hluku</li> <li>Úroveň vibrácií</li> <li>Infrazvukové kmitanie</li> <li>Ultrazvuk</li> </ul>																				
<b>Svetelné faktory</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nedostatok denného svetla</li> <li>Nedostatočné osvetlenie pracoviska</li> <li>Zvýšená jasnosť svetla</li> <li>Znížená kontrastnosť</li> <li>Priama a odrazená oslnivosť</li> <li>Zvýšená pulzácia svetelného prúdu</li> <li>Stroboskopický jav</li> </ul>																				
<b>Klimatické faktory</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zvýšená /znížená teplota zariadenia/materiálu</li> <li>Zvýšená / znížená teplota vzduchu</li> <li>Zvýšená / znížená vlhkosť vzduchu</li> <li>Zvýšené / znížené prúdenie vzduchu</li> <li>Zvýšená / znížená ionizácia vzduchu</li> <li>Zmeny alebo zvýšený/znížený barometrický tlak</li> <li>Prašnosť prostredia</li> </ul>																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ ohrozenia</th> <th>Možný dôsledok</th> <th>P*</th> <th>D</th> <th>R</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>  <b>Hluk</b> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>poškodzuje vlásočnicové bunky slniáka v uchu, časti vnútorného ucha</li> <li>strata sluchu</li> </ul> </td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>  <b>Vibrácie</b> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>poškodenie ciev prstov,</li> <li>chorobné zmeny na kĺboch, kostiach, chrupavke a väzive,</li> <li>zažívacie ťažkosti, ťažkosti s močením</li> </ul> </td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Typ ohrozenia	Možný dôsledok	P*	D	R	 <b>Hluk</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>poškodzuje vlásočnicové bunky slniáka v uchu, časti vnútorného ucha</li> <li>strata sluchu</li> </ul>				 <b>Vibrácie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>poškodenie ciev prstov,</li> <li>chorobné zmeny na kĺboch, kostiach, chrupavke a väzive,</li> <li>zažívacie ťažkosti, ťažkosti s močením</li> </ul>						
Typ ohrozenia	Možný dôsledok	P*	D	R																
 <b>Hluk</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>poškodzuje vlásočnicové bunky slniáka v uchu, časti vnútorného ucha</li> <li>strata sluchu</li> </ul>																			
 <b>Vibrácie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>poškodenie ciev prstov,</li> <li>chorobné zmeny na kĺboch, kostiach, chrupavke a väzive,</li> <li>zažívacie ťažkosti, ťažkosti s močením</li> </ul>																			

\*R- riziko, D – dôsledok, P - pravdepodobnosť

Obr.2 : Rizikové faktory/ ohrozenia v systéme „človek – stroj – prostredie“ [15]

### RIZIKÁ VYSKYTUJÚCE SA PRI DELENÍ MATERIÁLOV TECHNOLOGIOU AWJ

Technológia delenia vysokorýchlostným AWJ patrí medzi zdroje hlučnosti, čo potvrdzuje aj analýza hodnotenia rizík technológie kombinovanou bodovou metódou. Z uvedenej metódy vyplýva, že vo výrobnom systéme AWJ sa vyskytujú súčiastky a konštrukčné uzly s nadmernou hlukovou expozíciou, ktorá ohrozuje pracovníkov. Hluk AWJ s vlastnou zbernou nádržou je 90 dB. V otvorenom priestore môže hladina hluku dosiahnuť 110 dB alebo viac. [6, 9]

Medzi nevýhodu sa tiež považuje opotrebenie zmiešavacej dýzy. Proces obrábania AWJ produkuje i množstvo ohrození, ktoré určitou mierou prispievajú ku vzniku rizík prevádzky. Dôsledky vzniknutých úrazov sú vo všeobecnosti považované za veľmi závažné, preto je v tomto prípade riadenie možného rizika nevyhnutné. [9, 11, 12,13,14]

Medzi riziká radíme aj faktory ako priemer AWJ, smer rezania a uhol dopadu, ktoré patria medzi potenciálne zdroje hladiny akustického tlaku. Faktor obrobok sa podľa analýzy skladá z : chemická štruktúra, hrúbka a tvrdosť. Ďalšou skupinou

faktorov ovplyvňujúcich hladinu akustického tlaku, sú aj faktory abrazíva, ktoré ovplyvňujú tvrdosť abrazíva, hmotnostný tok, MESH, vlhkosť a objem zmiešavača. [ 9]

Na základe analýz, ktoré boli spracované bol vytvorený Ishikawov diagram na diagnostiku faktorov ovplyvňujúcich príčinu, (hlučnosť prevádzky) kde prebieha proces delenia materiálu. Z diagramu vyplýva, že na výslednú hladinu akustického tlaku vplýva množstvo faktorov, medzi ktoré patria faktory delenia, obrobok, hydraulické faktory, hluk pozadia, faktory miešania, faktory abrazíva a faktory pohybovej sústavy. [ 9]

## ZÁVER

Dlhodobým výskumom a vývojom v oblasti analýzy výskytu rizík pri AWJ technológii a ich elimináciou sa radí medzi technológie s minimálnym výskytom ohrozenia vplyvajúcich ako na zdravie človeka tak i na životné prostredie. Ohrozenia v podobe hlučnosti, ktoré vplývajú na pracovníka a obsluhu sa dajú ľahko eliminovať pomocou OOPP. Spôsobená hlučnosť rôznymi procesnými parametrami uvedenými v tomto článku sa môže eliminovať odstránením nedostatkov, údržbou strojov alebo delením materiálov pod hladinou vody alebo v krytom prostredí, ktoré by pohlcovalo hluk. V dnešnej dobe sa čoraz viac prihliada na ochranu životného prostredia a tak sa využívajú nové, progresívne technológie, ktoré spĺňajú všetky bezpečnostné a environmentálne požiadavky. Zariadenia na rezanie čistým vodným lúčom a abrazívnym vodným lúčom sú vysoko efektívne, konkurencieschopné a ekologické zariadenia chrániace životné a pracovné prostredie. [23]

## POĎAKOVANIE

*Tento článok vznikol v rámci projektu KEGA 032TUKE-4/2012 .*

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] KMEC,J.; GOMBÁR,M.; BIČEJOVÁ, L.; DOBROVIČ, J.: Faktory hydroerózie; 1. vyd. Košice : TU, 2011. 216 s.; ISBN/ISSN: 978-80-553-0650-6
- [2] HÍREŠ,O.; HATALA,M.; HLOCH,S.: Delenie kovových materiálov okružnou pílou, vodným prúdom a plazmovým oblúkom; Ostrava 2007; 147s; ISBN: 978-80-8073-769-6
- [3] VASILKO,K., KMEC,J.: Delenie materiálu; Prešov 2003; 232s.; ISBN: 80-7099-903-9
- [4] Salesmen presentation; KMTGmbH-KMT Waterjet System: KMT Creating value through precision,15slyde, Germany 77
- [5] KMEC,J., BIČEJOVÁ,L., NOVÁKOVÁ, M., GOMBÁR,M.: Rozdelený vodný lúč pre rezanie nerezových materiálov; Prešov 2011;143s; ISBN:978-80-553-0827-2
- [6] RADVANSKÁ, A.: Hodnotenie rizík technológii delenia vysokorychlostným hydroabrazívnym prúdom kombinovanou bodovou metódou. In: Nové trendy v prevádzke výrobných techník 2003. 80-8073-059-8 : Vol 6, 2003.>
- [7] KRAJNÝ, Z.: AQUACLEAN, s r. o., Bratislava. [cit. 2013-02-06] Dostupné na internete: <<http://www.techpark.sk/technika-9102012/vyuzitie-technologie-vysokotlakoveho-vodneho-luca-na-obrahanie-materialov-v-hazardnom-prostredii.html>>
- [8] KMEC, J., SOBOTOVÁ, L.: Vodný lúč 25 rokov na Slovensku; Transfer inovácií, 18/2010, SJF, TUKE; s.160-164; ISBN:1337-7094 [cit. 2013-02-11] Dostupné na internete: <<http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/18-2010/pdf/160-164.pdf>>
- [9] HLOCH , S., GOMBÁR, V.: Hodnotenie hlučnosti technológii AWJ pri delení materiálov, In: MM Průmyslové spektrum, 2007/1 s.78. [cit. 2013-01-06] Dostupné na internete: <<http://www.cnckonstrukce.cz/clanek-118/hodnotenie-hlucnosti-technologie-awj-pri-deleni-materialov.html>>
- [10] SOBOTOVÁ, L., KARKOVÁ, M.: Kvalita rezacej vody pri technológii delenia materiálov vodným lúčom - 2012. In: Transfer inovácií. Č. 24 (2012), s. 125-128. - ISSN 1337-7094 [cit. 2013-02-16]
- [11] FLIMEL, M.: Problematika hodnotenia hluku v pracovnom prostredí. In: Acoustics 2004. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 2004. S. 21 - 23. ISBN 80-228-1359-1.
- [12] JURÍŠEVIČ, B., LEBAR, A., JUNKAR, M. Synergistic Approach to Abrasive Water Jet (AWJ) Process Understanding, University of Ljubljana, Slovenia. [http://www.fs.uni-lj.si/lat/raziskave/awj/prezentacije/AWJ\\_MIT2001/W3P/AWJ\\_MIT2001.htm](http://www.fs.uni-lj.si/lat/raziskave/awj/prezentacije/AWJ_MIT2001/W3P/AWJ_MIT2001.htm).
- [13] LEBAR, A.: O razvoju obdelave z abrazívnim vodným lúčom. [http://www.fs.uni-lj.si/lat/raziskave/awj/prezentacije/AWJ\\_MIT2001/W3P/img0.htm](http://www.fs.uni-lj.si/lat/raziskave/awj/prezentacije/AWJ_MIT2001/W3P/img0.htm).
- [14] VALÍČEK, J., et al., Application of optical methods for analyses of surfaces made by abrasive liquid jet. In Metal 2001 - Proceedings of the 10th International Metallurgical and Materials Conference, Tangerang, spol. s r. o., Ostrava, 2001, paper 104, p. 1 - 7.
- [15] PAČAIOVÁ, H., SINAY,J., GLATZ,J.: Bezpečnosť a riziká technických systémov – Košice: TUKE, SJF – 2009. – 246 s. ISBN 978-80-553-0180-8
- [16] KRÁLIKOVÁ, R., BADIDA, M., HALÁSZ, J.: Technika ochrany životného prostredia- Košice : Elfa, - 2007. - 303 s. - ISBN 978-80-8086-062-2.

- [17] SINAY, J.: Bezpečnostná technika, bezpečné pracoviská – atribúty prosperujúcej spoločnosti – Košice: TUKE, SJF – 2011. – 264 s. ISBN 978-80-553-0750-3
- [18] KRÁLIKOVÁ, R. - BADIDA, M. - HALÁSZ, J.: Technika ochrany prostredia - Košice : Elfa, - 2005. - 278 s. ISBN 80-8073-229-9.
- [19] JÁCHYM, J.: Řezání materiálu vodním paprskem [online]. Brno, 2009. Dostupné na internete: <[https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/13032/Rezani\\_vodnim\\_paprskem\\_E.pdf?sequence=1](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/13032/Rezani_vodnim_paprskem_E.pdf?sequence=1)>
- [20] DVOŘÁKOVÁ, J. – DVOŘÁK, J.: Technika technológie [online], vydanie 21/2007, [cit.12.011.2013]. Dostupné na internete: < <http://www.glassrevue.com/news.asp@nid=6113&cid=6.html>>
- [21] KOPEČNÝ, L.: Abrazívni vodní paprsek, Brno,2011. [cit. 25.05.2013]. Dostupné na internete: [https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/445/DIPLOMOV\\_PRACEABRAZIVN%C3%8D\\_VODNI\\_PAPRSE\\_KLIBOR\\_KOPECNY\\_2011.pdf?sequence=1](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/445/DIPLOMOV_PRACEABRAZIVN%C3%8D_VODNI_PAPRSE_KLIBOR_KOPECNY_2011.pdf?sequence=1)
- [22] BARTLOVA,I., PEŠAK,M.: Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II. Ostrava: VŠB TU, 2003, s. 22-33. ISBN 80-86634-30-2
- [23] KRÁLIKOVÁ, R. - SOKOLOVÁ, H.: Prístupy k hodnoteniu pracovného prostredia v priemysle. 2012. In: Manažérstvo životného prostredia 2012. Žilina : STRIX, 2012 S. 109-113. - ISBN 978-80-89281-85-5

#### ADRESY AUTOROV

**doc. Ing. Lýdia SOBOTOVÁ, PhD.**, Technická univerzita Košice, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 5, 042 00 Košice , e-mail: [lydia.sobotova@tuke.sk](mailto:lydia.sobotova@tuke.sk)

**Ing. Monika KARKOVÁ**, Technická univerzita Košice, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 5, 042 00 Košice , e-mail: [monika.karkova@tuke.sk](mailto:monika.karkova@tuke.sk)

#### **RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU**

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

#### **REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS**

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