



UNIVERZITET U NIŠU
FAKULTET ZAŠTITE NA RADU U NIŠU



Ana Bijelić

PRAKTIKUM IZ
INSTRUMENTALNIH METODA ANALIZE
ZAGAĐUJUĆIH SUPSTANCI
SA IZVODIMA IZ TEORIJE

Niš, 2022.

Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu

Praktikum iz Instrumentalnih metoda analize zagađujućih supstanci
sa izvodima iz teorije

Prvo izdanje, 2022.

Ana Bijelić

Izdavač:

Fakultet zaštite na radu u Nišu

Za izdavača:

Dr Srđan Glišović, redovni profesor Fakulteta zaštite na radu u Nišu

Recenzenti:

Dr Marina Stojanović, redovni profesor Fakulteta zaštite na radu u Nišu

Dr Niko Radulović, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta u Nišu

Dizajn korica:

Rodoljub Avramović, master inženjer zaštite na radu

Štampa:

Unigraf X-copy, Niš

Tiraž:

80 primeraka

Odlukom Nastavno-naučnog veća Fakulteta zaštite na radu u Nišu br. 03-68/12 od 18.02.2022. godine, odobreno je štampanje rukopisa „Praktikum iz Instrumentalnih metoda analize zagađujućih supstanci sa izvodima iz teorije“, kao pomoćnog univerzitetskog udžbenika.

Niš, 2022.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

543.08(075.8)(076)
504.5:543(075.8)(076)

БИЈЕЛИЋ, Ана, 1985-

Praktikum iz Instrumentalnih metoda analize zagađujućih supstanci sa izvodima iz
teorije / Ana Bijelić. - 1. izd. - Niš : Fakultet zaštite na radu, 2022 (Niš : Unigraf X-copy). -
245 str. : ilustr. ; 24 cm

Na vrhu nasl. str.: Univerzitet u Nišu. - Tiraž 80. - Napomene i bibliografske reference uz
tekst. - Bibliografija uz svako poglavlje. - Registar.

ISBN 978-86-6093-103-2

а) Аналитичка хемија -- Инструментални методи -- Вежбе б) Загађивачи -- Анализа
-- Вежбе

COBISS.SR-ID 61333513

Predgovor

Ovaj Praktikum je nastao na osnovu višegodišnjeg iskustva autora u izvođenju nastave, predavanja i vežbi, na predmetu Instrumentalne metode kontrole zagađenja na smeru Zaštita životne sredine, na Fakultetu zaštite na radu, Univerziteta u Nišu. Kada sam pre 5 godina počela da držim nastavu iz pomenutog predmeta susrela sam se sa nedostatkom literature na srpskom jeziku iz oblasti instrumentalnih metoda analize zagađujućih supstanci, a naročito one prilagođene potrebama studenata fakulteta inženjerskih profila na kojima se izučava zaštita životne sredine. Prilikom koncipiranja i pisanja Praktikuma težila sam tome da on posluži kao obrazovno sredstvo u pripremi inženjera zaštite životne sredine za rad u laboratoriji i na terenu i popuni prazninu koja postoji u ovoj vrsti udžbeničke literature.

Vodeći računa o potrebama budućih inženjera zaštite životne sredine, predznanju studenata Fakulteta zaštite na radu i broju termina za izvođenje vežbi, Praktikum je koncipiran tako da se sastoji iz 15 vežbi od kojih je 5 teorijskih/računskih, a 10 laboratorijskih. U prvom delu Praktikuma (vežbe 1-4), dati su osnovni pojmovi koji se tiču analize zagađujućih supstanci u životnoj sredini, uzorkovanju, opremi i sredstvima za uzorkovanje, pripremi uzorka za analizu, merenju, greškama merenja, obradi i načinima prikazivanja rezultata merenja. Peta vežba je posvećena pravilima rada u laboratoriji kako bi se studenti pripremili za ekperimentalni rad. Nakon svake od ovih vežbi dati su zadaci i/ili pitanja za proveru znanja.

Cilj laboratorijskih vežbi je upoznavanje studenata sa teorijskim osnovama i sticanje praktičnog iskustva u analizi zagađujućih supstanci u životnoj sredini primenom klasičnih (vežbe 6 i 7) i instrumentalnih (vežbe 8-15) metoda analize. Svaka laboratorijska vežba se sastoji iz tri dela: teorijskih osnova, ekperimentalnog dela i rezultata i diskusije. Teorijske osnove sadrže izvode iz teorije koji se tiču same metode analize i kratak opis prirode zagađujuće supstance u određenom medijumu životne sredine i njenog ponašanja u životnoj sredini. U ekperimentalnom delu je dat kratak opis principa metode, spisak potrebnog laboratorijskog pribora, opreme i reagenasa, opis ekperimentalnog postupka, mere predostrožnosti prilikom izvođenja vežbe i način odlaganja otpada. Zatim sledi deo koji se tiče rezultata, koji se upisuju u unapred pripremljene tabele za prikupljanje podataka, prostor za grafike, spektre i/ili hromatograme i prostor za diskusiju rezultata. Od studenta se očekuje da na kraju vežbe utvrde da li se izmerene vrednosti nalaze u okviru maksimalno dopuštenih, odnosno graničnih, vrednosti za analiziranu zagađujuću spustancu u određenom medijumu životne sredine, prema našoj pravnoj regulativi. Na kraju svake vežbe dat je spisak korišćene literature, a na kraju Praktikuma indeks pojmova i set praznih stranica gde studenti mogu da zapisuju svoja opažanja u toku ekperimenata.

Kako prilikom analize zagađujućih supstanci u životnoj sredini eksperimenti moraju biti izvedeni na način koji je pravno validan, većina odabranih ekperimentalnih postupaka zasniva se na standardnim metodama. Prilikom odabira laboratorijskih vežbi vođeno je računa o tome da se većina eksperimenata

može izvesti u laboratorijama Fakulteta zaštite na radu u Nišu. U Praktikum je više pažnje posvećeno analizi neorganskih supstanci u životnoj sredini zato što je oprema za izvođenje ovih analiza dostupnija i ne tako skupa. Veliki broj organskih jedinjenja je u životnoj sredini prisutan u tragovima, pa je za njihovo određivanje potrebna složena priprema uzorka koja zahteva puno vremena i upotrebu sofisticiranih instrumenata koji su prilično skupi i ne lako dostupni, naročito u studentskim laboratorijama.

Praktikum je prvenstveno namenjen studentima osnovnih akademskih studija Fakulteta zaštite na radu, ali ga mogu koristiti i studenti drugih nivoa studija i drugih fakulteta. Treba imati na umu da Praktikum nije namenjen profesionalcima koji rade u akreditovanim laboratorijama koje se bave analizom uzoraka iz životne sredine, ali može poslužiti kao osnova onima koji se obučavaju za rad u njima. Iskreno se nadam da će Praktikum popuniti prazninu koja postoji u ovoj vrsti udžbeničke literature na srpskom jeziku.

Na kraju, želela bih da se zahvalim svim studentima IV godine osnovnih akademskih studija Fakulteta zaštite na radu u Nišu, sa smerom Zaštita životne sredine, koji su mi ukazali poverenje opredelivši se da upišu izborni predmet Instrumentalne metode kontrole zagađenja, a naročito studentima prve, Ani Lilić, i druge generacije, Anđeliji Orlić, Dini Stanković, Petri Vasiljević, Milici Arsić, Nataliji Ilić i Nemanji Janićijeviću, i to ne samo na ukazanom poverenju, već i na inspiraciji i motivaciji. Veliku zahvalnost dugujem kolegama i prijateljima, Ani Stojković i Aci Božilovu, na sugestijama i pomoći da Praktikum što bolje približim potrebama budućih inženjera zaštite životne sredine. Posebnu zahvalnost želim da izrazim recenzentima, prof. dr Marini Stojanović i prof. dr Niku Raduloviću, ne samo na korisnim sugestijama, koje su značajno doprinele da ovaj Praktikum dobije svoj konačni oblik, već i na pomoći i korisnim savetima kojima su me usmeravali tokom profesionalnog sazrevanja. Za dizajn korica zaslužan je Rodoljub Avramović, na čemu sam mu jako zahvalna. Hvala i Bojanu, na pomoći i podršci u profesionalnom i privatnom životu.

U Nišu, marta 2022. godine

Dr Ana Bijelić, docent

Sadržaj

Vežba br. 1	Uvod u analizu zagađujućih supstanci	1
	Zagađivanje životne sredine	3
	Analiza zagađujućih supstanci	3
	Tehnika/metoda/protokol/procedura	5
	Metode analize zagađujućih supstanci	7
	Pitanja za proveru znanja	9
	Literatura	12
Vežba br. 2	Uzorkovanje i priprema uzorka za analizu	13
	Uzorkovanje	15
	Vrste uzoraka	15
	Minimalna količina uzorka	19
	Metode za konzerviranje uzoraka	20
	Maksimalno vreme čuvanja uzorka	22
	Sredstva i oprema za uzorkovanje	22
	Pravila i mere predostrožnosti prilikom uzorkovanja	27
	Priprema uzorka za analizu	27
	Metode digestije uzorka zemljišta i suspendovanih čestica za analizu metala	28
	Ekstrakcija tečnih ili čvrstih uzoraka	30
	Pitanja za proveru znanja	31
	Literatura	36
Vežba br. 3	Merenje fizičkih veličina i izražavanje sastava uzorka	39
	Merenje fizičkih veličina	41
	Fizičke veličine	41
	Merenje	41
	Osnovne i izvedene fizičke veličine	41
	Eksponencijalni zapis	43
	Prefiksi	44
	Izražavanje sastava uzorka	45
	Pitanja i zadaci za proveru znanja	48
	Literatura	54
Vežba br. 4	Greške merenja i prikazivanje rezultata merenja	55
	Vrste grešaka	57
	Grube greške (omaške)	57
	Sistematske greške	57
	Slučajne greške	58
	Indikatori kvaliteta merenja	58
	Greške merenja: apsolutna, relativna greška i standardna devijacija	60
	Srednja vrednost	60
	Apsolutna greška	60
	Relativna greška	61
	Standardna devijacija	61
	Prikazivanje rezultata merenja	62

Rezultat merenja.....	62
Sigurne i značajne cifre	62
Pravila zaokruživanja.....	64
Tabelarno prikazivanje rezultata merenja.....	66
Grafičko prikazivanje rezultata merenja	67
Pitanja za proveru znanja	69
Literatura.....	73
Vežba br. 5 Opšte napomene o radu u laboratoriji	75
Priprema za rad u laboratoriji	77
Radno okruženje i pravila rada u laboratoriji	77
Lična zaštitna oprema (PPE, engl. <i>personal protective equipment</i>)	78
Opasnost od požara	78
Električni uređaji	80
Opasnost od trovanja.....	80
Vrste povreda i pružanje prve pomoći u hemijskoj laboratoriji.....	81
Mehaničke povrede.....	81
Termičke povrede	81
Povrede od električnih udara	82
Hemijske povrede.....	82
Toksikološke povrede (trovanja).....	83
Odlaganje otpada.....	84
Pitanja za proveru znanja	85
Literatura.....	92
Vežba br. 6 Gravimetrijsko određivanje čvrste materije u vodi	93
TEORIJSKE OSNOVE	95
Osnove gravimetrijskih metoda analize.....	95
Čvrste materije u vodi.....	97
EKSPERIMENTALNI DEO	98
Princip metode	98
Bezbednost pri izvođenju vežbe.....	99
Laboratorijski pribor i oprema	99
Reagensi.....	99
Uzorak	99
Postupak.....	99
Odlaganje otpada	101
REZULTATI I DISKUSIJA	101
Rezultati analize.....	101
Diskusija rezultata analize.....	104
Literatura.....	106
Vežba br. 7 Volumetrijsko određivanje koncentracije SO₂ u vazduhu ..	107
TEORIJSKE OSNOVE	109
Osnove volumetrijskih metoda analize	109
Sumpor-dioksid.....	111
EKSPERIMENTALNI DEO	112
Princip metode	112

Bezbednost pri izvođenju vežbe	113
Laboratorijski pribor i oprema.....	113
Reagensi	113
Uzorak.....	113
Postupak.....	114
Odlaganje otpada.....	114
REZULTATI I DISKUSIJA.....	114
Rezultati analize.....	114
Diskusija rezultata analize.....	115
Literatura.....	117
Vežba br. 8 Termogravimetrijska analiza fosilnih goriva i biomase.....	119
TEORIJSKE OSNOVE.....	121
Osnove termogravimetrijskih metoda analize (TGA)	121
Fosilna goriva i biomasa.....	123
EKSPERIMENTALNI DEO	123
Princip metode	123
Bezbednost pri izvođenju vežbe	124
Laboratorijski pribor i oprema.....	124
Uzorci	124
Postupak.....	124
Odlaganje otpada.....	124
REZULTATI I DISKUSIJA.....	125
Rezultati analize.....	125
Diskusija rezultata analize.....	128
Literatura.....	130
Vežba br. 9 Elektrohemijsko određivanje vrednosti pH, specifične provodljivosti i koncentracije rastvorenog kiseonika u vodi.....	131
TEORIJSKE OSNOVE.....	133
Osnove elektrohemijskih metoda analize	133
pH, provodljivost i koncentracija rastvorenog kiseonika kao hemijski parametri kvaliteta vode	140
EKSPERIMENTALNI DEO	141
Princip metode	141
Bezbednost pri izvođenju vežbe	142
Laboratorijski pribor i oprema.....	142
Reagensi	142
Uzorak.....	142
Postupak.....	142
Odlaganje otpada.....	143
REZULTATI I DISKUSIJA.....	144
Rezultati analize.....	144
Diskusija rezultata analize.....	145
Literatura.....	147

Vežba br. 10 Određivanje koncentracije gvožđa u vodi metodom UV-Vis spektroskopije	149
TEORIJSKE OSNOVE	151
Spektroskopske metode	151
Osnove utraljubičasto-vidljive (UV-Vis) spektroskopije	153
<i>Lambert-Beer</i> -ov zakon	156
Gvožđe	158
EKSPERIMENTALNI DEO	159
Princip metode	159
Bezbednost pri izvođenju vežbe	159
Laboratorijski pribor i oprema	160
Reagensi	160
Uzorak	160
Postupak	160
Odlaganje otpada	162
REZULTATI I DISKUSIJA	162
Rezultati analize	162
Diskusija rezultata analize	165
Literatura	167
Vežba br. 11 Turbidimetrijsko određivanje mutnoće vode	169
TEORIJSKE OSNOVE	171
Osnove turbidimetrije i nefelometrije	171
Mutnoća vode	172
EKSPERIMENTALNI DEO	173
Princip metode	173
Bezbednost pri izvođenju vežbe	173
Laboratorijski pribor i oprema	174
Reagensi	174
Uzorak	174
Postupak	174
Odlaganje otpada	174
REZULTATI I DISKUSIJA	175
Rezultati analize	175
Diskusija rezultata analize	176
Literatura	177
Vežba br. 12 Određivanje koncentracije rastvorenog bakra u vodi metodom atomske apsorpcione spektroskopije (AAS)	179
TEORIJSKE OSNOVE	181
Osnove atomske apsorpcione spektroskopije (AAS)	181
Bakar	184
EKSPERIMENTALNI DEO	184
Princip metode	184
Bezbednost pri izvođenju vežbe	185
Laboratorijski pribor i oprema	185
Reagensi	185
Uzorak	185

Postupak.....	186
Odlaganje otpada.....	187
REZULTATI I DISKUSIJA.....	188
Rezultati analize.....	188
Diskusija rezultata analize.....	191
Literatura.....	193
Vežba br. 13 Određivanje sadržaja teških metala u vodi i zemljištu metodom optičke emisije spektroskopije sa induktivno-spregnutom plazmom (ICP-OES).....	195
TEORIJSKE OSNOVE.....	197
Osnove optičke emisije spektroskopije sa induktivno-spregnutom plazmom (ICP-OES)	197
Metali u životnoj sredini.....	199
EKSPERIMENTALNI DEO.....	200
Princip metode	200
Bezbednost pri izvođenju vežbe	200
Laboratorijski pribor i oprema.....	200
Reagensi	201
Uzorak.....	201
Postupak.....	201
Odlaganje otpada.....	204
REZULTATI I DISKUSIJA.....	204
Rezultati analize.....	204
Diskusija rezultata analize.....	207
Literatura.....	209
Vežba br. 14 Određivanje sadržaja gasova staklene bašte u vazduhu metodom infracrvene spektroskopije sa <i>Fourier</i>-ovom transformacijom (FTIR)	211
TEORIJSKE OSNOVE.....	213
Osnove infracrvene (IR) spektroskopije.....	213
Gasovi staklene bašte.....	216
EKSPERIMENTALNI DEO	217
Princip metode	217
Bezbednost pri izvođenju vežbe	217
Laboratorijski pribor i oprema.....	217
Reagens.....	217
Uzorak.....	217
Postupak.....	217
REZULTATI I DISKUSIJA.....	218
Rezultati analize.....	218
Diskusija rezultata analize.....	221
Literatura.....	222
Vežba br. 15 Određivanje sastava goriva metodom gasne hromatografije sa masenom spektrometrijom (GC-MS).....	223
TEORIJSKE OSNOVE.....	225

Osnove hromatografije.....	225
Osnove gasne hromatografije (GC)	226
Osnove masene spektrometrije (MS).....	228
Osnove gasne hromatografije sa masenom detekcijom (GC-MS).....	229
Nafta.....	231
EKSPERIMENTALNI DEO	232
Princip metode	232
Bezbednost pri izvođenju vežbe.....	233
Laboratorijski pribor i oprema	233
Reagensi.....	233
Uzorak	233
Postupak.....	233
Odlaganje otpada	234
REZULTATI I DISKUSIJA	234
Rezultati analize.....	235
Diskusija rezultata analize.....	238
Literatura.....	239
Indeks pojmova	241
Beleške	246