

**KVALITET RADA I ODRŽAVANJA TEHNIČKIH I ELEKTRIČNIH
KOMPONENTI ATOMSKOG APSORPCIJSKOG
SPEKTROFOTOMETRA MODEL PERKIN ELMER AAnalyst 800**

**QUALITY OF WORK AND MAINTENANCE OF TECHNICAL AND
ELECTRICAL COMPONENTS OF ATOMIC ABSORPTION
SPECTROPHOTOMETER MODEL PERKIN ELMER AAnalyst 800**

**dr. sc. Ifet Šišić, vanr. prof., dr. sc. Aida Džaferović, docent,
dr. sc. Halid Makić, vanr. prof., Samira Dedić, mr.sc.**

Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet Bihać

REZIME

Atomski apsorpcijski spektrofotometar (skraćeno AAS), model Perkin Elmer AS 800 je uređaj čiji rad se oslanja na principe atomske apsorpcijske spektroskopije (ASS) primjenjena u analitičkim istraživanjima i mjerenjima, a koristi se i za analizu metalnih iona u vodi, tlu, sedimentima i hrani. Fizikalna osnova rada atomskog apsorpcijskog spektrofotometra je zasnovana na Lambert–Beerov zakonu iz kojeg proizlazi da je apsorpcija direktno proporcionalna koncentraciji.

U radu će se sistematizirati i predstaviti kontrolna lista stanja uređaja sa postupcima održavanja mašinskih i električnih komponenti, a za sve moguće slučajeve rada uređaja sa posebnim osvrtom na:

- *pripreme radove, uslovi i vanjski faktori koji utiču na stabilnost rada uređaja,*
- *osobljenost uređaja za „samo kontrolu“ i „oporavak“ nakon indikacije problema,*
- *proceduralne tokove i standarde kod pripreme i rada, posebno u operacijama opravki a nakon zastoja ili kvara na uređaju.*

Održavanje sistemskih sklopova i električnih komponenti uređaja su u direktnoj vezi sa ugrađenim tehničko-informatičkim sposobnostima uređaja i odvijanja standardiziranih tokova radnih operacija mjerenja sa zvučno-svjetlosnim prikazima normalnog rada i upozorenjima u situacijama zastoja, poremećaja i/ili kvara na uređaju.

Ključne riječi: radni uslovi, samokontrola, preventivno održavanje

SUMMARY

The Atomic Absorption Spectrophotometer, model the Perkin Elmer AS 800, is a device whose work relies on the principles of Atomic Absorption Spectroscopy (ASS) that is applied in analytical investigations and measurements, and is also used for the analysis of metal ions in water, soil, sediments and food. The physical basis of the work of atomic absorption spectrophotometer is based on the Lambert-Beer law, which shows that absorbance is directly proportional to concentration.

This paper will systematize and present a checklist of device states with procedures for mechanical and electrical components and for all possible work situations with a special focus on:

- *preparatory works, conditions and external factors affecting the stability of the device,*
- *"self-control" and "recovery" device malfunction after indicating the problem,*
- *procedural flows and standards in preparation and operation, especially in repair operations and after the device has been shutdown or a malfunction.*

The maintenance of system assemblies and electrical components of the device are directly related to

the built-in device's technical and informational capabilities and the conduct of standardized operation flows with sound-light indications of normal operation and warnings in situations of system malfunction, stopping and /or failure.

Key words: work conditions, self-control, preventional maintenance.

1. FENOMEN ATOMSKE APSORPCIONE SPEKTROMETRIJE (AAS)

1.1. Zakonitost atomske apsorpcije

Atomska apsorpcijska spektroskopija (skr. AAS) je kvantitativna metoda za određivanje koncentracija pojedinih metala u otopini. Atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom se mogu neposredno određivati svi oni elementi čije se rezonantne linije nalaze u oblasti od 190 do 850 [nm] (bliska ultravioletna i vidljiva oblast spektra) i koji se mogu prevesti u osnovno atomsko stanje. Atomska apsorpcijska spektroskopija je okarakterisana eksponencijalnim zakonom (Lambert-Beer-ov zakon) smanjenja intenziteta upadnog zračenja poslije prolaza kroz apsorpcioni sloj koji sadrži slobodne atome ispitivanog uzorka[5]:

$$I\lambda = I0\lambda \cdot e^{-kbc} \quad \dots (1)$$

gdje je:

$I\lambda$ – intenzitet zračenja talasne dužine nakon prolaska kroz apsorpcioni sloj,

$I0\lambda$ – intenzitet upadnog zračenja talasne dužine,

k – apsorpcioni koeficijent,

b – dužina apsorpcionog sloja,

c – koncentracija slobodnih atoma.

Zakon apsorpcije, odnosno *Lambert-Beerov* zakon nam kvantitativno pokazuje kako apsorpcija ovisi o koncentraciji. Jednačina (1) se može pisati i u logaritamskom obliku[5]:

$$\log I0/I = A = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad \dots (2)$$

gdje je:

A – apsorpcija – signal kod spektrometrije,

ε – molarni apsorpcioni koeficijent (molarna apsorpcija).

1.2. Primjena i razvoj AAS tehnologije

Atomska apsorpcijska spektroskopija predstavlja spektrometrijsku metodu za kvantitativno određivanje elemenata koji apsorbuju u ultraljubičastom (UV) i vidljivom (VIS) dijelu spektra. Mjerenjem količine apsorbirane svjetlosti, mogu se kvantitativno odrediti količine prisutnog analitog elementa. Spektrometrijska metoda ima široku primjenu zahvaljujući preciznom i tačnom mjerenju, kratkom vremenu analize, ekonomskoj učinkovitosti te niskim granicama detekcije. Ova metoda se koristi u oblasti analiza i istraživanja, a razvojem elektromagnetne atomizacije postala je i jedna od najosjetljivijih metoda elementarne analize zajedno sa MS i ICP. Najviše se koristi za određivanje metala u tragovima (uzorci prašine, hrane, površinskih i otpadnih voda).

Daljnijim razvojem i unaprijeđenjima postojećih modela uređaja razvile su se nove tehnike rada u atomskoj apsorpcijskoj spektroskopiji (AAS) i to:

- grafitna bezplamena tehnika

Sistem raspršivač/gorionik je često ograničavajući faktor u AAS, jer se tim sistemom mogu praktično analizirati samo otopine. Prednost besplamenih tehnika (grafitna tehnika) nad plamenom tehnikom je u boljim granicama detekcije, maloj količini uzorka, direktnoj analizi čvrstih uzoraka, dok je kod plamena bolja točnost i reproduktivnost.

- hidridna tehnika

Pri kvalitativnom i kvantitativnom određivanju arsena i drugih lako hlapivih elemenata (Bi,

Pb, Sb, Se, Sn, Te, Hg) postupak prevođenja u hidride-poznat pod nazivom *Marsh-ova* proba i koristi se već više od sto godina[4]. U novije vrijeme tehnika prevođenja u hidride u kombinaciji s atomskom apsorpcijom uspješno se primjenjuje za određivanje ultra tragova As, Se i nekih drugih elemenata.

2. PRIPREMA I OBRADA UZORAKA

2.1. Mjerenje atomske apsorpcije

Mjerenje atomske apsorpcije je količina svjetlosti na rezonantnoj talasnoj dužini koja se apsorbira dok svjetlost prolazi kroz atomizirani uzorak. Atomi nekog elementa apsorbiraće samo onu energiju koja im omogućava prelaz sa nižeg na više energetske stanje [9]. Kako su ovi prelazi kvantirani, apsorbirana energija je strogo selektivna i zavisi od vrste ispitivanih atoma. Oblik atoma koji je potreban za mjerenja atomske apsorpcije dobiva se postizanjem visoke toplotne energije u uzorku kako bi se razdvojili hemijski spojevi u slobodne atome. Količina energije koja može da izazove prelaz atoma u ekscitovano stanje zavisi od elektronske strukture atoma u osnovnom stanju, odnosno od vrste elementa[1]. Pod pravilnim uslovima plamena, većina atoma bit će sposobna apsorbirati svjetlost na analitičkoj talasnoj dužini izvora svjetlosti. Kada atom hidrogena apsorbira energiju u obliku kvanta, on prelazi na viši energetske nivo (u ekscitovano stanje), kada je $n=2$. Atomi u energetske osnovnom stanju (M_e) mogu da prime određen iznos energije ($h \cdot \nu$) i da pri tom pređu u određeno energetske više stanje, tzv. ekscitovano stanje (M_e^*).



Veličina apsorpcije zavisi od broja atoma u osnovnom stanju tj. „atomske pari“ što je i osnova za primjenu atomske apsorpcije u analitičke svrhe [4].

2.2. Obrada uzorka

Da bi se analiziralo uzorak, on mora biti atomiziran. Kod plamene metode je atomizer (engl. *Atomizer*) smjesa gasova, zraka i acetilena (C_2H_2) na temperaturi od 2000 do 2700[°C]. Tekući uzorak se atomizira u 3 koraka:

1. prvi korak je desolvacija, odnosno isparavanje otapala, a ostaje suhi uzorak,
2. vaporizacija je drugi korak, u kojem se suhi uzorak pretvara u gas i
3. zadnji korak je volatilizacija, prilikom čega dolazi do pretvaranja komponenata u slobodne atome prikladne za mjerenje [5].

Injektiranje otopine uzorka u plamenu usklađeno sa odgovarajućim lampama koje služi ovoj svrsi.

3. IZVOR SVJETLOSTI, OSJETLJIVOST I TAČNOST UREĐAJA

3.1. Emiter zračenja, osjetljivost i tačnost uređaja

▪ emiter zračenja

Kao emiteri zračenja danas se praktički koriste samo lampe sa šupljom katodnom i lampe sa bezelektrodnim pražnjenjem (Electrodeless Discharge Lamps–EDL). Najvažnije karakteristike koje se postavljaju pred izvor svjetlosti za AAS analizu su: vrijeme trajanja lampe, intenzitet zračenja, širina linije, odnos korisnog signala prema šumu i stabilnost zračenja.

▪ osjetljivost

Osjetljivost u atomskoj apsorpcionoj spektrofotometriji je definisana kao onaj sadržaj vodenog rastvora ispitivanog elementa, u $\mu\text{g/ml}$ (ppm), koji izaziva apsorpciju od 1%. Pri eksperimentalnim određivanjima, poznavanje osjetljivosti je veoma koristan podatak za pripremu uzorka i standardnih rastvora, jer se optimalni interval određivanja obično nalazi u

rasponu od 20 do 200 puta većim koncentracijama od osjetljivosti za dati element. Karakteristična koncentracija odnosno "osjetljivost," (Char Conc.) je konvencija za određivanje veličine signala apsorbancije koji će biti proizveden određenom koncentracijom analita. Za atomsku apsorpciju plamena, ovaj izraz se izražava[6]:

$$\frac{\text{Char Conc. (mg/L)}}{\text{Mjerena apsorbancija}} = \text{Konc. Od Std. (mg/L)} \cdot 0,0044 \quad \dots(4)$$

zato što je potrebna koncentracija jednog elementa u miligramima po litri (mg/L ili ppm) da se dobije signal 1 [%] apsorpcije (0,0044 apsorbancije) [4].

▪ tačnost

Tačnost atomsko-apsorpcione metode je stepen do koga određena vrijednost analita u uzorku odgovara stvarnoj/tačnoj vrijednosti i predstavlja blizinu dobijenog rezultata pravoj vrijednosti (ISO 3534-1:2006). Definiše se preko analize uzorka poznate koncentracije sa kojom se poredi izmjerena vrijednost i izračunava procenat prinosa, tzv. *recovery* vrijednost. Prilikom validacije metode, u cilju kvantifikacije tačnosti rezultata, primjenjuju se kako sistematski tako i proizvoljni uticaji na rezultate tako da se tačnost određuje primjenom dvije komponente, *pouzdanosti* i *preciznosti*.

- termin pouzdanost metode izražava koliko je srednja vrijednost serije rezultata (koji su primjenom metode dobijeni) blizu pravoj vrijednosti.
- preciznost se određuje kao izraz slaganja između niza mjerenja izvedenih iz istog homogenog uzorka pod propisanim uslovima. Preciznost se obično izražava pomoću standardnih devijacija. Za proces mjerenja koriste se dvije osnovne tehnike: provjera rezultata sa referentnim vrijednostima odgovarajućih materijala ili uspoređivanjem sa rezultatima neke odgovarajuće metode.

3.3. Smetnje u radu uređaja

Apsorpcija svjetlosti odstupat će od *Lambert-Beerovog* zakona ako se promjenom koncentracije promijeni molekulska stanje tvari, odnosno ako dođe do disocijacije, asocijacije, stvaranja kompleksa i slično jer to utiče na promjenu molarnog apsorpcijskog koeficijenta. Drugim riječima *Lambert-Beerov zakon* vrijedi samo za otopine niskih koncentracija. Prilikom analiza na AAS smetnje koje nastaju mogu biti:

a) *spektralne smetnje*: zračenje koje dolazi u detektor, a nije rezultat interakcije sa analitom, pozadinsko zračenje (korekcija). Npr. mogu se navesti smetnje izazvane emisijom Ca(OH)₂ traka s maksimumom kod 554 [nm] pri određivanju barija preko atomske linije kod 553,5 [nm],

b) *hemijske smetnje*: uzrokovane hemijskim jedinjenjima koji se nalaze ili nastaju u plamenu i koji smanjuju broj slobodnih atoma u analitu,

c) *fizičke smetnje*: posljedica promene fizičkih svojstava rastvora (viskoznost, gustina) uzrokovane prisustvom hemijskih jedinjenja (soli, organskih jedinjenja) što uzrokuje promjenu u transportu i brzini isparavanja.

3.4. Postupci za uklanjanje smetnji

Greške koje nastaju uslijed različitog sastava uzoraka i standarda mogu se svesti na tolerantnu veličinu na više načina. Jedan od postupaka sastoji se u primjeni metode standardnog dodatka. Postupci koji se najčešće koriste u analitičkoj praksi:

- ✓ odvajanje hemijskim putem elemenata koji smetaju,
- ✓ korištenje pufera-soli različitih elemenata, koji se dodaju u nekoj određenoj količini, tako da male varijacije u sastavu uzorka ne utječu primjetno na rezultate,
- ✓ dodatak nekih specijalnih reagenasa u otopinu koja se raspršuje može otkloniti neke specifične smetnje,
- ✓ jedan od efikasnih načina za otklanjanje smetnji izazvanih nepotpunim isparavanjem

čestica aerosola je povećanje temperature plamena i disperznosti aerosola. Za ove svrhe cjelishodno je koristiti plamen $C_2H_2 - N_2O$ (acetilen-didušikov oksid).

4. SIGURNOST LABORATORIJSKOG OKRUŽENJA I ODRŽAVANJE UREĐAJA

4.1. Održavanje sigurnog laboratorijskog okruženja

Kod priprema uzoraka i izvođenja analiza AAS-om može doći do pojava određenih smetnji zbog čega se izuzetno daje važnost standardiziranim protokolima pripreme uzoraka i izvođenja mjerenja. Održavanje sigurnog laboratorijskog okruženja je odgovornost korisnika i organizacijskih uslova laboratorijskog okruženja.

Na slici 1. prikazan je uređaj Perkin Elmer analyt 800AAS postavljen u objektu „Laboratorija“ Biotehničkog fakulteta Bihać.



Slika 1. Perkin Elmer analyt 800 AAS [foto Džaferović 2018]

Dijagnoza je prva faza u svakom postupku održavanja dijagnostičke kontrole mogu biti:

- a) periodična ispitivanja određenih sistema i
- b) ispitivanje mikroklima u radnim prostorijama, buke i vibracija i dr.

Instrument će ispravno raditi pod sljedećim uslovima [1]:

- rad u zatvorenom prostoru, bez prašine, dima i korozivnih para.
- temperatura okoline od $+15$ do $+35$ [$^{\circ}C$] uz uslov da max. temperatura ne prelazi $2,8$ [$^{\circ}C/h$].
- relativna vlažnost zraka od 20 do 80 [%], bez kondenzacije.
- nadmorska visina u rasponu od 0 do 2000 [m].
- električni zahtjevi: AAnalyst 800 spektrometar zahtijeva stabilnu električnu napajanja od 230 [V], 50 [Hz] ili 60 [Hz], sposoban isporučiti 32 [A], koji ima pravilno ožičenu zaštitu (uzemljenje). Kabal za napajanje ima 3-polni konektor (linija + neutralna + zaštitna zemlja) u skladu s IEC 309-2.
- temperatura: ambijentalno do 2600 [$^{\circ}C$].
- raspon vremena: 0 do 99 [s] u koracima od 1 [s], vrijeme hlađenja: 0 do 99 [s] u koracima od 1 [s].
- unutarnji protok plina: 0 [mL/min] (zaustavljanje plina), 50 [mL/min] (mini-protok), 250 [mL/min] (puni protok); može se prebaciti na drugu vrstu plina.
- otvaranje i zatvaranje otvora: pneumatski upravljani softverskim naredbama. Autosamper može primiti do 148 uzoraka uz slučajno uzorkovanje [7].

Od strane zadužene i stručne osobe koja koristi uređaj ostvaruje se nadzor kao skup realnih aktivnosti periodične ili povremene kontrole rada uređaja, kao što su: funkcionalni nadzor, vizuelni nadzor i akustični nadzor, na način prikaza, zvukova i slika, tj. grešaka nastalih u radu uređaja kao odgovor mjerno-regulacione opreme instalirane u uređaju.

4.2. Zadatak i ciljevi održavanja uređaja

Održavanjem sklopova i mjerno-regulacione opreme obezbijeduje se sistemska podrška u radu uređaja i izvršavanju složenih radnih zadataka i uključuje sprovedbu svih predviđenih mjera i ugrađenih sposobnosti kako bi dati uređaj funkcionisao na propisan način.

Ciljevi održavanja uređaja (AAS) mogu se sagledati u nekoliko pristupa:

- a) tehničko-tehnološki, koji doprinosi inovacijama i usavršavanju radnih karakteristika uređaja, održavanju radne sposobnosti, povećanju pouzdanosti, ostvarivanju dužeg eksploatacionog perioda, stalnosti u postizanju kvaliteta obrade uzoraka, ostvarivanje ravnomjernijeg i bržeg odvijanja procesnih tokova u cjelini, te poboljšanju drugih tehničko-tehnoloških svojstava uređaja,
- b) ekonomski koji doprinosi efikasnom korišćenju uređaja, povećanju gotovosti, pouzdanosti i spremnosti uređaja za rad u radnom okolišnom okruženju, smanjenju zastoja i troškova rada te povećanju ekonomičnosti trošenja u nadzora i kontrole procesa održavanja uređaja,
- c) praćenje rada uređaja sa isticanjem prijedloga unaprijeđenja rada a sve u cilju poboljšanja radnih performansi i produženja eksploatacionog vijeka,
- d) održavanje performansi u dozvoljenim granicama i mjernom području uz zahtjev obezbijedenja uslova radne okoline i logističke podrške.
- e) analizirati uticaj opreme na okolinu, iznalaziti i otklanjati slaba mjesta.

4.3. Upravljačko-dijagnostička opremljenost uređaja

Uređaj Perkin Elmer analys 800 AAS možemo posmatrati kao složeni tehnički sistem koji se sastoji od većeg broja funkcionalnih cjelina: podsistema, sklopova, podsklopova i elemenata, stoga je rad i ponašanje u eksploataciji svakog od njih u direktnoj vezi sa ukupnom radnom osposobljenosti sistema. Step en automatizacije uređaja je na visokom nivou. U toku rada dolazi do „samokontrole“ dok su radni postupci potpuno automatizirani. U lancu rada i automatskog upravljanja nalazi se računar (PC) sa kontrolnim uređajima i izvršnim organima (aktuatori). AAS je visoko automatiziran, moderniziran i sofisticiran, značajnom mogućnošću on-line upravljanja poj ednim operacijama, odnosno on-line monitoringom bitnih cjelina i sklopova na uređaju. Uz pomoć softwarea mjerno upravljačkog sklopa dobijaju se informacije koje ujedno predstavljaju razne obavijesti, upozorenja i radni nalozi što treba učiniti u okviru utvrđivanja poremećaja i opcije opravaka.

4.4. Aplikativne komponente sistema održavanja uređaja

Prema konstrukcionom rješenju u odnosu na objekat dijagnosticiranja sredstva tehničke dijagnostike su ugrađena na način da dijagnostički parametar (signal) najčešće sadrži informacije o više parametara stanja, zbog čega se izlazni informacioni sadržaj signala mora definisati uslovima obrade i pokazateljima predmetnog dijagnosticiranja. Potrebno vrijeme dijagnosticiranja i vremena otklanjanja kvara u ovisnosti od vrste sklopova se skraćuje sa tendencijom smanjenja vremena zastoja uređaja. S obzirom na mogući slučajni karakter promjena stanja ASS uređaja, koji zavise od uslova korišćenja, proizilazi potreba da zadaci održavanja moraju da se posmatraju na sistematski način, od dijagnostike u održavanju do primjene savremenih informatičko-komunikacionih tehnologija.

WinLab32 softver: spektrometar je sposoban za potpune automatske analize jednog elementa uz sistem upravljanja pomoću pridruženog računala. Kontrola instrumenta i softver za upravljanje podacima vrši se pomoću softvera Win Lab 32[6]. Dizajniran s opsežnim unosom laboratorijskih menadžera i AA korisnika širom svijeta, WinLab32 softver pruža sve alate i značajke potrebne za brzo pokretanje uzoraka i zadovoljavanje zahtjeva laboratorija Biotehničkog fakulteta.

Opsežne karakteristike čarobnjaka WinLab32 čine složene zadatke jednostavnim s detaljnim uputama a, savjeti za alate pružaju dodatne informacije o tekstu zaslona i polja unosa[8]. Statusne ploče prikazuju status svake komponente instrumenta za jednostavno praćenje. Ispis analiza analiza kombinira standarde, uzorke i metode informacije na jedan popis, prikazujući tačan redoslijed kojim će se analiza izvoditi. Ovaj ispis rezultata također prikazuje status analize u svakom trenutku i može se ispisati kao sažetak na kraju trase.

Poboljšana produktivnost Softver WinLab32 poboljšava laboratorijsku produktivnost smanjujući vrijeme potrebno za razvoj metoda, analizu uzoraka i generiranje izvještaja.

4.5. Dijagnostika i nadzor sistema Windows

U procesu održavanja uređaja važna je sistematizacija tzv. kontrolne liste sa postupcima održavanja mašinskih i električnih komponenti, a za sve moguće slučajeve rada uređaja sa posebnim osvrtom na:

- pripremne radove, uslovi i vanjski faktori koji utiču na stabilnost rada uređaja,
- ospobljenost uređaja za „samo kontrolu“ i „oporavak“ nakon indikacije problema,
- proceduralne tokove i standarde kod pripreme i rada, posebno u operacijama opravki a nakon zastoja ili kvara na uređaju.

Dodatne informacije o specifičnim porukama o pogreškama ili korektivnim radnjama AA spektrometra nalaze se u odjeljku "Vodič za hardver spektrometra". U slučaju pogreške pojavljuje se cevna ikona u prozoru dijagnostike alata.

Sistem se može je isključiti zbog pogreške. U tom slučaju neophodno je provjeriti radni status i opis poruka o pogrešci. Nakon što se riješi problem, postoji mogućnost da se mora resetirati instrument, što se postiže u dijagnostičkom prozoru klikom na ponovno povezivanje (Reconnected). Ako to ne uspije, izađe se i ponovo i pokrene WinLab32 softver. U slučaju da se nemože problem riješiti neophodno je kontaktirati PerkinElmer servisera.

Servisni centar

U sklopu proširenja usluga održavanja od strane proizvođača uređaja date su mogućnosti bez posredovanja ovlaštenih partnera na način direktnog kontaktiranja: telefonskim pozivom centra, posjetom web stranice, ovlaštenim ulaskom on-line vezom u programsku aplikaciju sa uputama, putem E-maila, i posjetom najbližem prodajnom centru. Od koristi na rješavanju nastalih problema u radu uređaja nalaze se dokumenti kao što su uputstva, katalozi, priručnici, norme, sheme.

Samoodržavanje i analiza pogreške (upozorenje)

Samoodržavanje, kao koncepcija najbliža budućnosti održavanja, sastoji se od ekspertnih sistema koji se nalaze u sklopu informatičkih modula samog uređaja sa sposobnostima održavanja uglavnom bez zastoja rada ili sa minimalnim trajanjem. Ako dođe do nekog kvara ili problema pristupa se eliminaciji uzroka a nakad kada informacije o kvaru uređaja nisu dovoljne za uspješno „samoodržavanje“ ili „samoispravak“, na mjesto kvara dolazi stručna ekipa i nakon pregleda donosi konačnu odluku. Ovisno o pronađenoj pogrešci, softver može prikazati upozorenje o softveru, poruka za instrument. Upozorenje znači da postoje moguće pogreške. Koraci koji mogu dovesti do poruka upozorenja softvera su:

- prekoračenje standarda, pri čemu metoda odabrana za ponovnu obradu podataka je ista metoda koja se koristi za prikupljanje izvornih podataka,
- peristaltička pumpa nije uključena,

- plin nebulajzer nije uključen.

Svaku pogrešku prvo pokušati riješiti prema navodima što nudi *Diagnostic windows*, i treba naglasiti da serviseri odnosno, registri usluga nisu uključeni u rutinske postupke. Oni su za samo za dijagnostiku i rješavanje problema.

5. ZAKLJUČAK

Održavanje uređaja vrši se na osnovu poznavanja svih radnih funkcija, načina i uslova rada, analize nivoa funkcionisanja radnih operacija, pregled logičkih shema uzročno-zavisnih veza parametara i faktora koji utiču na radnu sposobnost tehničkog sistema, analize otkaza i dr. Rad na ASS zahtijeva prethodnu pripremu sa pokazateljima spremnosti, uputama i obaviještenjima (test pregled). Mogu se koristiti različiti prozori za praćenje instrumenta, izvršiti dijagnostika stanja sklopova i mjernih komponenata, mogu se pregledati poruke sistema (pogreške). Prozori sistema prikazuju najnovije poruke koje se odnose na komponente sistema i probleme sa radnim statusom.

Pogodnost uređaja AAS u pogledu održavanja ogleda se u smanjenju trajanja vremena u otkazu, jednostavnost i dostupnost mjesta ugradnje i montaže, lak pristup razdvojivim spojevima, pristupačnost postavljanja i podmazivanja te internetska softverska podrška.

Mogućnosti održavanja unaprijedene su postojanjem i raspoloživosti mreže logističke podrške rezervnim dijelovima (modulima) za preventivno i korektivno održavanje, jasno definisanih postupaka i tehnologija rješavanja problema, dijagnostike, alata, opreme i instrumenata.

Stručnost operativnog osoblja, educiranost i služenjem tehničkih pomagala i dokumentacijom omogućava da poslovi nadzora imaju zaštitni ili preventivni karakter i da se sprovedu na tehnički sistem (uređaj) u cjelini.

6. LITERATURA

- [1] Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry "The Cookbook" P-E 1995.,
- [2] Atom - Absorptions, Atom - Emissions und ICP – Massen Spectrometrie (AAS, ICP - OES, ICP - MS) Perkin - Elmer Report 2/94.,
- [3] Zaimović-Uzunović N., Lemeš S., Denjo D., Softić A.: Proizvodna mjerenja, Mašinski fakultet Zenica, 2009.,
- [4] Richard D. Beaty, Jack D.Kerber, Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrometry, Perkin – Elmer, 1993.,
- [5] R. D. Beaty, J. D. Kerber, Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry, Perkin Elmer Inc., Shelton (CT), 2002.,
- [6] WinLab32 for instrument control software., Software Guide Perkin Elmer, 2010.,
- [7] Skoog, A.D., Holler, J.F., Nieman, A.T., Principles of Instrumental Analysis, Saunders College Publishing, 1992.,
- [8] Kondić V., Piškor M., Horvat M.: Osnovna obilježja logističkog procesa održavanja, Tehnički glasnik technical journal ISSN 1864-6168, časopis Volume 6, broj 1 Varaždin, VI 2012.,
- [9] http://toolboxes.flexiblelearning.net.au/demosites/series5/508/laboratory/studynotes/snAASDetecto_r.htm, (14.10.2012.)
- [10] <https://www.unin.hr/wp-content/uploads/QP-07-01-Procedura-za-mjernu-opremu-i-odr%C5%BEvanje.pdf> (preuzeto I 2018.)