

*Rezime:*

*Sve veći zahtevi u pogledu upotrebnog kvaliteta i ekonomičnosti traže i stalno usavršavanje nauke o održavanju tehničkih sistema i odgovarajućih inženjerskih postupaka održavanja. Najveći značaj u ovom okviru imaju metode održavanja zasnovane na riziku, koje se poslednjih godina razvijaju, posebno za održavanje tehničkih sistema velike složenosti i velikih rizika. Očekuje se da će uskoro biti na raspolaganju i evropski standardi za održavanje na bazi rizika, koji će omogućiti veću raspoloživost, manje troškove održavanja i manje rizike ekonomskog, ekološkog i drugog karaktera.*

*Ključne reči: održavanje, pouzdanost, raspoloživost, troškovi, rizik.*

---

DEVELOPMENT OF THE SCIENCE OF TECHNICAL SYSTEM  
MAINTENANCE

*Summary:*

*Increasing demands for quality of service and cost-effectiveness require permanent improvement of the maintenance science and engineering methods for maintenance of complex engineering systems. Most significant are risk-based maintenance methods being developed over the last few years in particular for complex high risk systems. New European standards on risk-based maintenance will be soon available, providing a higher readiness, lower expenses and lower risks regarding economy, ecology and other influences.*

*Key words: maintenance, reliability, readiness, expenses, risk.*

---

**Uvod**

Intenzivan razvoj tehnologije u svim sektorima društva nametnuo je potrebu detaljnog i sveobuhvatnog izučavanja svih fenomena i činilaca koji određuju uspešnost rada sistema. To je dovelo do

snažnog razvoja niza novih naučnih disciplina, usmerenih na izučavanje pojedinih svojstava sistema, odnosno do tzv. sistemskih nauka. Korisno je da se posebno ukaže na razvoj teorije pouzdanosti, kao naučne discipline koja se bavi problemima ispravnog funkcionisanja tehničkih sistema, na kojoj se danas temelje skoro svi prilazi u razvoju, proizvodnji i korišćenju tehničkih sistema.

---

\* Rad predstavlja integralni tekst predavanja koje je autor održao po pozivu na Simpozijumu SIMOPIS oktobra 2002. godine na Tari, a koji je u Zborniku sa ovog simpozijuma štampan u izvodu.

Teorija pouzdanosti izučava otkaze tehničkih sistema u realnim uslovima rada i, s obzirom na to da je pojava otkaza tokom vremena izrazito slučajna kategorija, teorija pouzdanosti koristi matematičke metode koje operišu slučajnim pojavama i procesima, tj. pre svega teoriju verovatnoće i statističke metode.

Neposredno vezano za teoriju pouzdanosti formirala se poslednjih godina i teorija održavanja – naučna disciplina koja izučava procese koji se odvijaju kada je tehnički sistem u otkazu. Pošto su i činioци koji određuju procese tokom stanja sistema u otkazu stohastičkog, odnosno slučajnog karaktera, i teorija održavanja koristi iste matematičke metode kao i teorija pouzdanosti. Kao i pri razvoju novih tehničkih sistema, i u procesima izučavanja procesa stanja u otkazu koriste se i druge metode, često zasnovane na empiriji ili iskustvu. Otuda se, uporedo sa teorijom održavanja, može govoriti i o inženjerskoj disciplini – inženjerstvu održavanja [1].

### **Kriterijumi i metode upravljanja održavanjem**

Teorija i inženjerstvo održavanja se poslednjih godina stalno usavršavaju i razvijaju. Osnovni pravci ovog razvoja usmereni su na definisanje postupaka i kriterijuma optimizacije koji će omogućiti najpovoljnije odnose performansi sistema održavanja, odnosno pouzdanosti i raspoloživosti tehničkog sistema koji se održava i troškova održavanja. Teži se da pouzdanost i raspoloživost budu što veći, a troškovi što manji. To je i osnovni zadatak ovih naučnih, odnosno inženjerskih

disciplina. Ovaj zadatak se ostvaruje razvojem odgovarajućih metoda upravljanja održavanjem.

Pod metodom upravljanja održavanjem, koja se često kratko zove samo metoda održavanja, podrazumeva se koncept tehnologije rada usmeren ka dostizanju željenih izlaznih karakteristika sistema održavanja, koje su određene odgovarajućim kriterijumima optimizacije. Postoji više metoda održavanja koje su se afirmisale u dosadašnjoj praksi, a najveću pažnju zaslužuju metode poznate pod skraćenicama RCM i TPO.

*Metoda RCM* (Reliability Centered Maintenance – Održavanje prema pouzdanosti ili OPP) jedna je od najčešće citiranih, pa verovatno i najviše primenjenih. Definisana je i odgovarajućim međunarodnim standardima [2] a zahteva snažnu informatičku podršku, bogate baze podataka o svim performansama pouzdanosti, raspoloživosti, gotovosti i drugim svojstvima sistema. Iako baze podataka za primenu metoda RCM često sadrže i podatke o ranijim postupcima održavanja, njihovom efektu, trajanju, troškovima i drugim relevantnim elementima (uticaji na okolinu, zaštitu ljudi i njihovog zdravlja itd.), presudni uticaj na donošenje odluka o tome kada, gde i koje postupke održavanja treba sprovesti imaju zahtevi pouzdanosti. Drugim rečima, cilj rada po ovoj metodi je obezbeđivanje zahtevanog nivoa pouzdanosti, dok troškovi, uticaj na okolinu i eventualno drugi elementi imaju karakter ograničenja. Pri tome, odluke o održavanju donose kompetentni i posebno zaduženi radnici, dobro verzirani za dotični sistem i proces njegovog korišćenja.

Održavanje po metodi RCM traži velika sredstva, snažne računare i visokosofisticirane softvere. Upravo radi toga ova metoda se koristi samo tamo gde je to posebno važno, za održavanje sistema visoke složenosti, velike odgovornosti i velikih rizika od posledica iznenadnih otkaza i havarija (za termoenergetska, nuklearna i procesna postrojenja, ali i u vazдушnom saobraćaju, sistemima odbrane, telekomunikacija, informatike, itd.). Pored potrebnih velikih ulaganja ovo je uslovljeno i samom prirodom i karakteristikama sistema koji treba da se održava. Naime, da bi se metodom RCM donosile odluke o održavanju predmetni sistem treba da se prati i analizira u dužim periodima, uz stalna upoređenja sa drugim sličnim sistemima, koji rade pod istim ili nekim drugim uslovima. Potrebna je, dakle, homogena baza, statistički signifikantnih podataka. To je teško, pa i nemoguće obezbediti ako se radi o heterogenim sistemima promenljive strukture, kakvi su, na primer, veliki vozni parkovi sastavljeni od različitih vozila, različite starosti i karakteristika, a i većina metaloprerađivačkih pogona, struktuiranim sa velikim brojem različitih, obično unikatnih mašina.

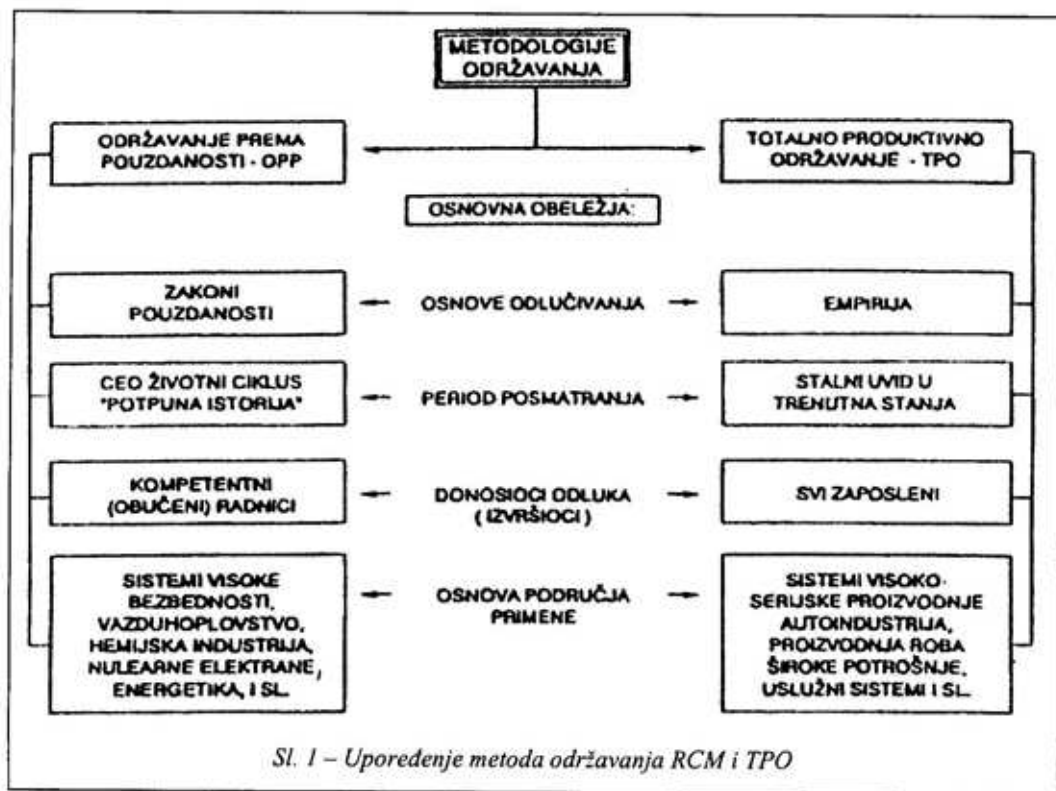
*Metoda TPM* (Total Productive Maintenance – Totalno produktivno održavanje ili TPO) preporučuje se i široko primenjuje za složene heterogene sisteme, kakvi su najčešće industrijski metaloprerađivački pogoni. To je znatno jednostavnija metoda, veoma je fleksibilna i traži manja ulaganja. Ona je u suštini empirijska i zasniva se na iskustvu radnika koji rade sa dotičnim sistemom, kao rukovaoci, kontrolori, tj. na svim mesti-

ma koja su direktno ili indirektno vezana za rad sistema. Pri tome se podrazumeva da svi ovi radnici imaju znanja da u svakom trenutku ocene stvarno stanje sistema i njegovih elemenata, odnosno da utvrde da li sve funkcioniše kako treba, a posebno da ocene da li ima nagoveštaja da će uskoro doći do nekih poremećaja ili otkaza. U ovom slučaju nisu potrebne precizne informacije o pouzdanosti sistema i njegovih elemenata, ali su vrlo korisne baze podataka o prethodnim postupcima održavanja, o tome zašto su i kada određeni postupci sprovedeni i kakav je bio njihov efekat. Drugim rečima, i upravljanje održavanjem po metodi TPM takođe se zasniva na kriterijumima pouzdanosti i raspoloživosti, uz analizu troškova kao bitnog ograničenja, ali odluke o održavanju mogu da se donose i bez detaljnog poznavanja zakona pouzdanosti.

Na slici 1 je, radi boljeg uočavanja specifičnih obeležja ove dve osnovne metode, prikazano jedno sasvim pojednostavljeno upoređenje [3].

Pored metoda RCM i TPO u literaturi se pominju i neke druge, više ili manje slične, odnosno zasnovane na ovim osnovnim. Iz ovog okvira korisno je da se pomenu metode ROM i OCM.

*Metoda ROM* (Results Oriented Maintenance – Održavanja prema rezultatima rada ili OPRR) nedavno je predložena za određene, pretežno proizvodne sisteme. Suštinski predstavlja izvestan kompromis između metoda RCM i TPM. U ovom slučaju osnovne odluke o održavanju donose se na bazi podataka koji se dobijaju brižljivim statističkim praćenjem rezultata rada sistema, na primer tačnosti izrade delova ili kvaliteta izlaznog proizvoda, ali



uz nastojanje da se pri tome, ukoliko su raspoložive, koriste i baze podataka o pouzdanosti i ranijim postupcima održavanja, makar bile i ograničenog obima i nedovoljne statističke signifikantnosti. Po nekim mišljenjima za većinu proizvodnih pogona metoda ROM je najpogodnija i najekonomičnija, pošto se postupci održavanja preduzimaju samo onda kada je to zaista nužno.

*Metoda OCM* (Operation Centered Maintenance – Održavanje prema radu ili OPR) slična je prethodnoj i, takođe, predstavlja određeni kompromis između metoda RCM i TPM. Bitna je razlika u odnosu na prethodne da je po metodi OCM za donošenje odluka o održavanju pored statističkih podataka o prethodnom radu sistema, posebno sa stanovišta re-

zultata radnih procesa, i raspoloživih podataka o zakonima pouzdanosti (obično ograničene statističke signifikantnosti), koriste i verbalni iskazi. Drugim rečima, metoda OCM, koja je kod nas predložena ali još uvek nedovoljno razvijena, uključuje i elemente fazi logike [3]. To se iskazuje odgovarajućom obradom ocena ili zapažanja radnika o svim pojavama tokom procesa rada, i to svih radnika koji učestvuju u ovom procesu. Šematski prikaz metode „Održavanje prema radu“ dat je na slici 2 [3].

### Rizik – novi kriterijum optimizacije

Kao što se iz kratkog prikaza metoda održavanja vidi, danas se u upravlja-



Sl. 2 – Šematski prikaz metode održavanja OCM

nju održavanjem osnovna pažnja usmerava na obezbeđenje zahtevane pouzdanosti i raspoloživosti, a tek zatim i na posledice ovih neželjenih događaja. Pokazalo se, međutim, da je znatno bolje da se oba ova činioca, odnosno verovatnoće pojave neželjenih događaja i posledice ovih događaja posmatraju istovremeno. To znači da upravljanje održavanjem treba vršiti na bazi rizika, koji objedinjuje obe suštinski bitne karakteristike. Rizik se, naime, definiše kao proizvod verovatnoće nastanka neželjenog događaja i posledica ovog događaja [4, 5, 6]:

$$\text{rizik} = \text{verovatnoća} \times \text{posledice}$$

Treba napomenuti da ovako definisan pojam, odnosno koncept rizika, sa teorijskog, odnosno matematičkog stanovišta izaziva izvesna podozrenja i nerazumevanja, a usvojeni načini kvantifikacije rizika mogu da zbune ne samo laike već i stručne ljude [4]. Osnovna zamerka, tj. glavni razlog nerazumevanja je u činjenici da se rizik prema ovom konceptu izražava kao proizvod dve komponente; jedne koja je realna (posledice) i druge koja je imaginarna, odnosno koju je čovek definisao i nazvao verovatnoća [4]. Međutim, i pored ovih svakako nespornih za-

merki, opšte je prihvaćeno da je ovako iskazan koncept rizika dobar i da omogućava upravljanje rizikom na efikasan i svrsishodan način.

Nesporno je da je rizik nešto čime se suočavamo iz dana u dan. Svesno ili nesvesno ljudi stalno donose odluke zasnovane na riziku, pa se analizama rizika poklanja sve više pažnje u svim oblastima života. Tvrdi se da su se metode analize rizika nametnule kao efikasni i sveobuhvatni postupci koji dopunjuju ili zamenjuju upravljačke metode u skoro svim sektorima – u zdravstvenoj zaštiti, zaštiti okoline, osiguranju, upravljanju vodenim i energetske resursima, transportu, itd. [4]. Rizik je postao ekonomski, javni i politički problem. Na neki način, rizik ima svoju tržišnu vrednost, svoje tržište, kupce i prodavce. Oni koji investiraju u smanjenje rizika očekuju ekonomski merljive koristi. To znači da je važnije da se rizik identifikuje i da se njime na pravi način upravlja, nego da se insistira na smanjenju ili eliminaciji rizika *po svaku cenu*. To je nova filozofija upravljanja složenim sistemima, tzv. *Upravljanje prema riziku* ili *Risk Based Management* [7].

Logično je da se koncept rizika primeni i u upravljanju održavanjem tehničkih sistema. Pri tome se podrazumeva da se kao posledice pojave otkaza, ili drugih poremećaja posmatranog tehničkog sistema, moraju posmatrati ne samo troškovi prekida rada, opravke, poslovnog ugleda i sl., već i drugi važni faktori, kao što su zaštita zdravlja i života ljudi, uticaji na zagađenje okoline, zemljišta, vode i vazduha, i drugi.

Metode održavanja na bazi rizika nisu zamena za opisane metode, već suštinski predstavljaju njihovu važnu i korisnu

dopunu. Osim toga, upravljanje održavanjem na bazi rizika usmerava se, pre svega, na preventivno održavanje prema stanju, i to posebno na obavljanje tehničkih pregleda posmatranog sistema, odnosno na donošenje odluka šta, gde, kako i kada treba pregledati. Zato se metode održavanja na bazi rizika često zovu i metode *tehničkih pregleda na bazi rizika*.

Suština metoda održavanja, odnosno tehničkih pregleda na bazi rizika, može najbolje da se objasni na primeru. Ukoliko se na osnovu izučavanja pouzdanosti utvrdi da jedna komponenta ima nisku pouzdanost, metodom održavanja prema pouzdanosti (RCM) definišaće se tehnički pregledi i/ili preventivne zamene te komponente u određenim intervalima. To će izazvati određene troškove održavanja. Ukoliko su, međutim, posledice otkaza te komponente veoma male, ukoliko se opravka može izvršiti brzo, lako i bez velikih troškova, i ukoliko se ovim otkazom ne izazivaju značajni negativni efekti na rad sistema, tj. ukoliko je rizik pojave tog događaja sasvim mali ili zanemarljiv, u programu tehničkih pregleda na bazi rizika ova komponenta će biti zanemarena. Drugim rečima, usvojiće se da se ovi otkazi rešavaju korektivnim održavanjem. Tako će se ostvariti i zadovoljavajuća raspoloživost, a troškovi održavanja biće manji.

### **Metode upravljanja održavanjem na bazi rizika**

Poslednjih godina intenzivno se radi na razvoju metoda upravljanjem održavanja na bazi rizika. Neke od metoda održavanja na bazi rizika već su dovoljno

razvijene da bi mogle da se primenjuju, a veći broj nalazi se u fazi razvoja, odnosno projekta.

*Metoda RBI* (Risk-Based Inspection – Tehnički pregledi na bazi rizika) jedna je od prvih, najviše citiranih i korišćenih metoda održavanja na bazi rizika. Metoda RBI razvijena je u Američkom institutu za naftu (American petroleum institute – API) i definisana je standardom API 581 [5]. Osnovni cilj i zadatak ove metode jeste da se definišu odgovarajući programi tehničkih pregleda za posmatrani tehnički sistem, tako da se na bazi detaljnih analiza:

- identifikuju, ocene i rangiraju svi rizici sa stanovišta prekida radnog procesa, bezbednosti i sigurnosti radnika, uticaja na zdravlje i živote ljudi i uticaja na bližu i daljnju okolinu;

- odrede mere koje treba da se preduzmu da bi se značajni rizici smanjili, odnosno da bi se smanjila verovatnoća i/ili posledice tih događaja, i to sa troškovima koji se mogu prihvatiti.

To govori da rad po metodi RBI obuhvata najpre detaljnu analizu svih mogućih otkaza, a posebno onih koji se manifestuju postepenim slabljenjem ugrađenih elemenata (zamor, korozija, habanje i slično). Drugim rečima, tehničkim pregledima ne može da se utiče na rizik pojave otkaza koji su izazvani nekim spoljnim, vanrednim uticajima (požar, preopterećenje, dinamički udar, i sl.) ili koji su rezultat pogrešne konstrukcije, neispravnosti kontrolnih instrumenata, greške čoveka, itd.

Pošto se procene nivoi ili odrede vrednosti rizika za sve kritične događaje i elemente sistema koji se posmatra, važan deo metode RBI predstavlja njihovo

rangiranje, odnosno tzv. „prosejavanje“ ili „screening“. Suština je u tome da rizik posmatranog sistema zavisi od rizika pojave neželjenih događaja na pojedinim elementima ili delovima sistema. Osim toga, ne mora svaki otkaz postrojenja da izazove krupne i ozbiljne posledice po sigurnost, ekonomiju ili okolinu. Ako neki otkazi imaju potencijalno ozbiljne posledice, ali ukoliko je verovatnoća njihove pojave mala, tada je i rizik mali, pa nije nužno da se odmah preduzimaju postupci održavanja ili druge hitne akcije. Nasuprot tome, ako je kombinacija verovatnoće i posledica dovoljno velika, tj. ako je rizik na nivou koji ne može da se toleriše, tada treba da se preduzmu akcije pomoću kojih će se ovakvi događaji unapred predvideti i sprečiti.

Po ovoj metodi cilj tehničkih pregleda na bazi rizika je merenje i upravljanje rizikom. Pri tome, napor koji se ulaže u program jednog tehničkog pregleda treba da se oblikuje tako da se omogući optimizacija odnosa između rizika i ulaganja u tehnički pregled. Metoda RBI nudi dva osnovna alata za postizanje ovog optimuma; kvalitativni i kvantitativni, kao i razna međurešenja, polukvalitativne i polukvantitativne alate.

Osnovna razlika između kvalitativnih i kvantitativnih prilaza ogleda se u nivou rezolucije. Kvalitativni postupak traži manje detaljne informacije o postrojenju i, kao rezultat toga, manje su mogućnosti za uočavanje razlika između pojedinih komponenata, tj. za ocenu njihove kritičnosti. Radi toga se ova tehnika normalno koristi za rangiranje složenih komponenata ili većih delova sistema, kako bi se na toj osnovi omogućile dalje – kvantitativne analize na nižim nivoima.

Kvantitativnom RBI analizom treba da se odrede rizici za svaki važan ili kritičan deo sistema.

Kvantitativna analiza obuhvata niz proračuna, pomoću kojih se ocenjuje verovatnoća i posledice svakog pojedinačnog važnog otkaza, odnosno odgovarajući rizik. Za to se koriste i svi drugi raspoloživi podaci, na primer baze podataka o pouzdanosti sastavnih elemenata koje se koriste u metodi upravljanja održavanjem na bazi pouzdanosti RCM. Ima i tendencija da se metoda RCM poveže sa programom RBI, što bi trebalo da da kao rezultat jedan integrisani program za ocene verovatnoća pojave otkaza i rizika, a time za smanjivanje vremena u otkazu elemenata i sistema u celini.

U više priloga standarda API 581 prikazana su sva potrebna uputstva, upitnici, tablice i objašnjenja za praktičnu primenu i kvalitativnih i kvantitativnih prilaza metoda RBI. To pretpostavlja i postojanje snažnog softvera, bez čije podrške primena metoda RBI nije moguća.

*Metoda RBLM (Risk-Based Life Management – Upravljanje vekom na bazi rizika)*, koja je razvijena na Institutu MPA Univerziteta u Štutgartu [6], suštinski predstavlja jednu praktičniju verziju metoda RBI. Ona je neposredno usmerena na upravljanje vekom trajanja kritičnih komponenata složenih sistema. I ova metoda ima za cilj definisanje optimalnih programa tehničkih pregleda, orijentacijom na kritične elemente najvišeg rizika. I u ovom slučaju se analiziraju rizici za sve komponente sistema, pa se rangiranjem, odnosno „screeningom“ određuju kritične komponente na koje treba da se obrati najveća pažnja.

U praktičnoj primeni metoda RBLM se svodi na određivanje rizika za svaku važnu, odnosno kritičnu komponentu sistema, što se realizuje tzv. D-modelom, ili RCLM postupkom (Risk-informed Component Life Management). Uz pomoć snažnog računarskog programa ALIAS (Advanced modular intelligent Life Assessment Software System)  $\Delta$ -model daje podatke koji imaju praktično upotrebljivu vrednost.

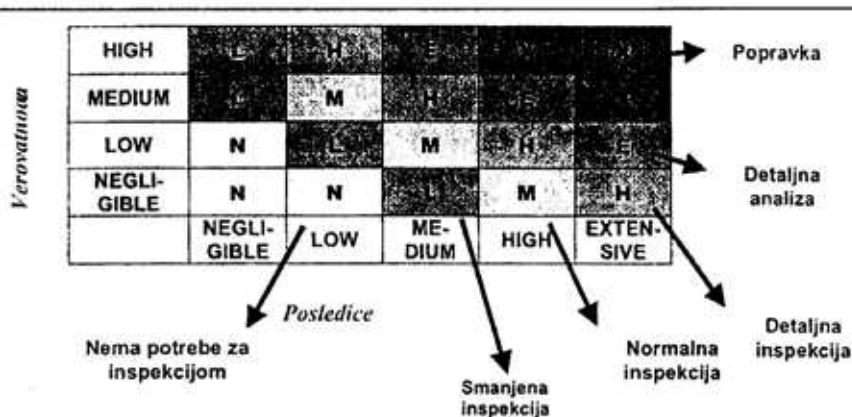
*Projekat RIMAP (Risk-Based Inspection and Maintenance Procedures – Postupci tehničkih pregleda i održavanja na bazi rizika)* predstavlja narednu fazu u razvoju metoda upravljanjem održavanjem na bazi rizika, odnosno novi projekat koji se realizuje u okviru Evropske zajednice [7]. Ovaj projekat se u velikoj meri zasniva na metodama RBI, odnosno RBLM, ali je značajno da se u samom nazivu projekta eksplicitno ukazuje na to da ova metoda definiše ne samo postupke tehničkih pregleda na bazi rizika već i druge postupke održavanja koji se na ovoj osnovi preduzimaju (zamene delova, popravke, rekonstrukcije ili poboljšanja). Cilj projekta je da se razviju smernice za donošenje odluka na bazi rizika za tehničke preglede i održavanje, koje treba da budu osnova za evropski standard u ovoj oblasti. Pri tome se ima u vidu da između SAD i Evrope u vezi sa primenom metoda odlučivanja na bazi rizika, postoje značajne razlike. Pored ostalog, u SAD na ovim pitanjima radi više jakih organizacija, dok u Evropi ovakvih inicijativa još nema. Većina inicijativa u SAD motivisana je profitom, dok se u Evropi na ova pitanja gleda, pre svega, sa stanovišta uvođenja odgo-

varajuće pravne ili normativne regulative [8].

Na projektu RIMAP radi konzorcijum od preko 30 firmi, koje predstavljaju važan deo evropske industrije. Među njima su Det Norske Veritas, Bureau Veritas, MPA Štuttgart, TÜV SÜddeutschland, TNO Holland, Siemens AG, Exxonmobil Chemical, The Dow Chemical, Bay Zoltan Foundation Hungary, Electricite de France, MIT GmbH, Total Fina Elf i drugi. Pored toga, projekat RIMAP podržava Evropska komisija preko svoje Generalne direkcije za zajedničke razvojne programe (EC JRC – European Commission Joint Research Centre) i neke druge međunarodne organizacije. Od nedavno na projektu saraduje, kao posmatrač, i kompanija Dunav PREVING iz Beograda.

U metodi održavanja na bazi rizika, koja se razvija u okviru projekta RIMAP, za analizu rizika primenjuju se isti postupci kao i u metodama RBI i RBLM. Za kvalitativne analize vrši se rangiranje, odnosno „screening“ rizika sa stanovišta nivoa verovatnoća i nivoa posledica. Za to se mogu koristiti matrice rizika, kako je objašnjeno na slici 3, za 4 nivoa verovatnoća i 5 nivoa posledica. Na ovoj slici sa N je označen rizik koji ne traži posebne programe tehničkih pregleda, L označava potrebu pregleda manjeg, a M srednjeg ili normalnog obima. H su rizici koji traže detaljne programe tehničkih pregleda, a E rizici koji treba da se, pored pregleda, i detaljno analiziraju (proračuni, ispitivanja). Nivo rizika označen sa X je neprihvatljiv i traži preduzimanje radikalnih mera, rekonstrukciju, pa i promenu koncepta primenjenih rešenja.





Sl. 3 – Matrica rizika

Na projekat RIMAP direktno se nastavlja i projekat PREVING, koji se razvija u kompaniji Dunav PREVING u saradnji sa firmom STC R-Tech iz Nemačke [9]. Cilj ovog projekta je razvoj metode PREVING, koja treba da bude usmerena na poboljšanje postupaka procene rizika koji se danas koriste u osiguranju. Zato je projekat PREVING, pored povezanosti sa projektom RIMAP, zasnovan i na višegodišnjem iskustvu ove kompanije u proceni šteta i rizika u industriji, transportu i skladištenju [10].

Projekat MACRO je, takođe, usmeren na razvoj novih i unapređenih metoda održavanja tehničkih sistema. Ovaj projekat pokrenut je 1999. godine u okviru programa EUREKA, poznatog globalnog projekta Evropske unije. Za naziv projekta usvojena je skraćenica MACRO, što odgovara njegovom punom nazivu (Maintenance-Cost-Risk-Optimization – Optimizacija održavanja sa stanovišta troškova i rizika) [11]. Iz ovog naziva vidi se da je cilj projekta razvoj sofisticiranih metoda održavanja, pomoću kojih će se iz sistema održavanja izbaciti „nagađanje“ šta i kada treba da se radi, tj. pomoću koga će se odlučiva-

nje o održavanju zasnivati na objektivnim kriterijumima, tako da se uz što manje troškove obezbede i što manji rizici pojave štetnih događaja i njihovih posledica.

Projekat MACRO je koncipiran kao opšti projekat za sve vrste tehničkih sistema, za sve proizvođače i korisnike. Planiran je sa sredstvima od preko 2 miliona dolara, a u njegovoj realizaciji učestvuje veliki broj kompanija iz svih zemalja Evropske unije. U informacijama o radu na ovom projektu navodi se da su već u prvim godinama ostvareni veoma dobri rezultati u mnogim kompanijama. U jednoj od vodećih kompanija železničkog saobraćaja u Velikoj Britaniji firmi RAIL-TRACK, na primer, primenom metoda koje se razvijaju u okviru projekta MACRO već u prvim godinama znatno su smanjeni troškovi održavanja, uz povećanje sigurnosti i bezbednosti.

## Zaključak

Visoki zahtevi u pogledu upotreb-  
nog kvaliteta i ekonomičnosti složenih  
tehničkih sistema nameću potrebu stal-

nog usavršavanja nauke o održavanju tehničkih sistema i odgovarajućih metoda inženjerstva održavanja. U ovom okviru posebno su značajne nove metode održavanja zasnovane na riziku, koje čine deo ukupne filozofije *Upravljanja na bazi rizika*, odnosno *Risk-based management*, koja danas preovlađuje u opštoj inženjerskoj i poslovnoj praksi. U radu se ukazuje na najvažnije dosadašnje aktivnosti u ovom pravcu u svetu, posebno na metode koje uskoro treba da se formulišu u vidu evropskih standarda.

*Literatura:*

- [1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, JUMV, Beograd, 1993.
- [2] Reliability Centered Maintenance, IEC Draft 56 (Sec.) 317, 1990.
- [3] Todorović, J.: Održavanje tehničkih sistema – nauka ili veština, Zbornik Simpozijuma SIMOPIS – 94, Kotor, 1994.
- [4] Haimes, Y.: Risk Modelling, Assessment and Management, John Willey and Sons, New York, 1998.
- [5] Base Resource Documentation – Risk-Based Inspection, API Publication 581, 1998.
- [6] Risk-Based Life Management (RBLM) of critical components in power and process plants, MPA, Stuttgart.
- [7] Jovanović, A.; Auerkari, P.: Practical determination of probability of failure (PoF) and corresponding risks in RIMAP project, Zbornik 10. savetovanja PREVING, Beograd, 2002.
- [8] Bareiss, J. M.: Results and experience from use of risk based methods in maintenance of power plants, Zbornik 10. savetovanja PREVING, Beograd, 2002.
- [9] Vujović, R.; Jovanović, A.; Todorović, J.: Unapređenje metoda upravljanja rizikom u industrijskim postrojenjima, Zbornik 10. savetovanja PREVING, Beograd, 2002.
- [10] Vujović, R.; Todorović, J.; Stanković, M.: Upravljanje rizikom i osiguranje u industriji, transportu i skladištenju, Zbornik 9. savetovanja PREVING, Beograd, 2001.
- [11] Savings that couldn't be guessed at Professional engineering, London, No. 24, May, 2000.