

## BEZPEČNOSŤ PRI ZVÁRANÍ

JOZEF JASENÁK

### SAFETY IN WELDING

#### ABSTRAKT

V príspevku sa pojednáva o bezpečnosti systémov a funkcií. Popisujú sa tu bezpečné riešenia pri zváraní, ako aj prvky pasívnej a aktívnej bezpečnosti.

**Príučové slová:** bezpečnosť, zváranie

#### ABSTRACT

The article discusses the safety of systems and functions. There are described a safe solution for welding, as well as elements of passive and active safety.

**Key words:** safety, welding

#### Úvod

V rámci kategórie MSP sa v odvetví priemyslu podľa klasifikácie OKEČ (odvetvová klasifikácia ekonomických činností podľa NACE) zaoberá predmetom činnosti zváranie kovov takmer 37 500 subjektov. V rámci týchto podnikov sú najčastejšie používané nasledovné metódy zvárania :

- najviac používanou technológiou zvárania je metóda MIG/MAG, ktorá je použiteľná takmer na všetky materiály , na zváranie hliníka a jeho zliatin sa často používa metóda WIG/TIG.
- oblúkové zváranie obalenou elektródou,
- zváranie plameňom.

Zváranie je podľa druhu a charakteru zvaracieho procesu, použitého základného a prídavného materiálu a výšky hodnôt pracovných teplôt sprevádzané intenzívnym vznikom škodlivých plynov a pár, sálavého tepla, žiarenia a hluku, ktoré pôsobia na zvaračov a ostatných pracovníkov zdržujúcich sa na pracoviskách.

Na delenie materiálu sa využíva rezanie kyslíkom a plazmové delenie materiálu.

#### Bezpečnosť systémov

Uvedené technológie sú realizované prostredníctvom vyškolených zvaračov. Oprávnené sa naskytá otázka, aké požiadavky by mali tieto technológie spĺňať, aby nimi ovplyvňovaný proces mohol byť považovaný za bezpečný? Tie spojité alebo diskkrétne technologické procesy, ktorých dysfunkcia vplyvom vlastnej chyby alebo chyby riadenia môže viesť k úmrtiu, zraneniu, škodám na majetku, strate informácií alebo poškodeniu životného prostredia, označujeme ako *kritické procesy*. Riadenie kritických procesov sa od riadenia konvenčných (nekritických) procesov odlišuje výberom sortimentu prostriedkov, ktoré umožňujú vopred určiť správanie sa systému pri výskyte vopred definovanej triedy porúch. Systémové nástroje na analýzu a syntézu riadiacich systémov pre kritické

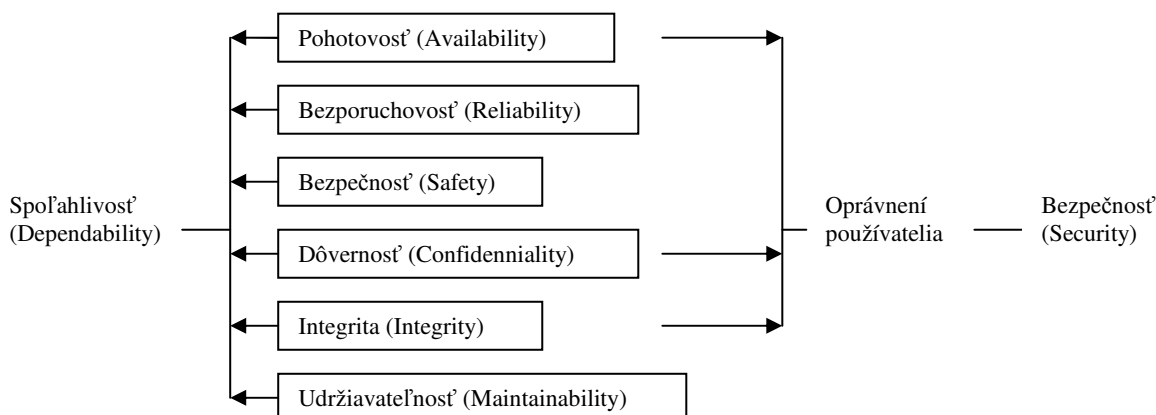
procesy sú preto podobné konvenčným, avšak sú doplnené o definovanie tej skupiny porúch, ktorá je z hľadiska bezpečnosti riadenia dominantná. Systém je *kritický*, ak je pravdepodobné, že jeho nesprávne fungovanie vyvolá niektorý z nasledujúcich dôsledkov : stratu života, zranenie alebo onemocnenie osôb, vážne škody na životnom prostredí, významné straty alebo škody na majetku, nesplnenie dôležitého poslania či závažné hospodárske škody. Z terminologického hľadiska sa v závislosti od uvažovaných dôsledkov používajú rôzne názvy: „bezpečnostne kritické systémy“ (*Safety Critical Systems*), „systémy s kritickým poslaním“ alebo „systémy s kritickým výpočtom úlohy“ (*Mission-critical Systems*), „ekonomicky kritické“ alebo „obchodne kritické systémy“ (*Business-critical Systems*) a pod. Pre systémy bezpečnostne kritické existuje aj alternatívny názov - „systémy súvisiace s bezpečnosťou“ (*Safety-related Systems*). Obidva termíny niekedy vystupujú ako synonymá, v určitom kontexte však termín „bezpečnostne kritický“ označuje systém, ktorého zlyhanie spôsobí závažnejšie dôsledky.

Bezpečnosť vo význame anglického pojmu *Safety* je v technickej praxi chápaná ako jeden z atribútov komplexného ukazovateľa spoľahlivosti (*Dependability*), ktorý vyjadruje mieru, do akej sa môže používateľ spoľahnúť, že systém funguje tak, ako fungovať má, že je v daných podmienkach a v danom čase úseku použiteľný a že je bezpečný. Takto ponímaná spoľahlivosť predstavuje kombináciu atribútov bezporuchovosti, pohotovosti, udržiavateľnosti a bezpečnosti, známu pod anglickou skratkou *RAMS* (*Reliability, Availability, Maintainability, Safety*). Komplexný pohľad na taxonómiu spoľahlivosti a jej jednotlivých atribútov je k dispozícii napr. v [5]. Bezpečnosť sa používa na označenie neprítomnosti neprijateľných úrovní rizika fyzického zranenia alebo poškodenia zdravia osôb, priamo alebo nepriamo v dôsledku poškodenia majetku alebo životného prostredia. Odráža tak schopnosť systému fungovať s prijateľnou úrovňou rizika pre okolie systému i pre systém samotný.

Od bezpečnostne kritických systémov sa očakáva realizácia špecifickej funkcie alebo funkcií zaisťujúcich udržanie rizík na prijateľnej úrovni. Tieto funkcie sú označované ako bezpečnostné funkcie. Na dosiahnutie funkčnej bezpečnosti sú potrebné dva typy požiadaviek:

- požiadavky na bezpečnostné funkcie (t. j. čo má daný systém robiť, aby fungoval bezpečným spôsobom), ktoré sú výsledkom analýzy nebezpečenstiev (*Hazard Analysis*);
- požiadavky na integritu bezpečnosti (t. j. s akou mierou istoty bude bezpečná funkcia vykonaná uspokojivým spôsobom), ktoré sú výsledkom procesu posúdenia rizík (*Risk*).

Pokiaľ by boli bezpečnostné funkcie systému nedostatočné z pohľadu požadovaného zníženia rizika, nezáležalo by na tom, aká bude bezporuchovosť systému, pretože takýto systém by nebol bezpečný. Bezpečnostné funkcie sú v čoraz väčšej miere vykonávané *E/E/PE* systémami, ktoré sú zložité a je prakticky nemožné určiť všetky druhy ich porúch alebo otestovať všetky ich možné správania. Pre úplnosť treba pripomenúť, že slovenský i český jazyk používajú ten istý výraz „bezpečnosť“ na označenie anglických pojmov *Safety* aj *Security*. Vzťah medzi spoľahlivosťou a bezpečnosťou (v oboch významoch) ukazuje obr. 1.



Obr. 1 Spoľahlivosť a bezpečnosť

### Úrovně integrity bezpečnosti (SIL)

Pravdepodobnosť, že systém bude za všetkých stanovených podmienok a v stanovenom časovom období uspokojivo vykonávať bezpečnostné funkcie, označujeme pojmom integrita bezpečnosti (*Safety Integrity*). Úroveň (hladina) integrity bezpečnosti (*Safety Integrity Level, SIL*) sa vyjadruje číslom 1 až 4, pričom *SIL* 4 označuje najvyššiu možnú úroveň a používa sa pre najnebezpečnejšie dôsledky zlyhania bezpečnostných funkcií. Úroveň integrity bezpečnosti *SIL* je typicky vyjadrovaná pojmi, ktoré súvisia s bezporuchovosťou alebo pohotovosťou. Konkrétne hodnoty jednotlivých *SIL* definuje generický štandard IEC 61508 v závislosti od režimu prevádzky, v akom sa daný systém nachádza. Bezpečnostne kritické systémy môžu vo všeobecnosti fungovať:

- v režime nepravidelnej prevádzky (*Low Demand Mode*);
- v režime nepretržitej prevádzky (*High Demand Mode / Continuous Mode*).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Poznámka:* v práve prebiehajúcom pripomienkovom konaní revízie normy IEC 61508 je navrhované upresnenie definície “*continuous mode*” ako režimu, v ktorom bezpečnostná funkcia udržiava *EUC* bezpečnom stave nepretržite v rámci normálnej prevádzky.

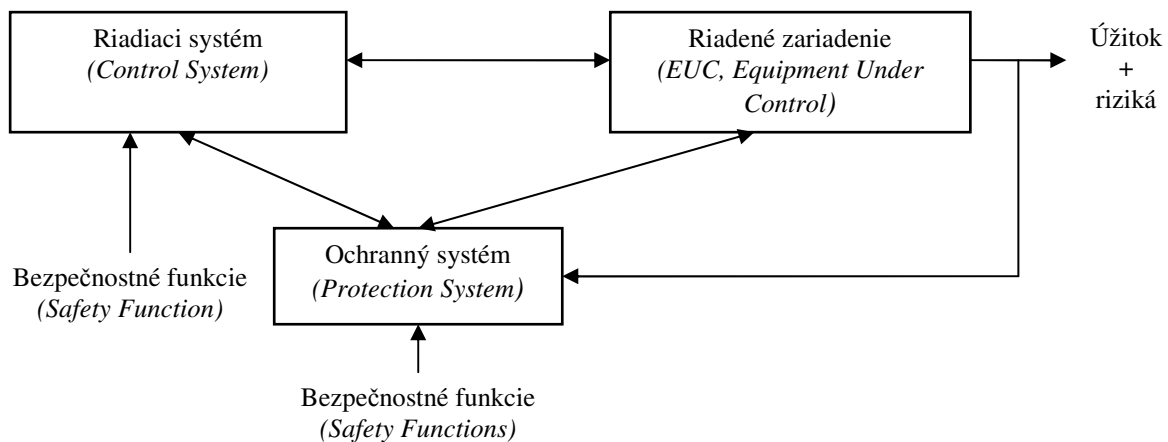
Tab. 1 Úrovně integrity bezpečnosti podľa IEC 61508

SIL	Low demand mode		High demand/Continuous mode	
	Faktor redukcie rizika	Priem. pravdepodobnosť nebezpečnej poruchy pri požiadaní o bezpečnostnú funkciu	Faktor redukcie rizika	Intenzita nebezpečnej poruchy bezpečnostnej funkcie (1/hod)
SIL4	100 000 až 10 000	$\geq 10^{-5}$ až $< 10^{-4}$	100 000 000 až 10 000 000	$\geq 10^{-9}$ až $< 10^{-8}$
SIL3	10 000 až 1 000	$\geq 10^{-4}$ až $< 10^{-3}$	10 000 000 až 1 000 000	$\geq 10^{-8}$ až $< 10^{-7}$
SIL2	1 000 až 100	$\geq 10^{-3}$ až $< 10^{-2}$	1 000 000 až 100 000	$\geq 10^{-7}$ až $< 10^{-6}$
SIL1	100 až 10	$\geq 10^{-2}$ až $< 10^{-1}$	100 000 až 10 000	$\geq 10^{-6}$ až $< 10^{-5}$

### Štandardizačný rámec pre bezpečnostne - kritické systémy

Medzinárodný štandardizačný proces pre oblasť bezpečných riadiacich systémov je primárne vedený generickou normou IEC 61508, ktorá vychádza z pojmu celkový životný cyklus bezpečnosti. Používa tento cyklus ako pracovný rámec pre činnosti nevyhnutné na zaistenie funkčnej bezpečnosti *E/E/PE* bezpečnostne kritických systémov. Pokrýva tak všetky činnosti od počiatočného konceptu, cez analýzu nebezpečenstiev a posúdenie rizík, vývoj bezpečnostných požiadaviek, špecifikáciu, návrh a implementáciu, prevádzku a údržbu, modifikáciu, finálne uvedenie do prevádzky až po vyradenie z nej. Technické požiadavky sa stanovujú v poradí určenom jednotlivými fázami celkového životného cyklu bezpečnosti systému. Štandard tiež špecifikuje techniky a opatrenia na dosiahnutie požadovanej integrity bezpečnosti. Vychádza z modelu ukázaného na obr. 2, v ktorom sú uvažované dve skupiny, resp. dva typy systémov:

- riadené zariadenie (*Equipment Under Control, EUC*), ktoré realizuje daný proces; môže ísť o kompletný proces alebo výrobné zariadenie, môže sa však jednať aj o relatívne malé zariadenie ako napr. domáci spotrebič alebo automobilovú súčiastku;
- riadiace systémy (*Control Systems*) a ochranné systémy (*Protection Systems*), ktoré implementujú bezpečnostné funkcie potrebné na zaistenie toho, že riadené zariadenie je primerane bezpečné, s *EUC* komunikujú pomocou snímačov a akčných členov používaných na monitorovanie a na riadenie určitých parametrov/nastavení.

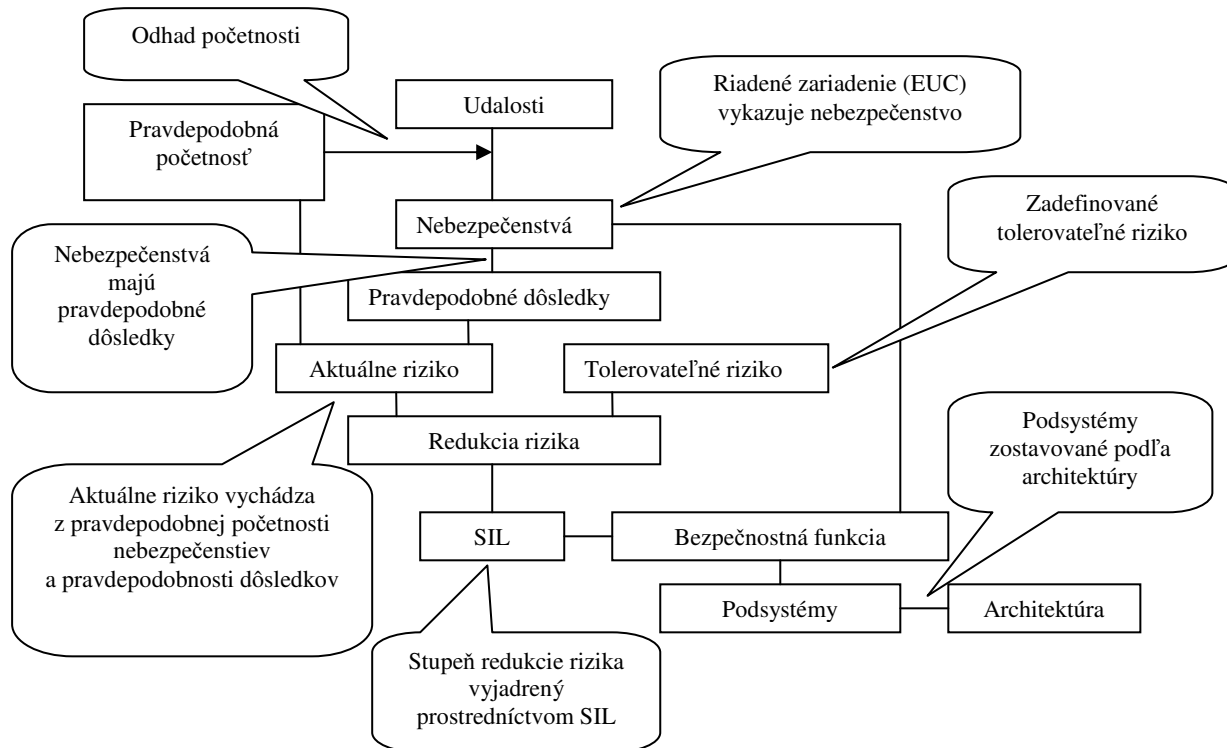


Obr. 2 Riadiaci a ochranný systém a riadené zariadenie

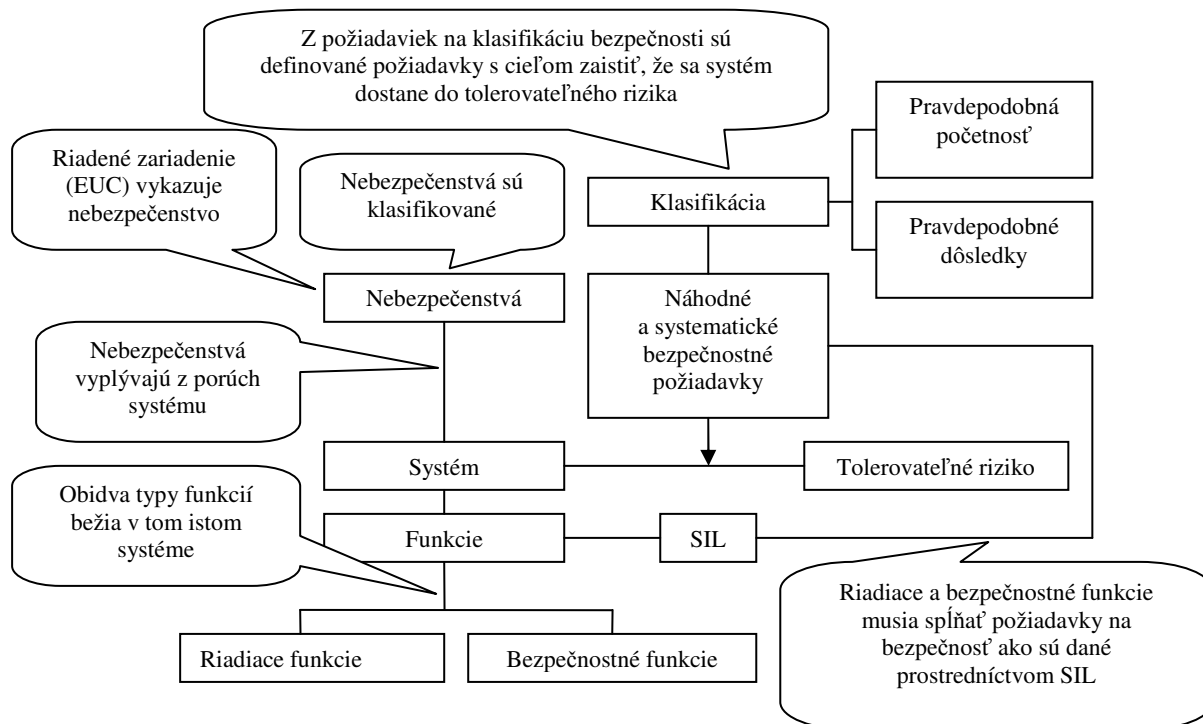
Základným cieľom je dosiahnutie a udržanie bezpečného stavu riadeného zariadenia. V tomto kontexte môžeme na riadiaci systém nazerať ako na systém, ktorý „spôsobuje“ požadovanú činnosť riadeného zariadenia. Ochranný systém je naopak systém, ktorý reaguje na nežiadúcu situáciu, keď sa fungovanie riadeného zariadenia dostane do rozporu s požadovaným správaním. V mnohých prípadoch má akcia ochranného systému podobu vypnutia/odstavenia riadeného zariadenia. V norme IEC 61511 sa ochranný systém objavuje pod názvom *Safety Instrumented System, SIS* (v literatúre tiež ako *Shutdown Systems, Interlock Systems, Permissive System* a pod.). Bezpečnostná funkcia (*Safety Instrumented Function, SIF*) je potom definovaná ako funkcia realizovaná systémom *SIS*, ktorý má dosiahnuť alebo udržať bezpečný stav procesu so zreteľom na konkrétnu nebezpečnú udalosť. „Myšlienkový“ model normy je naznačený na obr. 3.

Vo vzťahu k bezpečnosti možno taktiež spomenúť normu EN 61511 [2], ktorá sa zaoberá funkčnou bezpečnosťou spojených technologických procesov, normu EN 62061 [1] určenú pre oblasť strojov a mnohé ďalšie aplikačné normy odvodené od pôvodného generického štandardu IEC 61508 (napr. STN IEC 61513 pre oblasť jadrových elektrární, STN EN 50129 pre drážne aplikácie a pod.).

**RUSKO, M. – BALOG, K. [Eds.] 2007:**  
**Manažérstvo životného prostredia 2007 ▼▲▼ Management of Environment '2007**  
**zo VII. konferencie so zahraničnou účasťou konanej 5. - 6. 1. 2007 v Jaslovských Bohuniach**  
**Proceedings of the International Conference, Jaslovské Bohunice, 5-6 January 2007**  
**Žilina: Strix et VeV. Prvé vydanie. ISBN 978-80-89281-18-3.**



Obr. 3 Myšlienkový model IEC 61508



Obr. 4 Myšlienkový model MISRA

## Bezpečnostné riešenia pri zváraní

V súčasnosti sú v ponuke bezpečnostné riešenia, ktoré vyhovujú nielen požiadavkám domácností, ale aj rôznych inštitúcií, priemyselných objektov či závodov, ktoré si vyžadujú zvýšenú, vysokú, alebo dokonca až mimoriadnu ochranu či už v pasívnej, alebo aktívnej forme. Sú to ucelené riešenia v oblasti bezpečnosti, ktoré plnia funkciu preventívnu, odstrašujúcu, detekčnú alebo dôkazovú. Dostatočná ochrana zdravia a majetku sa dá dosiahnuť kombináciou pasívneho a aktívneho zabezpečenia. Kombináciou týchto prvkov vzniká ucelený bezpečnostný systém.

### Prvky pasívnej bezpečnosti

Ich úlohou je dostatočne chrániť a zaručovať bezpečnosť na príslušnej úrovni s využitím moderných systémov a technológií. Hlavným prvkom pasívnej bezpečnosti sú vzdelávacie systémy. Už samotná realizácia školení zvyšuje bezpečnosť objektu na úroveň potrebnej ochrany proti bežným spôsobom zvárania. Účinnosť bezpečnostných opatrení v prípade potencionálneho rizika na pracovisku možno zvýšiť prvkami aktívnej bezpečnosti.

Druhou časťou sú bezpečné pracovné postupy. V tejto súvislosti sú na základe vyššie opísaných opatrení vypracované bezpečnostné pracovné postupy pre:

- zváranie elektrickým oblúkom,
- zváranie / rezanie plameňom,
- rezanie plazmou,

ktorých dodržiavanie obmedzuje vznik pracovných úrazov, chorôb z povolania a iných poškodení zdravia z práce.

Bezpečnostné postupy by mali byť ľahko prístupné priamo na zväračskom pracovisku, tak aby pracovník neustále videl riziká a ohrozené časti tela pri konkrétnej práci a aby si mohol pripomenúť bezpečný postup pri práci a potrebné OOPP. Tieto postupy by mali byť tiež pravidelnou súčasťou školení BOZP na pracovisku. Pre práce mimo stáleho zväračského pracoviska je určený príkaz k zváraniu na základe ktorého je určený zvärač oprávnený zvärať v presne vymedzenom priestore za presne stanovených podmienok, ktoré sú zamerané najmä na ochranu pred požiarom v priestoroch ktoré nie sú priamo určené na zváranie.

### Prvky aktívnej bezpečnosti

Sú to všetky ochranné pomôcky schopné chrániť zdravie zvärača a predchádzať rizikám pri výkone zväračských prác. Existujú viaceré stupne aktívnej bezpečnosti. V tab. 1 je zoznam pridelených OOPP k jednotlivým ohrozeniam.

Tab. 1 Zoznam OOPP pridelených k jednotlivým ohrozeniam

Ohrozenie	Chránená časť	OOPP
nadmerná hlučnosť	Na ochranu sluchu	slúchadlové chrániče sluchu zátkové chrániče sluchu a podobné prostriedky
nevhodná charakteristika vzduchu na pracovisku	Na ochranu dýchacích orgánov	respirátor proti aerosólom filter proti prachu
ohrozenie zvärača splodinami – el. oblúk	Na ochranu dýchacích orgánov	filter proti prachu maska s filtrom proti aerosólom dýchací prístroj
popálenie zvärača – el. oblúk	Na ochranu celého tela	ochranné odevy - dvojdielne alebo kombinézy odevy odolné proti prepáleniu
	Na ochranu horných končatín	ochranné rukavice zväračské
	Na ochranu zraku a tváre	zväračská kukla
	Na ochranu dolných končatín	snímateľné chrániče priehlavku
pôsobenie infračerveného, ultrafialového žiarenia	Na ochranu celého tela	odevy chrániace pred infračerveným žiarením odevy odolné proti prepáleniu
	Na ochranu zraku a tváre	zväračský štít
		zväračská kukla



ohrozenie zvärača splodinami – plameňové zväranie	Na ochranu dýchacích orgánov	filter proti prachu
		maska s filtrom proti aerosólom
		dýchací prístroj
popálenie zvärača – plameňové zväranie	Na ochranu celého tela	ochranné odevy - dvojdielne alebo kombinézy odevy odolné proti prepáleniu
	Na ochranu horných končatín	ochranné rukavice zväračské
	Na ochranu zraku a tváre	zväračské okuliare
	Na ochranu dolných končatín	snímateľné chrániče priehlavku
	Na ochranu hlavy	ochranná pokrývka hlavy - čiapka so štítom

Ďalšou možnosťou je monitoring okolitého priestoru zväračského pracoviska. Monitorovanie možno vykonávať aj vo vnútorných priestoroch. Vyším štandardom je elektronické zabezpečenie objektu s poplašnou signalizáciou pri vzniku požiaru. Samozrejmosťou je aj požiarne signalizácia. Náročnosť každého bezpečnostného riešenia sa prispôsobuje konkrétnym potrebám a požiadavkám ochrany objektu.

## LITERATÚRA

- [1] Norma EN 62061: Bezpečnosť strojov. Funkčná bezpečnosť elektrických, elektronických a programovateľných elektronických bezpečnostných riadiacich systémov (Norma na priame používanie ako STN).
- [2] Norma EN 61511: Funkčná bezpečnosť. Bezpečnostné riadiace systémy spojitých technologických procesov. Časť 3: Návod na určenie požadovanej úrovne komplexnej bezpečnosti (Norma na priame používanie ako STN).
- [3] Janota, A. a kol.: Úrovně integrity bezpečnosti v iniciativě eSafety, ><http://fel.utc.sk/~janot/dokumenty/NavAge06-0231.pdf><
- [4] Roger R. Rivett: The Application of IEC 61508 in the Automotive Industry. The IEE 19th November 2002, Land Rover.
- [5] Avižienis, A. – Laprie, J.-C., Randell, B.: Dependability And Its Threats: A Taxonomy. - ><http://www.cs.ncl.ac.uk/research/pubs/inproceedings/papers/779.pdf><

## ADRESA AUTORA

doc. Ing. Jozef Jasenák, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Katedra priemyselnej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: >[jozef.jasenak@stuba.sk](mailto:jozef.jasenak@stuba.sk)<

## RECENZENT

**prof. Ing. Karol Balog, PhD.,** Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: >[karol.balog@stuba.sk](mailto:karol.balog@stuba.sk)<