



AUTOMATIZOVANO UPRAVLJANJE LABORATORIJSKIM ANALIZAMA – InLAB

AUTOMATISED CONTROL OF LABORATORY ANALISES - InLAB

mr Vlado Krunić¹⁾

Sadržaj: Kao što se iz naslova može zaključiti, rad opisuje strukturu i ponašanje sistema automatizovanog upravljanja laboratorijskim analizama. Ispitivanje fizičkih i hemijskih karakteristika supstanci, su značajan deo procesa realizacije proizvoda u mnogim industrijskim sistemima. Neki procesi zahtevaju laboratorijsko ispitivanje desetine ili stotinu uzoraka dnevno, radi utvrđivanja vrednosti pojedinih karakteristika datih materijala i njihovog poređenja sa definisanim granicama kvaliteta. Rezultati ispitivanja se često koriste za statistička ispitivanja i upravljanje kvalitetom proizvoda, kao i za potvrđivanje kvaliteta. Rezultati ispitivanja serije probnih uzoraka u procesu razvoja proizvoda su od velikog značaja za određivanje granica kvaliteta komercijalnog proizvoda. Bez računarske podrške, sistematizacija i primena rezultata laboratorijskih ispitivanja bi bila teška i nedovoljno kvalitetna. U radu je prikazan InLAB softver koji je razvijen i primenjen u Rafineriji nafte Novi Sad.

Abstract: As it is shown in the title, the study details the structure component and behavior of automatized control of laboratory analyses system. Inspection of physical and chemical substance characteristics makes an important part of many industrial system product realization processes. Some processes require testing of dozens and hundreds of samples daily, in order to determine the value of the material characteristics and compare it with the established quality limits. Testing results are often used for statistics inspection and production quality management as well as quality confirming. Results of test samples series inspection in the course of production developing process are extremely important for establishing limits of commercial product quality. Systematization and application of laboratory tests results would be extremely difficult and of poor quality without the computer support. The study describes InLAB software which has been developed and applied in Novi Sad Oil Refinery.

1. UVOD

Ispitivanje fizičkih i hemijskih karakteristika datih supstanci, su obavezni deo procesa zastupljenih u mnogim privrednim oblastima. U nekim industrijskim procesima dnevno se ispituje na desetine ili čak stotine uzoraka u cilju utvrđivanja vrednosti pojedinih karakteristika i njihovog poređenja sa definisanim kvalitativnim parametrima. Kada se uzme u obzir, da se za svaki uzorak često radi više različitih analiza, zaključuje se da je potrebno svakodnevno operisati sa velikim brojem podataka, koje uz to treba, po potrebi, grupisati prema raznim kriterijumima, analizirati, primenjivati i na kraju arhivirati na način koji omogućuje brz i selektivan pristup.

U procesnoj industriji se standardno rade laboratorijska ispitivanja ulaznih materijala, zatim ispitivanja probnog (prvog) uzorka, ispitivanja materijala u procesu i na kraju ispitivanja finalnih proizvoda. Sistematizacija rezultata laboratorijskih ispitivanja i distribucija izveštaja bi bio izuzetno obiman i složen posao, bez računarske podrške. Osnovna ideja koja treba da oblikuje model za automatizaciju laboratorijskih ispitivanja, sistematizaciju rezultata i distribuciju izveštaja, je zasnovana na klijent/server arhitekturi softverskog rešenja i relacionoj bazi podataka.

2. ZAHTEVI

Struktura relacione baze podataka treba da omogući jednostavno korišćenje i ažuriranje

1) Mr Vlado Krunić, NIS - Rafinerija nafte Novi Sad

podataka o materijalima koji se ispituju, zahtevanim laboratorijskim analizama i metodama, granicama kvaliteta zahtevanih karakteristika materijala, kao i svih drugih podataka relevantnih za automatsku sistematizaciju rezultata i distribuciju izveštaja.

Model treba da omogući automatsko poređenje rezultata laboratorijskih analiza sa predviđenim parametrima kvaliteta uz velike mogućnosti definisanja korisnih selekcija rezultata i njihovu primenu u sistemu menadžmenta kvalitetom (QMS). Matrica rezultata serije ispitanih uzoraka treba da bude osnova statističkih analiza i automatskog prikaza trendova po izabranim karakteristikama uzorka (vrsta ili kolone matrice). Selektivnim prikazom pojedinih trendova otvara se mogućnost automatskog podešavanja procesnih parametara koji utiču na trend u cilju promene kvaliteta posmatrane karakteristike.

InLAB softver treba da bude otvoren za povezivanje sa savremenom laboratorijskom opremom koja ima „real time“ odziv, radi njihovog daljeg korišćenja u procesima upravljanja kvalitetom.

Hardver koji zahteva InLAB sistem obuhvata računarsku mrežu sa posebnim računarom na kome je smešten server baze podataka i radnim stanicama dostupnim Akterima (InLAB korisnicima). Neophodni sistemski softver uključuje standardne Microsoft proizvode: Microsoft Windows mrežno okruženje, Microsoft Office i SQL Server RDBMS, kao i neki od OOM razvojnih alata. U razvoju treba primeniti alate zasnovane na UML notaciji [1].

3. STRUKTURNA KOMPONENTA

Ključne apstrakcije iz okruženja procesa laboratorijskih ispitivanja, sistematizacije rezultata i administracije izveštaja (InLab), se opisuju osnovnim tabelama baze podataka:

- T_Metode,
- T_Analize,
- T_GraniceAnaliza,
- T_GrupeAnaliza,
- T_GrupeMaterijala,
- T_Materijali,
- T_GraniceKvaliteta,
- T_SkladišnaMesta,
- T_Korisnici,
- T_Uzorci

Sistem automatizovanog upravljanja laboratorijskim analizama (InLAB), će pokrivati proces ispitivanja kvaliteta materijala od otvaranja dokumenta Zahtev za ispitivanje do formiranja izveštaja Uverenje o kvalitetu, koji predstavlja ključni dokument QMS (Zapis). Ključni Akteri

(korisnici) koji su u interakciji sa sistemom InLAB su:

- Menadžer kvaliteta,
- Kontrolor,
- Nadzornik procesa,
- Uzorkivač,
- Administrator analiza,
- Laborant,
- Nadzornik laboratorije,
- Sistem administrator.

Ključni InLAB dokumenti, koji iniciraju uzorkovanje i pokrivaju životni ciklus uzorka, do njegovog arhiviranja su:

- *Zahtev za ispitivanje,*
- *Nalog za uzorkovanje,*
- *Izveštaj o ispitivanju,*
- *Uverenje o kvalitetu,*
- *Matrica rezultata analiza.*

4. KOMPONENTA PONAŠANJA

Komponenta ponašanja InLAB sistema će biti predstavljena kroz opis osnovnih interakcija Aktera i sistema. Scenario koji sledi, opisuje proces laboratorijskog ispitivanja datog materijala, dajući globalnu sliku ponašanja sistema automatizovanog upravljanja laboratorijskim ispitivanjem, dok će detalji biti predstavljeni kroz primer iz prakse. Sledi scenario procesa ispitivanja:

Kontrolor otvara *Zahtev za ispitivanje* i prosluđuje ga Nadzorniku procesa koji je nadležan za lokaciju uzorka. Zahtev za ispitivanje ima status „otvoren“ (Slika 5). Nadzornik procesa prima *Zahtev za ispitivanje*, štampa bar-kod nalepnicu i lepi je na ambalažu za uzorak. *Zahtev za ispitivanje* dobija status „priprema uzorka“.

Kontrolor otvara paralelno *Nalog za uzorkovanje* i prosluđuje ga Uzorkivaču (direktno ili posredno), koji zatim uzima spremnu ambalažu za uzorak od Nadzornika procesa i odlazi po uzorak.

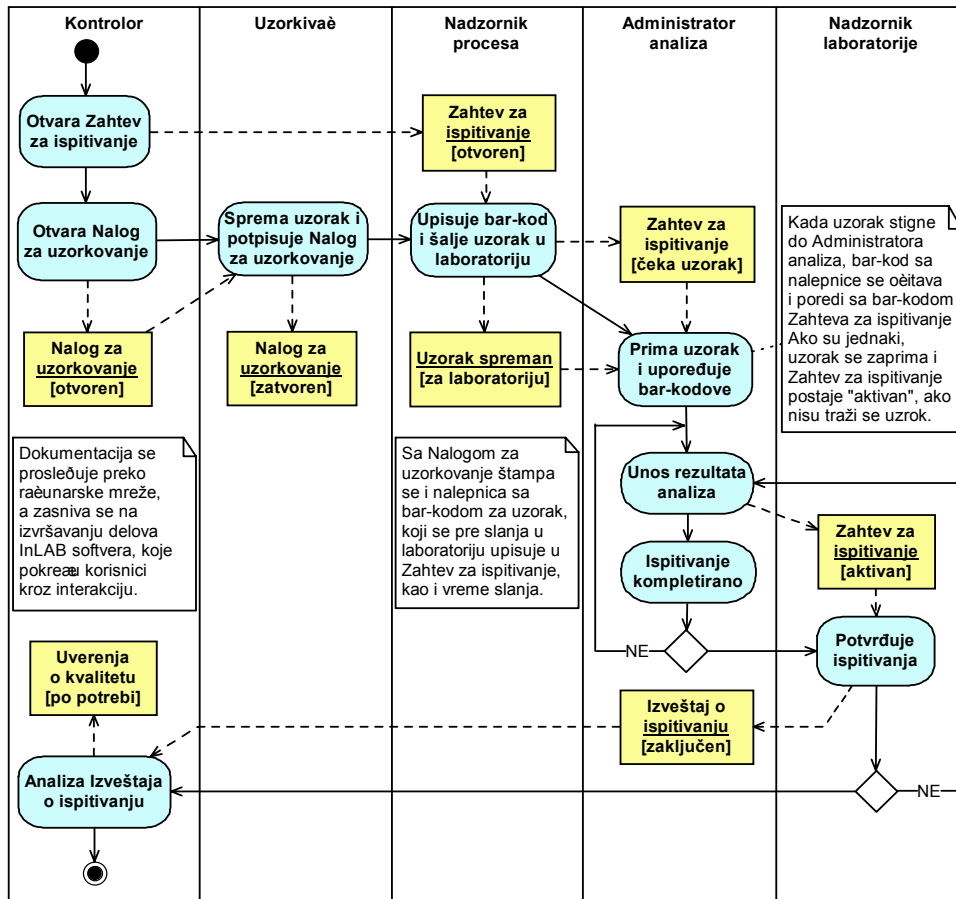
Uzorkivač donosi uzorak spreman za slanje u laboratoriju i daje ga Nadzorniku procesa zajedno sa potpisanim *Nalogom za uzorkovanje*.

Nadzornik procesa očitava bar-kod sa nalepnice bar-kod čitačem, koji se automatski zapisuje u odgovarajuće polje *Zahteva za ispitivanje*, a takođe se zapisuje i sistemsko vreme u polje „Vreme uzorkovanja“, nakon čega se uzorak šalje u laboratoriju. *Zahtev za ispitivanje* dobija status „transport uzorka“. *Zahtev za ispitivanje* postaje vidljiv u laboratoriji (čeka se prijem uzorka).

Administrator analiza prima uzorak u laboratoriji i očitava bar-kod sa nalepnice bar-kod čitačem, koji se automatski poredi sa bar-kodom koji je upisan prilikom pripreme uzorka od strane

Nadzornika procesa. Ako se očitani bar-kod slaže sa prethodno unetim, u *Zahtev za ispitivanje* se upisuje sistemsko vreme u polje „Vreme prijema uzorka“. *Zahteva za ispitivanje* dobija status „unos rezultata“.

Administrator analiza distribuira uzorak laborantima, sa listom analiza koje treba uraditi. Nakon izvršenih analiza, laboranti unose rezultate u odgovarajuća polja *Zahteva za ispitivanje*. Zapisuje se i sistemsko vreme unosa rezultata.



Slika 1 - Dijagram aktivnosti životnog ciklusa uzorka

Kada se unesu rezultati svih predviđenih analiza (ili napomene za analize koje nisu urađene), Administrator analiza prosleđuje *Zahtev za ispitivanje* do Nadzornika laboratorije radi davanja njegove saglasnosti da je *Zahtev za ispitivanje* ispravan.

Ako Nadzornik laboratorije da saglasnost, *Zahtev za ispitivanje* dobija status „zatvoren“ i štampa se *Izveštaj o ispitivanju*, u suprotnom se *Zahtev za ispitivanje* vraća do Administratora analiza uz napomenu šta treba dalje uraditi.

Izveštaj o ispitivanju je dostupan Menadžeru kvaliteta i Kontroloru koji mogu na osnovu njega štampati dokument *Uverenje o kvalitetu*, po potrebi. Predstavljeni scenario je ilustriran dijagramom aktivnosti na Slici 1 (UML notacija).

Ovim se završava procedura laboratorijskog ispitivanja i prema dobijenim rezultatima se formiraju: *Izveštaj o ispitivanju*, *Uverenje o kvalitetu* i *Matrica rezultata analiza*, koja predstavlja osnov za statističke analize. Osim

navedenih izveštaja mogu se formirati i razni drugi izveštaji korišćenjem alata za pravljenje izveštaja kao što je Crystal Reports.

U pozadini procesa, opisanog prethodnim postupkom, selektuju se analize za dati materijal prema zahtevanoj vrsti ispitivanja (ulazna kontrola, ispitivanje materijala u procesu, ispitivanje probnog uzorka, finalno ispitivanje), prema prethodno unetim kriterijumima. Takođe se selektuju granice kvaliteta za sve zahtevane karakteristike, a zatim se označavaju karakteristike koje su zadovoljile kvalitet. Za one karakteristike koje imaju kritične vrednosti ili imaju vrednosti van opsega zahtevanog kvalitetom, daju se upozorenja i preporuke o daljim akcijama.

5. PRIMER IZ PRAKSE

Softversko rešenje, kojim se prethodno opisani model InLAB realizuje u praksi, je razvijeno i implementirano u Rafineriji nafte Novi Sad u

pogonu Blending ulja. Razvijeni softverski sistem InLAB, se primenjuje na materijale iz skupa od oko 70 vrsta proizvoda i oko 30 vrsta sirovina. Softver je razvijen 2005. godine u sklopu razvoja modela integrisanog QMS - BlendIS, primenom OOM (Konceptualizacija, Analiza, Dizajn, Evolucija, Održavanje, [2]). Platforma za instalaciju BlendIS softvera uključuje Microsoft Windows 2000 (XP) operativni sistem i Microsoft SQL Server 2000, dok razvojne alati korišćene za

razvoj softvera čine: Microsoft Visual C#.NET, Microsoft Office 2003, Crystal Reports i PACESTAR DIAGRAMMER. Posle instalacije sistemskog softvera, sledi instalacija InLAB softvera, definisanje grupa korisnika, podešavanje komunikacija, dodela prava pristupa i korišćenja programskih funkcija, a zatim unos matičnih podataka. Matični podaci se unose prema redosledu koji sledi:

| RBR | Šifra | Naziv Analize | Jedinica Mere | Metoda |
|-----|-------|---------------------------------|--------------------|--|
| 2 | | Kinematička viskoznost na 40°C | mm ² /s | Određivanje kinematičke viskoznosti providnih i neprovidnih tečnosti(ISO 3104) |
| 3 | | Kinematička viskoznost na 100°C | mm ² /s | Određivanje kinematičke viskoznosti providnih i neprovidnih tečnosti(ISO 3104) |
| 4 | | Indeks viskoznosti | | Izračunavanje indeksa viskoznosti(ISO 2909, JUS BH 8.024) |
| 5 | | Neutralizacioni broj | mgKOH/g | Određivanje neutralizacionog broja sa obojenim indikatorom(JUS ISO 6618.-94.) |
| 6 | | Sadržaj vode i taloga | % V/V | Određivanje vode i taloga metodom destilacije(JUS B.H8.039.-83.) |
| 7 | | Sadržaj pepela | % m/m | Određivanje pepela(JUS ISO 6245-96.) |
| 8 | | Korozivnost, Cu-traka 3h/100°C | klasa | Dejstvo korozije na bakar (Cu)(ISO 2160) |
| 9 | | Sadržaj sulfatnog pepela | % m/m | Određivanje sulfatnog pepela(JUS ISO 3987.-96.) |

Slika 2 - Forma za ažuriranje laboratorijskih analiza

| Rbr | Analiza | Atest | PredUlaz | Ulaz | Proces | Izlaz | Vanred | Expl | Teren | Probni | Punion |
|-----|---|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Gustina na 15°C (kg/l) (JUS B.H8.015.ASTM D 1122.) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | Tačka tečenja (°C) (JUS ISO 3016) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Boja (JUS B.H8.066 ISO 2049) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Kinematička viskoznost na 40°C (mm ² /s) (ISO 3104) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5 | Kinematička viskoznost na 100°C (mm ² /s) (ISO 3104) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6 | Indeks viskoznosti (JUS ISO 2909, JUS BH 8.024) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8 | Kiselinski broj (mgKOH/g) (ASTM D 974, ISO 6618) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9 | Korozivnost, Cu-traka 3h/100°C (klasa) (ISO 2160) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10 | Penušanje, sekvenca I - stabilnost (ml/m) (JUS ISO 6247) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11 | Penušanje, sekvenca I - tendencija (ml/m) (JUS ISO 6247) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Slika 3 - Forma za ažuriranje grupa analiza

| Nivo | Operator | Vrednost | Opis |
|--------|----------|----------|------|
| Zeleni | >= | 178 | |
| Zeleni | >= | 169 | |
| Zeleni | > | | |

Slika 4 - Forma za ažuriranje granica kvaliteta

T_Metode, T_Analize i T_GraniceAnaliza, su tabele sa matičnim podacima, koje priprema Nadzornik laboratorije i za njih je odgovoran. Slika 2 predstavlja formu za ažuriranje analiza koje se koriste u laboratoriji Rafinerije nafte Novi Sad (u InLab softveru za uljni program).

T_GrupeMaterijala, T_Materijali, T_GrupeAnaliza i T_GraniceKvaliteta, su tabele sa matičnim podacima, koje priprema (i za njih je odgovoran) Menadžer kvaliteta.

Slika 3 prikazuje formu za definisanje i ažuriranje grupa analiza, kao i definisanje tipova

zahteva za laboratorijsko ispitivanje za date grupe analiza. Slika 4 prikazuje formu za unos granica kvaliteta za pojedine materijale. Definišu se dva nivoa kvaliteta: standardni nivo (šire granice) i specijalno zahtevani kvalitet (uže granice). U bazu podataka su unete granične vrednosti svih

karakteristika, svih vrsta materijala, za sve vrste ispitivanja, iz proizvodnog programa pogona Blending ulja (oko 4000 graničnih vrednosti). Koristi se oko 100 vrsta analiza i oko 80 vrsta metoda.

Slika 5 - Forma za otvaranje novog Zahteva za ispitivanje

Preostale tabele sa matičnim podacima: T_SkladišnaMesta, T_Skladišta, i T_Korisnici pripremaju nadležni menadžeri (određeni prema strukturi organizacije). Sve podatke može ažurirati Sistem administrator, ali je potrebno da podaci prethodno budu overeni od nadležnih menadžera.

6. ZAKLJUČAK

Sistematizovani rezultati laboratorijskih analiza uzoraka datih supstanci su ključni podaci koji se koriste za upravljanje kvalitetom procesa i kvalitetom proizvoda u industriji. Matrica rezultata laboratorijskih ispitivanja serije uzoraka je ulaz za razne statističke analize i automatsko podešavanje parametara procesa proizvodnje. Matrica rezultata laboratorijskih analiza se fizički realizuje kao tabela baze podataka koja se može, posredni ili direktno, kristiti kao ulaz za razne specijalizovane programe za statističke analize i prikaz trendova podataka, kao što je QA-Flow (Quality America).

Vremenska komponenta kvaliteta procesa i proizvoda je često od velike važnosti, posebno kada je u pitanju odziv na neku neregularnu situaciju, ali i odziv na zahteve kupaca u redovnim komunikacijama. InLAB softver omogućuje efikasan odziv kada se zahtevaju podaci o kvalitetu proizvoda, čime se umanjuje mogućnost nastanka većih šteta zbog čekanja na rezultate laboratorijskih analiza.

Povezivanje InLAB softvera sa savremenom opremom za laboratorijske analize daje mogućnost realizacije kvalitetnih regulacionih kola koji

omogućuju automatsko podešavanje procesnih parametara u cilju postizanja zahtevanog kvaliteta.

Rezultati istraživanja treba da daju osnovu za dalje unapređenje QMS na putu ka totalnom upravljanju kvalitetom (TQM), [3]. Približavanje TQM treba da se ostvari kroz povezivanje proizvodnje sa programabilnim logičkim kontrolerima (PLC), radi upravljanja procesom i automatskim podešavanjem procesnih parametara prema rezultatima laboratorijskih analiza zapisanih u bazi podataka.

U nekim slučajevima, rezultati laboratorijskih analiza se mogu dobiti preko izlaznih parametara savremenih laboratorijskih uređaja sa „real time“ odzivom iz definisanih mehaničkih tačaka procesa proizvodnje, čime se omogućuje zatvorena kontrolna petlja, poznata kao PID regulacija.

LITERATURA

- [1] Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I., (2000), „UML Vodič za korisnike”, CET Computer Equipment and Trade, Beograd, 2002.
- [2] Booch Grady, (1994), „Object-oriented analysis and design with Applications”, Addison Wesley Publishing Company, 1994.
- [3] Vulcanović V., Stanivuković D., Kamberović B., Maksimović R., Radaković N., Radlovački V., Šilobad M., (2001), „Sistem kvaliteta ISO 9001:2000”, Fakultet tehničkih nauka, Institut za industrijske sisteme i IIS – Istraživački i tehnološki centar, Novi Sad, 2001