

PRIMENA SAVREMENIH METODA TEHNIČKE DIJAGNOSTIKE U CILJU IDENTIFIKACIJE OPASNOSTI I ŠTETNOSTI NA RADNOM MESTU

APPLICATION OF MODERN TECHNICAL DIAGNOSTICS METHODS FOR IDENTIFICATION OF HAZARDS IN THE WORKPLACE

Uroš Proso¹⁾, dr. Branislav Jeremić²⁾, mr. Ivan Mačužić³⁾
dr. Petar Todorović⁴⁾, Aleksandar Brković⁵⁾

Rezime: U savremenoj industrijskoj praksi od tehničkih sistema se zahteva maksimalna, efektivnost, raspoloživost i gotovost pri čemu se ne sme ugroziti bezbednost i zdravlje radnika kao i životne i radne sredine. Sve ljudske aktivnosti u procesu eksploatacije i održavanja tehničkih sistema nose u sebi određenu opasnost. Te opasnosti se moraju na pravilan način identifikovati radi sprečavanja neželjenih posledica. Tehnička dijagnostika je naučno-tehnička disciplina koja prepoznaje stanje tehničkih sistema u eksploataciji, a samim tim se može efikasno koristiti za identifikaciju specifičnih opasnosti. U radu će biti navedene opasnosti koje se potencijalno mogu javiti na radnom mestu. Cilj rada je da predstavi najvažnije metode tehničke dijagnostike, kao i njihovu primenu u cilju identifikacije karakterističnih opasnosti.

Gljučne reči: tehnička dijagnostika, bezbednost na radu, radno mesto, opasnost, štetnost

Abstract: Of the technical systems, in the industry, is required maximum effectiveness, availability and reliability which should not threaten health of workers as well as living and working environment. All human activities of exploitation and maintenance of technical systems are dangerous. These hazards must be identified in a proper way to prevent adverse consequences. The technical diagnostic is a scientific-technical discipline, which recognizes the status of technical systems in use, and therefore can be effectively used to identify specific hazards. The paper will be about the hazards that potentially may occur in the workplace. The aim of this paper is to present the most important methods of technical diagnostics, as well as their applications for the purpose of identification of the characteristic hazards.

Key words: Technical diagnostic, health and safety, work place, work environment, hazards

1. UVOD

Oblast bezbednosti i zdravlja na radu je veoma aktuelna, kako u svetu tako i kod nas. Sve veća pažnja se usmerava ka obezbeđivanju uslova za bezbedan rad i smanjenju faktora koji ugrožavaju zdravlje radnika. U savremenom svetu potreba za stalnim usavršavanjem proizvodnje smanjuje bezbednost zaposlenih. Zbog toga, potreba za ovom oblašću je sve neophodnija.

Veliki problem procene rizika a samim tim i identifikacije opasnosti i štetnosti na radnim mestima je to što se procena u nekim slučajevima bazira na subjektivnim analizama lica koje je zaduženo za taj posao. Da bi procena rizika bila precizna i kasnije upotrebljiva moraju se upotrebiti metode za identifikaciju opasnosti koje se baziraju na objektivnim rezultatima isključujući ljudska

čula. Tehnička dijagnostika i njene metode daju odgovor na ove probleme.

Korišćenjem unapred definisanih opasnosti koje se mogu javiti na radnom mestu, u ovom radu je objašnjena identifikacija tih opasnosti korišćenjem tehničke dijagnostike. Kroz primere iz prakse direktno se pokazuje kratkoročna i dugoročna šteta koju izaziva nekorišćenje metoda tehničke dijagnostike u cilju identifikacije opasnosti i štetnosti.

2. TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA

Pod pojmom tehnička dijagnostika podrazumeva se naučno-tehnička disciplina kojoj pripadaju teorija, metode i sredstva za raspoznavanje stanja tehničkih sistema u uslovima ograničenih informacija [1].

1) Uroš Proso dipl.maš.ing, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6 mail: urosproso@kg.ac.rs

2) prof. dr. Branislav Jeremić, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, mail: bane@kg.ac.rs

3) mr Ivan Mačužić, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, mail: ivanm@kg.ac.rs

4) Doc. dr. Petar Todorović, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, mail: petar@kg.ac.rs

5) Aleksandar Brković dipl.maš.ing, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6 mail: brko@kg.ac.rs

Osnovni cilj tehničke dijagnostike je da se otkrije i spreči potencijalni otkaz. To se postiže merenjem karakterističnih (dijagnostičkih) parametara i na osnovu određenih kriterijuma donosi zaključak o tome da li se oni nalaze u dozvoljenim granicama ili ne. Najbolje je za ocenu stanja nekog tehničkog sistema uzeti u razmatranje više dijagnostičkih parametara [1].

U sadašnjim uslovima, konkurentnost na svetskom tržištu se obezbeđuje povoljnim odnosom cena/kvalitet i isporukom proizvoda na vreme. Kvalitet i cena proizvoda su u direktnoj vezi sa stanjem proizvodne opreme, odnosno nivoom njenog održavanja. Ako se analiziraju svetski trendovi u oblasti održavanja, može se izvesti zaključak da se globalna strategija menja i prilagođava onoj koja je vezana za rad opreme bez otkaza. To znači da u svakom trenutku treba pratiti karakteristične parametre stanja opreme i postavljati dijagnozu na osnovu koje se određuju dalje aktivnosti održavanja. Sve ovo ukazuje na veliku ulogu tehničke dijagnostike, koja poslednjih godina doživljava ekspanziju razvojem novih metoda dijagnostike (primena lasera, ultrazvuka, infracrvenog zračenja, savremenih metoda analize vibracija i sl.).

2.1 Metode tehničke dijagnostike

Kod savremenih tehničkih sistema, sa aspekta identifikacije opasnosti i štetnosti na radnim mestima, koriste se metode tehničke dijagnostike zasnovane na:

1. Merenju i analizi vibracija i merenju buke (vibroakustičke dijagnostičke metode),
2. Praćenju termičkog stanja (infracrvena termografija) i
3. Metode ispitivanja bez razaranja (ultrazvučne metode i videoskopske metode).

3. OPASNOSTI I ŠTETNOSTI NA RADNOM MESTU

Prema zakonu o bezbednosti i zdravlju na radu, procena rizika jeste sistematsko evidentiranje i procenjivanje svih faktora u procesu rada koji mogu uzrokovati nastanak povreda na radu, oboljenja ili oštećenja zdravlja i utvrđivanje mogućnosti, odnosno načina sprečavanja, otklanjanja ili smanjenja rizika [2].

3.1. Identifikacija opasnosti i štetnosti

Opasnost (eng. hazard) predstavlja jedan od osnovnih i nezaobilaznih pojmova za razumevanje samog procesa upravljanja rizikom. Opasnost se

definiše kao uzrok koji može dovesti do akcidenta u radnoj okolini [2].

Iako u stranoj literaturi nigde nije naveden bilo koji drugi pojam osim opasnosti (eng. hazard), kod nas se zakonom o bezbednosti i zdravlju na radu stavlja u upotrebu i pojam „štetnost“.

Razlika između opasnosti i štetnosti je u dužini njihovog delovanja. Kod opasnosti, njegovo dejstvo je kratkotrajno i u tom trenutku dolazi do povrede. Kod štetnosti je malo drugačija situacija. Ona deluje u dužem vremenskom intervalu, a značaj delovanja štetnosti tj. oboljenje se ne primećuje odmah već posle određenog vremenskog intervala (6 meseci, 1 godine, 5 godina,...) u zavisnosti od vrste posla.

Identifikacija opasnosti jeste veoma važan korak, jer bez njega ne bi se moglo nastaviti sa ostalim koracima u procesu menadžmenta rizikom. Cilj ovog koraka je da se analiziraju sve potencijalne opasnosti koje mogu da izazovu povrede ili štetu na radnom mestu ili u radnoj okolini. Ako se ovaj korak ne izvrši na zadovoljavajućem nivou, čitav proces dolazi u pitanje. Razvijene su mnoge metode koje se koriste za identifikaciju opasnosti. Da bi se došlo do najboljih rezultata, odnosno identifikacije najvećeg broja opasnosti, potrebno je koristiti najpogodniju metodu ili kombinaciju nekoliko metoda.

Klasični načini za identifikaciju opasnosti i štetnosti na radnom mestu imaju manu da su zasnovani na subjektivnim osećajima lica koje identifikuje date opasnosti i štetnosti. Iz razloga razlike osećaja među ljudima, javlja se potreba za korišćenjem metoda koje će dati objektivne rezultate za pojedine specifične opasnosti i štetnosti. Metode tehničke dijagnostike daju objektivne rezultate o opasnostima i štetnostima na radnom mestu.

4. PRIMENA METODA TEHNIČKE DIJAGNOSTIKE U CILJU IDENTIFIKACIJE OPASNOSTI I ŠTETNOSTI

U savremenoj industriskoj proizvodnji, od tehničkih sistema se, pored efikasnosti u cilju postizanja profita, zahteva rad pri kome se ne ugrožava bezbednost i zdravlje radnika. U cilju ostvarivanja takvog rada, tehnička dijagnostika predstavlja jako koristan alat. Primenom metoda tehničke dijagnostike mogu se otkriti opasnosti i štetnosti na objektivnan način.

Prema preporukama Evropske agencije za bezbednost i zdravlje na radu opasnosti i štetnosti mogu se svrstati u 25 grupa. U ovom poglavlju biće pomenute opasnosti i štetnosti koje se mogu identifikovati primenom metoda tehničke dijagnostike. To su sledeće opasnosti i štetnosti:

1. Opasnost od površina, objekata, predmeta, alata ili materijala sa visokim ili niskim temperaturama,
2. Opasnost od sudova i instalacija pod pritiskom,
3. Opasnost vezane za elektroinstalacije i električne opreme,
4. Opasnost od požara,
5. Opasnost od eksplozije,
6. Opasnost od hemijskih štetnosti u vazduhu (curenje štetnih fluida),
7. Opasnost od korišćenja opasnih materija,
8. Opasnost i štetnost od povišenog nivoa buke,
9. Opasnost i štetnost od povišenog nivoa vibracija (ruke ili celo telo),
10. Štetnost od zračenja (UV, IC, mikrotalasno),
11. Štetnosti vezane za mikroklimatske uslove (temperatura, vlažnost i brzina strujanja vazduha),
12. Opasnost i štetnost od rada na otvorenom ili u nepovoljnim klimatskim i atmosferskim uslovima.

4.1 Primena vibrodijagnostike i merenja buke u cilju identifikacije opasnosti i štetnosti na radnom mestu

Opasnost i štetnost od povišenog nivoa buke i vibracija: Buka utiče na čoveka na više štetnih načina iako je najpoznatiji uticaj buke na oštećenje sluha, postoje i mnogi drugi efekti buke koji doprinose pojavi nezgoda i zdravstvenih problema. Takođe, odavno je poznato da efekti direktnih vibracija na čoveka mogu da budu veoma ozbiljni. Kod radnika izloženih vibracijama mogu da se pojave: zamagljeni vid, gubitak ravnoteže, gubitak koncentracije, itd. U nekim slušajevima, pojedine frekvencije i nivoi vibracija mogu trajno da oštete unutrašnje organe čoveka. Na primer, istraživači godinama istražuju o fiziološkim efektima vibrirajućih ručnih alata. Iz gore navedenog možemo sagledati dugoročno štetan uticaj vibracija na čoveka kao fiziološko biće. Rizici od narušavanja zdravlja, pri dejstvu vibracija, su veliki. Merenje vibracija i sprovođenje mera za njihovo smanjivanje je od ključnog značaja za smanjivanje rizika i otklanjanje opasnosti.

Primer merenja vibracija na mestu operatera stacionarnog transportera u rudniku uglja:

Na slikama 4.1 i 4.2 prikazan je transporter sa svojom pogonskom jedinicom (1), kabinom operatera (2), kao i mestom operatera koje se očigledno nalazi iznad pogonske jedinice i direktno je izloženo vibracijama.



Slika 4.1 - Stacionarni transporter



Slika 4.2 - Merenje vibracija na mestu operatera

Vibracije su merene na mernim mestima pogonske jedinice kao i na mestu operatera. Pritom je izmeren visok nivo vibracija na mernom mestu pogonske jedinice, koji se direktno prenosi na mesto operatera.

Zaključak je da loše stanje pogonske jedinice (NEDOZVOLJENO) direktno utiče na kvalitet radnog mesta operatera. Poboljšanjem pogonskih karakteristika kroz adekvatno održavanje ovih sistema smanjuje se opasnost za radno mesto operatera i sprečava mogućnost pojave se oboljenja koja nastaju pri dugotrajnom izlaganju ovim vibracijama [3].

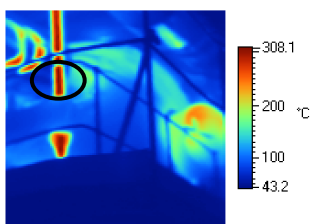
4.2 Primena termovizije u cilju identifikacije opasnosti i štetnosti na radnom mestu

Opasnost od površina, objekata, predmeta, alata ili materijala sa visokim ili niskim temperaturama: Dominantna metoda tehničke dijagnostike koja se koristi za identifikovanje pomenute opasnosti je infracrvena termografija. Veliki broj različitih komponenti i sistema može biti predmet IC termografskog ispitivanja u cilju utvrđivanja rasporeda temperaturskih polja i otkrivanja potencijalnog neregularnog zagrevanja. Površine, objekti, predmeti, alati i materijali sa visokim i niskim temperaturama su mesta sa opasnošću za radnike. Opasnost predstavlja direktno dejstvo te površine na telo čoveka, tj. stvaranje opekotina ili promrzlina.

Primer iz termoelektrane za površinu sa povišenom temperaturom, na najbolji način nam pokazuje veličinu opasnosti za ljude od tih površina i važnost primene infracrvene termografije u cilju identifikacije tih opasnosti.

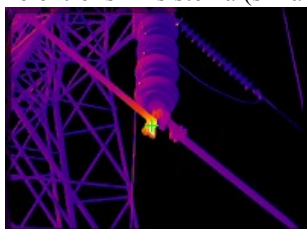
Ispitivanja, koja su vršena na izlazu iz ložišta kotla u termoelektrani, pokazuje nam površine sa

povišenom temperaturom, (preko 300°C). Merno mesto se nalazi na cevi (slika 4.3), čija najveća temperatura prelazi 308°C, i koja se nalazi neposredno uz platformu koja predstavlja stazu za radnike.



Slika 4.3 - Primer otkrivanja toplih površina termovizijom

Opasnost vezane za elektroinstalacije i električne opreme: Ispitivanje električnih i elektronskih komponenti i sistema predstavlja jednu od osnovnih oblasti primene IC termografije jer kao beskontaktna metoda merenja pruža najveći mogući stepen zaštite u odnosu na bilo koju drugu metodu. Sem toga, za razliku od mehaničkih sistema, temperatura je u principu jedini indirektni dijagnostički parametar koji se može koristiti kod električnih i elektronskih sistema (slika 4.4).



Slika 4.4 - Termografski snimak dalekovoda

Opasnost od hemijskih štetnosti u vazduhu: Postoje fluidi čije dejstvo može da bude štetno po čoveka. Neki gasovi kao što je freon mogu da izazovu gušenje ljudi. Kod energetskih sistema, prilikom prerade, transportovanja ili korišćenja energetskih fluida može doći do curenja koje može izazvati požar i eksploziju [4].

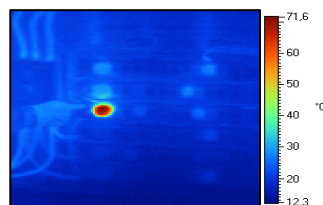
Na slici 4.5 prikazan je energetski sistem sa potencijalnim mestom curenja fluida.



Slika 4.5 - Termografske i digitalne fotografije mesta sa potencijalnim curenjem fluida

Primer opasnosti od požara: Termovizijskim ispitivanjama utvrđene su povišene temperature mernih mesta na razvodnom ormanu, koji se nalazi u pogonu karnaže. Pogon karnaže je specifičan po tome što postoje uslovi za nastanak požara, i najmanja neispravnost električne opreme može da dovede do požara.

Na slici 4.6, vidimo termografski i digitalni snimak osigurača koji se neregularno zagreva i predstavlja direktnu opasnost. Primenom IC termografije na jednostavan način otkrivamo mesta sa neregularnim zagrevanjem i uz adekvatne aktivnosti održavanja električnih komponenti, opasnost od požara možemo otkloniti.



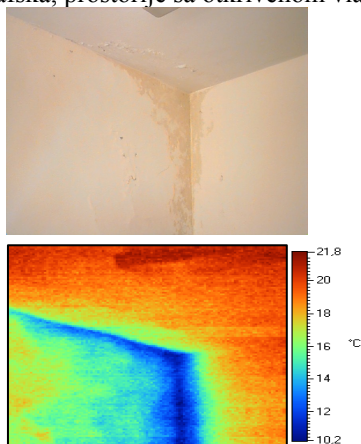
Slika 4.6 - Prikaz neregularnog zagrevanja osigurača

Štetnosti vezane za mikroklimatske uslove (temperatura, vlažnost i brzina strujanja vazduha): U današnja vremena većinu vremena provodimo u zatvorenom prostoru tj. na radnom mestu. Iz tog razloga kvalitet vazduha na radnom mestu ima značajan uticaj na zdravlje osobe koja u njoj boravi. Procenat vlage u prostoriji, pored koncentracije kiseonika, zagađenosti iritativnim česticama prašine, duvana, različitih gasova, je takođe veoma važan parametar.

Vlaga je postojala u našoj okolini mnogo ranije nego što je svest današnjeg čoveka uočila njeno postojanje u kućama i njenu štetnost. Uticaj vlage na zdravlje čoveka je, u zavisnosti od njene koncentracije u prostorijama u kojima se život

obavlja kao i izloženosti čoveka individualnim alergijskim reakcijama. Potencijalni zdravstveni problemi koji se javljaju kada je čovek izložen uticaju vlage, mogu nastati alergijske reakcije ili astma. Ovaj problem nije ograničen samo na domove. Komercijalne zgrade sa prisustvom vlage, stvorene tokom kondenzacije ili nekih curenja su jedan od razloga za širenje vlage.

Ispitivanje IC kamerom je brza, beskontaktna metoda za otkrivanje prisustva vlage u radnim prostorijama. IC ispitivanje ne otkriva direktno prisustvo vlažnosti, tačnije može biti korišćena za otkrivanje mesta gde se vlaga može javiti. Na slici 4.7 prikazane su fotografije, digitalna i termografska, prostorije sa otkrivenom vlagom.



Slika 4.7 - Digitalne i termografske fotografije vlage

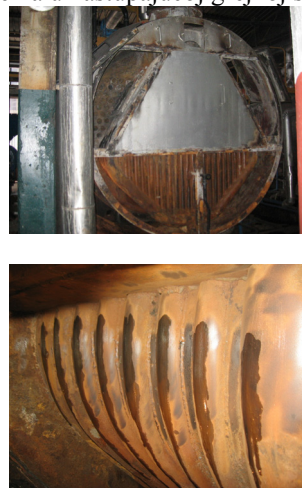
4.3 Primena metoda ispitivanja bez razaranja (ultrazvučne metode i videoskopske metode) u cilju identifikacije opasnosti i štetnosti na radnom mestu

Opasnost od sudova i instalacija pod pritiskom: Metode ispitivanja, mašinskih elemenata i sistema, bez razaranja imaju nezamenljivo mesto u tehničkoj dijagnostici. Upotrebom ovih metoda otkrivaju se različite vrste otkaza mašinskih, električnih i energetskih sistema.

Metode ispitivanja, mašinskih elemenata i sistema, bez razaranja imaju nezamenljivo mesto u tehničkoj dijagnostici. Upotrebom ovih metoda otkrivaju se različite vrste otkaza mašinskih, električnih i energetskih sistema.

Curenje gasova koji mogu da nanese čoveku štetne efekte (opekotine, trovanje), prilikom otkaza na energetskim sistemima predstavljaju velike opasnosti. Primenom metoda ultrazvučnog merenja debljine zidova cevi i detekcijom curenja štetnih materija, vrši se identifikacija potencijalnih opasnosti.

Primer merenja debljina zidova cevi ekranskog dela kotla (slika 4.8). Utvrđena je potreba za definisanjem stanja, odnosno utvrđivanjem stepena pohabanosti cevi na ekranskom delu kotla. Cevi su od čelika Č.1214 i prema tehničkoj dokumentaciji dimenzija $\varnothing 57 \times 4,0$. Merenja su vršena u cilju određivanja raspoloživog resursa navedenih cevi i po potrebi sprovođenja remontnih aktivnosti kako bi se obezbedila visoka eksploataciona pouzdanost ovog tehničkog sistema u nastupajućoj grejnoj sezoni.



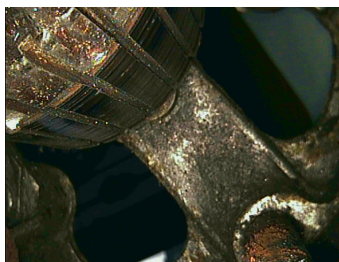
Slika 4.8 - Fotografije kotla sa mernim mestima

Na osnovu svih rezultata ispitivanja zaključeno je da će raspoloživi resurs debljine zida cevi obezbediti visoku eksploatacionu pouzdanost ekranskom delu kotla. Prevelika istrošenost ovih cevi bi mogla da dovede do havarije na kotlu i da stvori opasnost za bezbednost radnika, što u ovom primeru nije slučaj, jer smo utvrdili da je istrošenost cevi u dozvoljenim granicama.

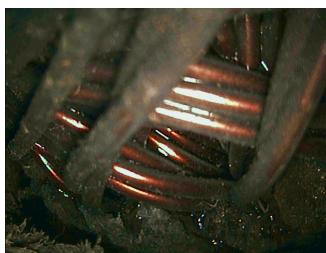
Zbog složenosti savremenih tehničkih sistema, a u cilju identifikacije opasnosti na radnom mestu, neophodna je primena videoskopije radi pregleda površina nedostupnih ljudskom oku. Korišćenjem savremenih videoscopa možemo izvršiti pregled skrivenih površina bez demontaže savremenih sistema i prekidanja procesa rada.

Primenom videoskopske dijagnostike moguće je u zatvorenom, neosvetljenom i skućenom prostoru, pouzdano otkrivanje, merenje, registrovanje i arhiviranje: oštećenja, prslina, zareza, deformacija, lomova, korozije, erozije, izgoretina, gubitka zaštitnih prevlaka, naslaga, promena boje, oštećenje električne instalacije i sl.

Primena videoskopije u cilju identifikacije opasnosti ima veoma široku primenu kod svih skrivenih površina i kod otkrivanja širokog spektra opasnosti koje dovode do katastrofalnih posledica (eksplozije i požari kod električnih instalacija kao i različitih sudova i instalacija).



Slika 4.9 - Videoskopski snimak unutrašnjosti elektromotora



Slika 4.10 - Videoskopski snimanamotaja rotora elektromotora



Slika 4.11 - Videoskopski snimak unutrašnjosti vodovodne cevi

Na slikama 4.9, 4.10, 4.11 prikazani su primeri primene videoskopije.

4. ZAKLJUČAK

Najveći problem procene rizika a samim tim i identifikacije opasnosti i štetnosti na radnim mestima je to što se procena u nekim slučajevima bazira na subjektivnim analizama lica koje je zaduženo za taj posao.

Značaj primene tehničke dijagnostike u cilju identifikacije opasnosti se ogleda i u tome što se njenom primenom na pravilan način vrši identifikacija opasnosti. Nakon toga se određuju preventivne aktivnosti čime se smanjuje opasnost. Krajnji cilj ovog rada je otklanjanje opasnosti i štetnosti po radnika na radnom mestu i poboljšanje uslova za rad.

5. LITERATURA

[1] Jeremić B., Todorović P., Mačužić I., Koković V., *Tehnička dijagnostika*, Mašinski fakultet Kragujevac, Srbija 2006.

[2] Tomović D., Mačužić I.: *Priručnik za polaganje stručnog ispita o praktičnoj osposobljenosti lica za obavljanje poslova bezbednosti i zdravlja na radu i poslova pregleda i ispitivanja opreme za rad i ispitivanja uslova radne sredine*; Mašinski fakultet u Kragujevcu u saradnji sa „TDF PREVING“ iz Kragujevca; Kragujevac 2006.

[3] Jeremić B., Mačužić I., Todorović P., *Strategija održavanja tehničkih sistema i kvalitet radnog mesta i radne okoline*, Festival kvaliteta , Kragujevac , Srbija 2007

[4] Romero M. Phillip, *Finding flue gas leaks using infrared thermography*.