

Sveučilište: Sveučilište u Rijeci
Fakultet: Tehnički fakultet

Akadska godina: 2010-2011



ZAVRŠNO IZVJEŠĆE **o studentskoj praksi**

Student: Lana Bančić

Matični broj studenta: 0114015705

Studijska godina: I

Modul: Inženjerstvo materijala

Ime akademskoga mentora: doc.dr.sc. Zoran Jurković

Ime industrijskoga mentora: Davor Mandić, mag.ing.mech.

Pula, 2011. godine



1. Opće informacije

Student			
Ime studenta: Lana Bančić		Studijska razina: <input type="checkbox"/> Preddiplomski <input checked="" type="checkbox"/> Diplomski	
Matični broj: 0114015705	Adresa e-pošte: lana.bancic@gmail.com		Telefon: 099/404-6042
Razdoblje prakse	Od: 04.07.2011.	Do: 22.07.2011.	Broj sati: 120
Akademska institucija			
Sveučilište: Sveučilište u Rijeci			
Fakultet: Tehnički fakultet			
Adresa: Vukovarska 58		Grad: Rijeka	
Ime akademskoga mentora: Zoran Jurković		Pozicija: docent	
Adresa e-pošte: zoran.jurkovic@riteh.hr		Broj telefona: 051/651 466	
Poduzeće/institucija u kojem se ostvaruje praksa			
Ime: Centar za istraživanje metala Istarske županije - METRIS			
URL: www.metris-research.com			
Adresa: Zagrebačka 30		Grad: Pula	
Ime industrijskoga mentora: Davor Mandić		Pozicija: Voditelj mehaničkog odjela	
Adresa e-pošte: davor.mandic@ida.hr		Broj telefona: 052/388-110	

2. Uvod

METRIS - Centar za istraživanje metala Istarske županije djeluje u sastavu Istarske razvojne agencije d.o.o., a osnovan je u okviru provedbe projekta "Research Centre for Metal Industry in Istrian County - MET.R.IS.", sufinanciranog od strane EU iz fonda Phare 2006.

Ima stalno zaposlena četiri djelatnika.

Svoje usluge obavlja u četiri laboratorija namijenjena analizi metala i ispitivanju njihovih kemijskih, mehaničkih i strukturnih značajki te simulaciji njihovog statičkog, dinamičkog i nelinearnog odziva numeričkim metodama. U petom laboratoriju vršit će se analize i mjerenja antioksidativnog potencijala mediteranskih namirnica (suradnja Metris - MedILS).

Osim ispitivanja metala i ostalih čvrstih materijala, oprema koja se nalazi u Metris-u može pružiti čitav niz detaljnih ispitivanja za arheologe, restauratore i konzervatore. Do sada je Centar Metris u potpunosti proveo mnoga značajna istraživanja na kulturnom dobru. Sva izvješća su elaborati sa mišljenjima i tumačenjima stručnjaka za takve vrste analiza.

Osnovna djelatnost istraživačkog centra METRIS obuhvaća istraživanja i standardna ispitivanja iz slijedećih područja:

- kemijska analiza sastava materijala,
- određivanje mehaničkih svojstava metala (vlačna čvrstoća, modul elastičnosti, tvrdoća itd.),
- analiza površinske strukture materijala, korozije i loma,
- numerička analiza strukturnih detalja i konstrukcija.

Iako su djelatnosti METRIS-a prvenstveno vezane uz potrebe metalne industrije, istraživanja i testovi mogući su i na brojnim drugim anorganskim i organskim materijalima primjerice na kulturnom dobru.

Vrijedna djelatnost METRIS-a je i suradnja s obrazovnim institucijama, odnosno suradnja kroz nastavu, istraživanje i obrazovanje kadrova.



METRIS raspolaže sa slijedećom opremom:

- GDS 500A LECO - Optički emisijski spektrometar,
- FEG QUANTA 250 SEM FEI - Pretražni elektronski mikroskop,
- SZX10 OLYMPUS - Optički stereomikroskop,
- FEMAP NASTRAN - Softver za numeričke analize,
- MESSPHYSIK BETA 250 - Univerzalna statička kidalica,
- STRUERS DURAMIN - Uređaj za mjerenje tvrdoće i mikrotvrdoće prema Vickersu,
- STRUERS LABO POL - Uređaj za brušenje i poliranje.

3. Ciljevi PSP-a (Program studentske prakse) i metodologija

Kako sam praksu obavljala u Centru za istraživanje materijala, gdje vrsta i obim posla ovisi o potrebama kupaca usluga, bilo je nemoguće planirati konkretne zadatke kao i obim istih.

Moja obveza se sastojala u asistiranju svom mentoru i pomaganju mu u izvršavanju posla.

Prvi tjedan stručne prakse dobili smo za izmjeriti tvrdoću na dva uzorka materijala. Posao se sastojao u tome da se uzorke pripremi (brušenje i poliranje površine) da bi se mogla izmjeriti tvrdoća Vickers-ovim postupkom. Tvrdoća se mjerila na sredini uzoraka kao i uz rub istih. Na kraju je od dobivenih podataka izračunata mjerna nesigurnost primjenom statističkih alata.

Drugi tjedan imali smo zadatak ispitati kemijskog sastava uzorka od bronce. Kemijski sastav ispituje se na spektrometru.

Također, ispitivana je i vlačna čvrstoća kao i savojna čvrstoća materijala koji je dan na ispitivanje. Ispitivanje je izvršeno na kidalici.

Treći, zadnji tjedan stručne prakse bio je ujedno i meni najinteresantniji. Razlog tome leži u činjenici da sam, za razliku od prethodnih tjedana kada sam radila na uređajima koje imamo u laboratoriju za ispitivanje materijala, na Zavodu za materijale Tehničkog fakulteta u Rijeci te sam ih već otprije poznavala, radila na meni do sada nepoznatom uređaju. Zadatak je bio ispitati kompaktnost i kvalitetu čelične vodovodne cijevi na elektronskom mikroskopu FEG QUANTA 250 SEM FEI na biotehničkom odjelu Centra za istraživanje materijala. Sa

mikroskopom, njegovim mogućnostima i načinom rada sa njim, upoznala me voditeljica biotehničkog odjela dr.sc. Danijela Poljuha, kojoj sam asistirala pri ispitivanju vodovodne cijevi te sam, na kraju, samostalno sistematizirala dobivene rezultate te sastavila Izvještaj o ispitivanju.

4. Opis posla

Mjerenje tvrdoće na dva uzorka, jedan od čelika a drugi od aluminija, izvršeno je Vickersovim postupkom. Prije samog mjerenja tvrdoće, uzorke je potrebno pripremiti na način da se površina uzoraka brusi i polira. Brušenje i poliranje izvodi se na STRUERS LABO POL uređaju (slika 1).



Slika 1 Uređaj za brušenje i poliranje STRUERS LABO POL



Uzorak se stavi na postolje (magnet). Za nemagnetične uzorke postoje posebni držači na koje se uzorci pričvrste. Na rotirajuću glavu uređaja stavi se brusni papir s kojim se, uz dovod vode, brusi uzorak. Da bi površina bila što kvalitetnija brušenje se izvodi u više faza, na način da se prvo brusi grubljim papirom (manja granulacija brusnog papira) pa prema finijem (veća granulacija brusnog papira). Nakon brušenja, uzorak se polira. Poliranje se izvodi na isti način kao i brušenje, ali s tom razlikom da se poliranje izvodi uz dodatak posebne emulzije te, naravno, uz korištenje brusnog papira velike granulacije (veće od 250).

Nakon što je uzorak pripremljen, pristupa se mjerenju tvrdoće materijala postupkom Vickersa. Mjerenje se izvodi na uređaju za mjerenje tvrdoće i mikrotvrdoće prema Vickersu STRUERS DURAMIN (slika 2).



Slika 2 Uređaj za mjerenje tvrdoće i mikrotvrdoće prema Vickersu STRUERS DURAMIN

Tvrdoća se mjerila na sredini uzorka te uz rub poprečnog presjeka. Na svakoj poziciji izvršeno je pet mjerenja da bi dobiveni rezultati bili što više vjerodostojni. Zbog činjenice da dobiveni rezultati odstupaju međusobno, te da bi se moglo točno odrediti stvarna vrijednost tvrdoće uzorka (odnosno moguća greška pri mjerenju), od dobivenih rezultata se izračunala mjerna nesigurnost.

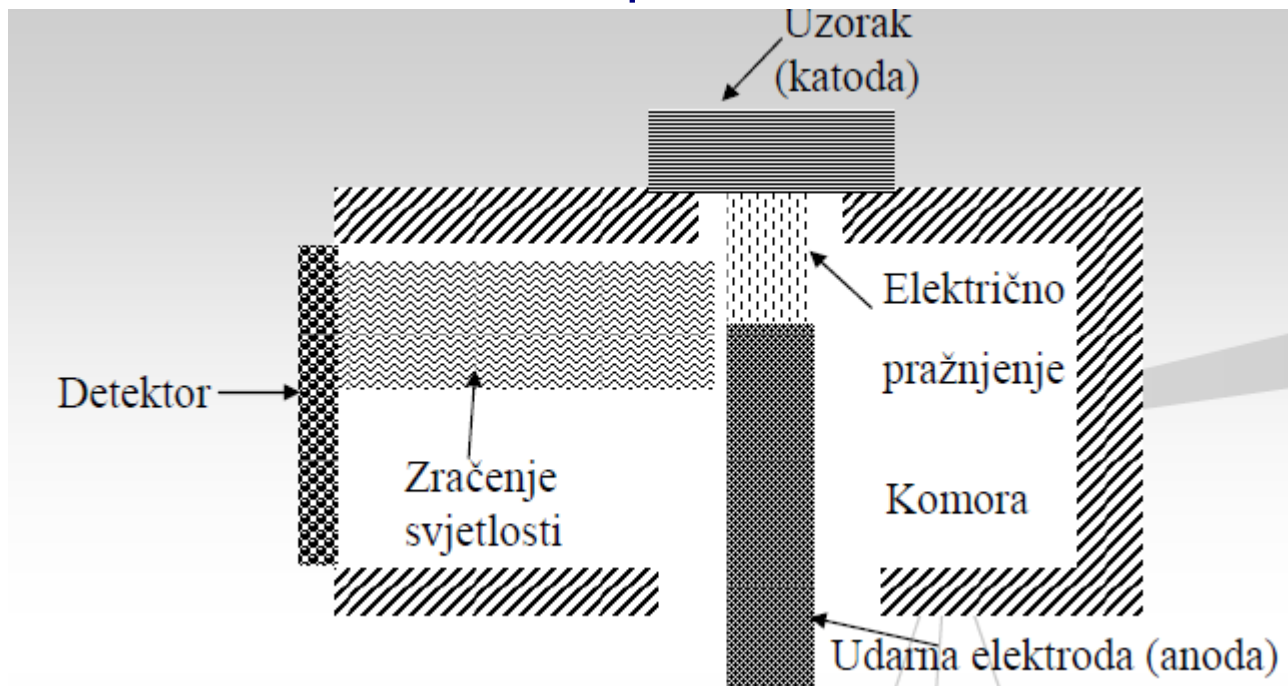
Ispitivanje kemijskog sastava materijala, u našem slučaju bronce, napravilo se na optičkom emisijskom spektrometru GDS 500A LECO (slika 3).



Slika 3 Optički emisijski spektrometar GDS 500A LECO

Princip rada optičkog emisijskog spektrometra sastoji se u određivanju valne duljine fotona koje emitiraju (ili apsorbiraju) elektroni prilikom prijelaza sa višeg na niži nivo (ili obrnuto). Valna duljina određuje identitet atoma (tj. element kojem pripada atom), a broj fotona iste valne duljine direktno je proporcionalan koncentraciji tog elementa u uzorku.

Da bi odredio valnu duljinu i količinu fotona optički spektrometar koristi visoki napon između katode i anode (slika 4).

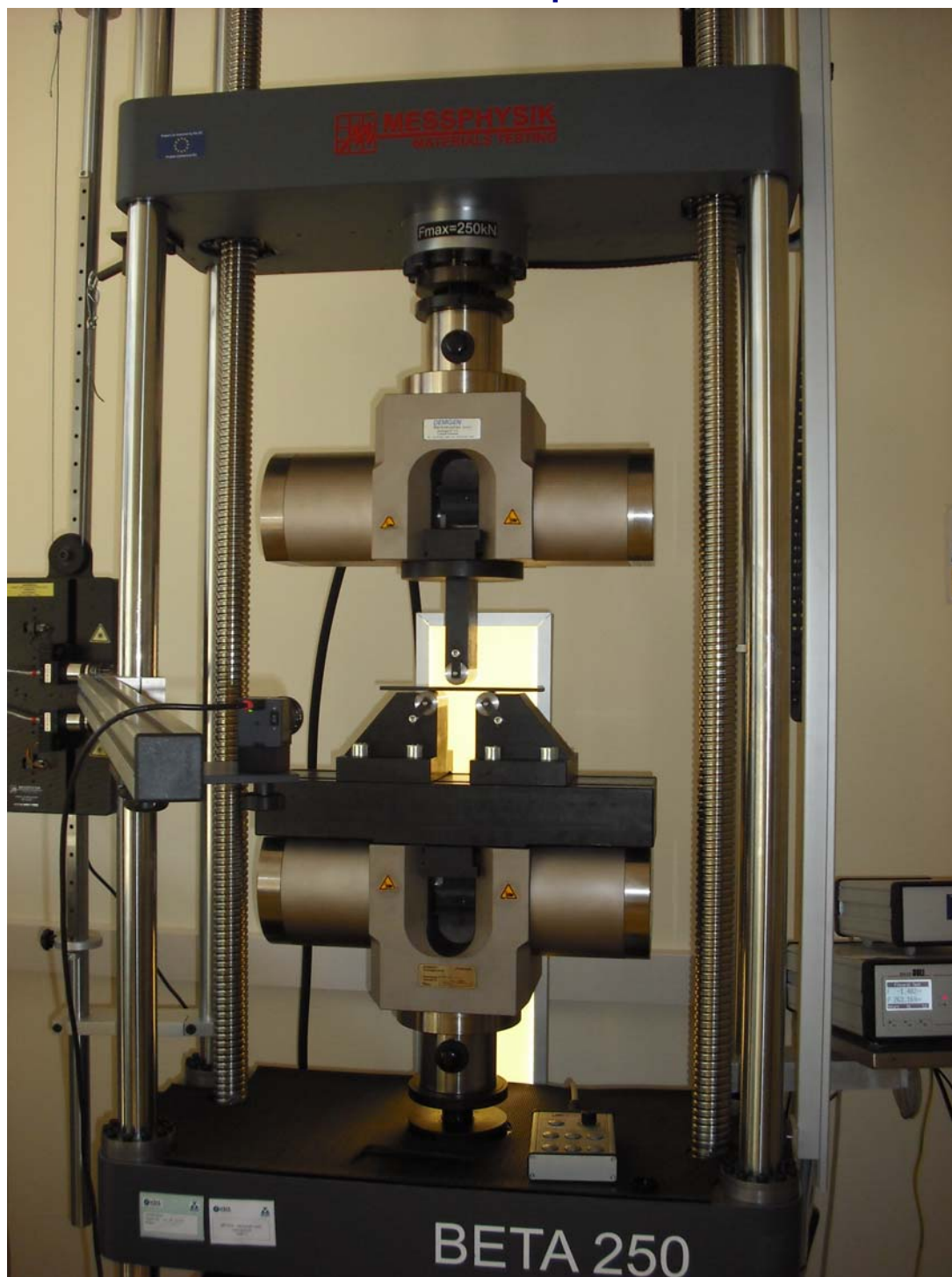


Slika 4 Princip rada spektrometra

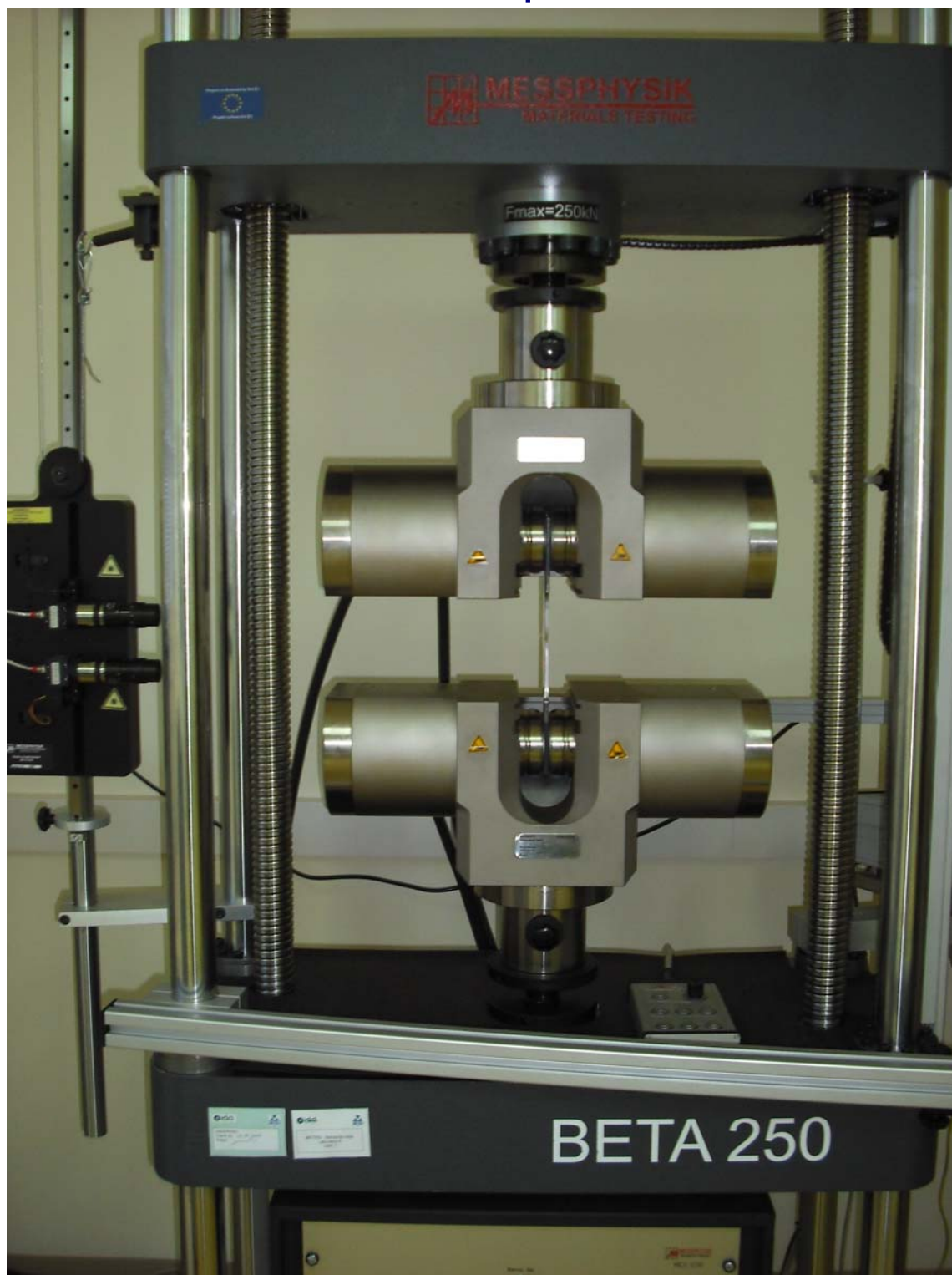
Zbog visokog napona između katode i anode usmjerenog u obliku svjetlosnog snopa dolazi do apsorpcije dijela ove svjetlosti (svjetlost ima energiju koja odgovara energetskej razlici između energijskih nivoa). U katodi (uzorku) dolazi do uzbude atoma metala (katode) u obliku svjetlosti s određenim emisijskim spektrom. Količina ove emitirane svjetlosti specifična za prijelaz određenog elektrona u njegovom atomu (tj. kemijskom elementu) izmjerena je na detektoru. Mjeri se samo emisijski spektar dobiven kalibriranom količinom svjetlosti za prijelaz između dva utvrđena energetska nivoa.

Inače rad sa spektrometrom je vrlo jednostavan. Uzorak se stavi u za to predviđeno mjesto, a rezultati su prikazani na monitoru i/ili ispisani na štampaču.

Nakon ispitivanja kemijskog sastava na spektrometru, obavljeno je ispitivanje vlačne i savojne čvrstoće za traženi uzorak. Ispitivanje čvrstoće obavilo se na statičkoj kidalici (slike 5 i 6).



Slika 5 Univerzalna statička kidalica MESSPHYSIK BETA 250 (pri ispitivanju savojne čvrstoće)



Slika 6 Univerzalna statička kidalica MESSPHYSIK BETA 250 (pri ispitivanju vlačne čvrstoće)

Uzorak za ispitivanje vlačne (i savojne čvrstoće) koji je standardnih dimenzija i oblika, stavi se u čeljusti kidalice. Čeljusti su izmjenjive, odnosno ovise o načinu ispitivanja (da li se ispituje vlačna ili savojna čvrstoća). Kad je uzorak učvršćen u čeljusti, uključuje se kidalica koja automatski povećava silu sve do loma uzorka. Rezultat ispitivanja prikazan je na monitoru u obliku dijagrama ili tabelarnog prikaza vrijednosti veličine sile u ovisnosti od dilatacije (produljenja ili progiba).

Zadnji tjedan stručne prakse provela sam u biotehničkom odjelu METRIS-a gdje sam asistirala voditeljici odjela dr.sc. Danijeli Poljuha pri ispitivanju kompaktnosti i kvalitete vodovodne cijevi. Naime, kupac je tražio uslugu ispitivanja iz razloga što planira nabaviti veću količinu cijevi. Kako je dobio više ponuda, jedna je bila daleko ekonomski povoljnija od ostalih. Da bi bio siguran da najpovoljnija ponuda zadovoljava i kvalitetom, donio je uzorak na ispitivanje.

Ispitivanje je obavljeno na elektronskom mikroskopu FEG QUANTA 250 SEM FEI (slika 7).

Sam rad sa mikroskopom nije baš jednostavan, odnosno potrebno je prethodno znanje i iskustvo. Tako da nisam bila u mogućnosti samostalno obaviti zadatak kao što sam samostalno obavila sve prethodne zadatke (jer sam imala predznanje stečeno na fakultetu), ali i sama mogućnost da budem tjedan dana u blizini mikroskopa i da se neposredno uvjerim u njegove mogućnosti predstavlja veliko iskustvo za mene.



Slika 7 Elektronski mikroskop FEG QUANTA 250 SEM FEI

5. Rezultati

Mjerenje tvrdoće čeličnog uzorka izvršeno je prvo na sredini uzorka. Rezultati mjerenja prikazani su u tablici 1.

Tablica 1 Rezultati mjerenja tvrdoće čelika na sredini

**** CONDITIONS ****					
Date	11-07-06 09:22	Condition File No.	--		
Sample Name	CELIK	Sample No.	1		
Mode	Single	Number of Test	5		
Indenter	Vickers	Number of Reading	2		
Test Load	9.807 N (HV1)	Time	15 sec		
Left Lens	X40	Left Correct	0.00		
Right Lens	X10	Right Correct	0.00		
Surface	Flat	Limit Maximum	1000.0		
Limit Minimum	1.0	Remarks	SREDINA		
No.	HV	Length1	Length2	HRC	Judge
1	210	92.82	95.19	13.3	OK
2	211	93.10	94.26	13.5	OK
3	210	93.73	94.10	13.3	OK
4	205	94.21	96.21	12.2	OK
5	207	94.69	94.79	12.6	OK
Mean Value	209				
Standard deviation	2.51				
Coefficient of variation	1.20				
Minimum value	205				
Maximum value	211				
Number of OK data	5				
Number of NG data	0				

Iz tablice se vidi da je napravljeno pet mjerenja te da je srednja vrijednost 209 HV.

Nakon mjerenja, analitičkim putem je izračunata mjerna nesigurnost, koja se određuje prema izrazu:

$$U = k \cdot \sqrt{u_E^2 + u_{CRM}^2 + u_M^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 209$$

Standardna devijacija ispitnog uzorka iznosi:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{5-1} \cdot \sum_{i=1}^5 [(210-209)^2 + (211-209)^2 + (210-209)^2 + (205-209)^2 + (207-209)^2]}$$

$$s_x = 2,55$$

Standardna nesigurnost mjerenja ispitnog uzorka dobije se:

$$u_{\bar{x}} = \frac{t \cdot s_x}{\sqrt{n}} = \frac{2,78 \cdot 2,55}{\sqrt{5}} = 3,17$$

Standardna nesigurnost prema rezoluciji duljine mjernog sustava:

$$u_{ms} = \frac{2 \cdot H}{d} \cdot \frac{\delta_{ms}}{2 \cdot \sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 209}{0,094} \cdot \frac{0,00001}{3,4641} = 0,0128$$

Mjerna nesigurnost iznosi:

$$U = 2 \cdot \sqrt{3,17^2 + 0,0128^2} = 6,34 \text{ [HV]}$$

$$\bar{X} = 209 \pm 6,34 \text{ [HV]}$$

Nakon mjerenja tvrdoće čeličnog uzorka na sredini, pristupilo se mjerenju tvrdoće uz rub uzorka. Izmjerene vrijednosti prikazane su u tablici 2.

Tablica 2 Rezultati mjerenja tvrdoće čelika uz rub

**** CONDITIONS ****					
Date	11-07-06 09:49	Condition File No.	--		
Sample Name	CELIK	Sample No.	1		
Mode	Single	Number of Test	5		
Indenter	Vickers	Number of Reading	2		
Test Load	9.807 N (HV1)	Time	15 sec		
Left Lens	X40	Left Correct	0.00		
Right Lens	X10	Right Correct	0.00		
Surface	Flat	Limit Maximum	1000.0		
Limit Minimum	1.0	Remarks	RUB		
No.	HV	Length1	Length2	HRC	Judge
1	222	92.01	90.59	16.0	OK
2	233	90.34	88.22	18.7	OK
3	232	89.19	89.65	18.5	OK
4	230	88.24	91.49	18.0	OK
5	223	89.78	92.51	16.2	OK
Mean Value		228			
Standard deviation		5.15			
Coefficient of variation		2.26			
Minimum value		222			
Maximum value		233			
Number of OK data		5			
Number of NG data		0			

Mjerna nesigurnost za ovaj slučaj iznosi:

$$U = k \cdot \sqrt{u_E^2 + u_{CRM}^2 + u_M^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 228$$

Standardna devijacija ispitnog uzorka iznosi:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{5-1} \cdot \sum_{i=1}^5 [(222 - 228)^2 + (233 - 228)^2 + (232 - 228)^2 + (230 - 228)^2 + (223 - 228)^2]}$$

$$s_x = 5,15$$

Standardna nesigurnost mjerenja ispitnog uzorka dobije se:

$$u_{\bar{x}} = \frac{t \cdot s_x}{\sqrt{n}} = \frac{2,78 \cdot 5,15}{\sqrt{5}} = 6,4$$



Standardna nesigurnost prema rezoluciji duljine mjernog sustava:

$$u_{ms} = \frac{2 \cdot H}{d} \cdot \frac{\delta_{ms}}{2 \cdot \sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 228}{0,09} \cdot \frac{0,00001}{3,4641} = 0,0146$$

Mjerna nesigurnost iznosi:

$$U = 2 \cdot \sqrt{6,4^2 + 0,0146^2} = 12,8 \text{ [HV]}$$

$$\bar{X} = 228 \pm 12,8 \text{ [HV]}$$

Nakon određivanja tvrdoće čeličnog uzorka prema Vickersu, isti postupak koristio se je i za mjerenje tvrdoće aluminijskog uzorka. Izmjerene vrijednosti tvrdoće aluminijskog uzorka na sredini jesu:

Tablica 3 Rezultati mjerenja tvrdoće aluminija na sredini

```
**** CONDITIONS ****

Date          11-07-07 09:04      Condition File No.  --
Sample Name   ALUMINIJ                      Sample No.         2
Mode          Single                       Number of Test     5
Indenter      Vickers                       Number of Reading  2
Test Load     9.807 N ( HV1 )              Time               15 sec
Left Lens     X40                          Left Correct       0.00
Right Lens    X10                          Right Correct      0.00
Surface       Flat
Limit Minimum 1.0                          Limit Maximum     1000.0
Remarks      SREDINA

No.   HV      Length1  Length2      HRC      Judge
 1   34.8    219.76   241.38      ----    OK
 2   35.2    220.33   238.52      ----    OK
 3   34.6    223.87   239.04      ----    OK
 4   33.5    221.38   248.67      ----    OK
 5   35.8    223.80   230.98      ----    OK

Mean Value          34.8
Standard deviation  0.85
Coefficient of variation  2.44
Minimum value       33.5
Maximum value       35.8
Number of OK data   5
Number of NG data   0
```

Mjerna nesigurnost za ovaj slučaj iznosi:

$$U = k \cdot \sqrt{u_E^2 + u_{CRM}^2 + u_M^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 34,8$$

Standardna devijacija ispitnog uzorka iznosi:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{5-1} \cdot \sum_{i=1}^5 [(34,8 - 34,8)^2 + (35,2 - 34,8)^2 + (34,6 - 34,8)^2 + (33,5 - 34,8)^2 + (35,8 - 34,8)^2]}$$

$$s_x = 0,95$$

Standardna nesigurnost mjerenja ispitnog uzorka dobije se:

$$u_{\bar{x}} = \frac{t \cdot s_x}{\sqrt{n}} = \frac{2,78 \cdot 0,95}{\sqrt{5}} = 1,18$$

Standardna nesigurnost prema rezoluciji duljine mjernog sustava:

$$u_{ms} = \frac{2 \cdot H}{d} \cdot \frac{\delta_{ms}}{2 \cdot \sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 34,8}{0,231} \cdot \frac{0,00001}{3,4641} = 0,00087$$

Mjerna nesigurnost iznosi:

$$U = 2 \cdot \sqrt{1,18^2 + 0,00087^2} = 2,36 \text{ [HV]}$$

$$\bar{X} = 34,8 \pm 2,36 \text{ [HV]}$$



Vrijednosti tvrdoće aluminijskog uzorka uz rub, nakon pet mjerenja jesu:

Tablica 4 Rezultati mjerenja tvrdoće aluminija uz rub

**** CONDITIONS ****																																									
Date	11-07-07 09:29	Condition File No.	--																																						
Sample Name	ALUMINIJ	Sample No.	2																																						
Mode	Single	Number of Test	5																																						
Indenter	Vickers	Number of Reading	2																																						
Test Load	9.807 N (HV1)	Time	15 sec																																						
Left Lens	X40	Left Correct	0.00																																						
Right Lens	X10	Right Correct	0.00																																						
Surface	Flat	Limit Maximum	1000.0																																						
Limit Minimum	1.0	Remarks	RUB																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>HV</th> <th>Length1</th> <th>Length2</th> <th>HRC</th> <th>Judge</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>34.2</td> <td>233.26</td> <td>231.78</td> <td>----</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>29.8</td> <td>236.06</td> <td>262.57</td> <td>----</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>31.9</td> <td>236.44</td> <td>245.52</td> <td>----</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>34.4</td> <td>232.78</td> <td>231.15</td> <td>----</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>32.3</td> <td>244.11</td> <td>235.01</td> <td>----</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>						No.	HV	Length1	Length2	HRC	Judge	1	34.2	233.26	231.78	----	OK	2	29.8	236.06	262.57	----	OK	3	31.9	236.44	245.52	----	OK	4	34.4	232.78	231.15	----	OK	5	32.3	244.11	235.01	----	OK
No.	HV	Length1	Length2	HRC	Judge																																				
1	34.2	233.26	231.78	----	OK																																				
2	29.8	236.06	262.57	----	OK																																				
3	31.9	236.44	245.52	----	OK																																				
4	34.4	232.78	231.15	----	OK																																				
5	32.3	244.11	235.01	----	OK																																				
Mean Value	32.5																																								
Standard deviation	1.88																																								
Coefficient of variation	5.79																																								
Minimum value	29.8																																								
Maximum value	34.4																																								
Number of OK data	5																																								
Number of NG data	0																																								

Mjerna nesigurnost za ovaj slučaj iznosi:

$$U = k \cdot \sqrt{u_E^2 + u_{CRM}^2 + u_M^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 32,5$$

Standardna devijacija ispitnog uzorka iznosi:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{5-1} \cdot \sum_{i=1}^5 [(34,2 - 32,5)^2 + (29,8 - 32,5)^2 + (31,9 - 32,5)^2 + (34,4 - 32,5)^2 + (32,3 - 32,5)^2]}$$

$$s_x = 1,88$$



Standardna nesigurnost mjerenja ispitnog uzorka dobije se:

$$u_{\bar{x}} = \frac{t \cdot s_x}{\sqrt{n}} = \frac{2,78 \cdot 1,88}{\sqrt{5}} = 2,34$$

Standardna nesigurnost prema rezoluciji duljine mjernog sustava:

$$u_{ms} = \frac{2 \cdot H}{d} \cdot \frac{\delta_{ms}}{2 \cdot \sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 32,5}{0,239} \cdot \frac{0,00001}{3,4641} = 0,00079$$

Mjerna nesigurnost iznosi:

$$U = 2 \cdot \sqrt{1,88^2 + 0,00079^2} = 3,76 \text{ [HV]}$$

$$\bar{X} = 32,5 \pm 3,76 \text{ [HV]}$$

Ispitivanje kemijskog sastava bronce napravilo se na optičkom emisijskom spektrometru GDS 500A LECO, a dobivene su sljedeće vrijednosti:

Tablica 5 Kemijski sastav bronce

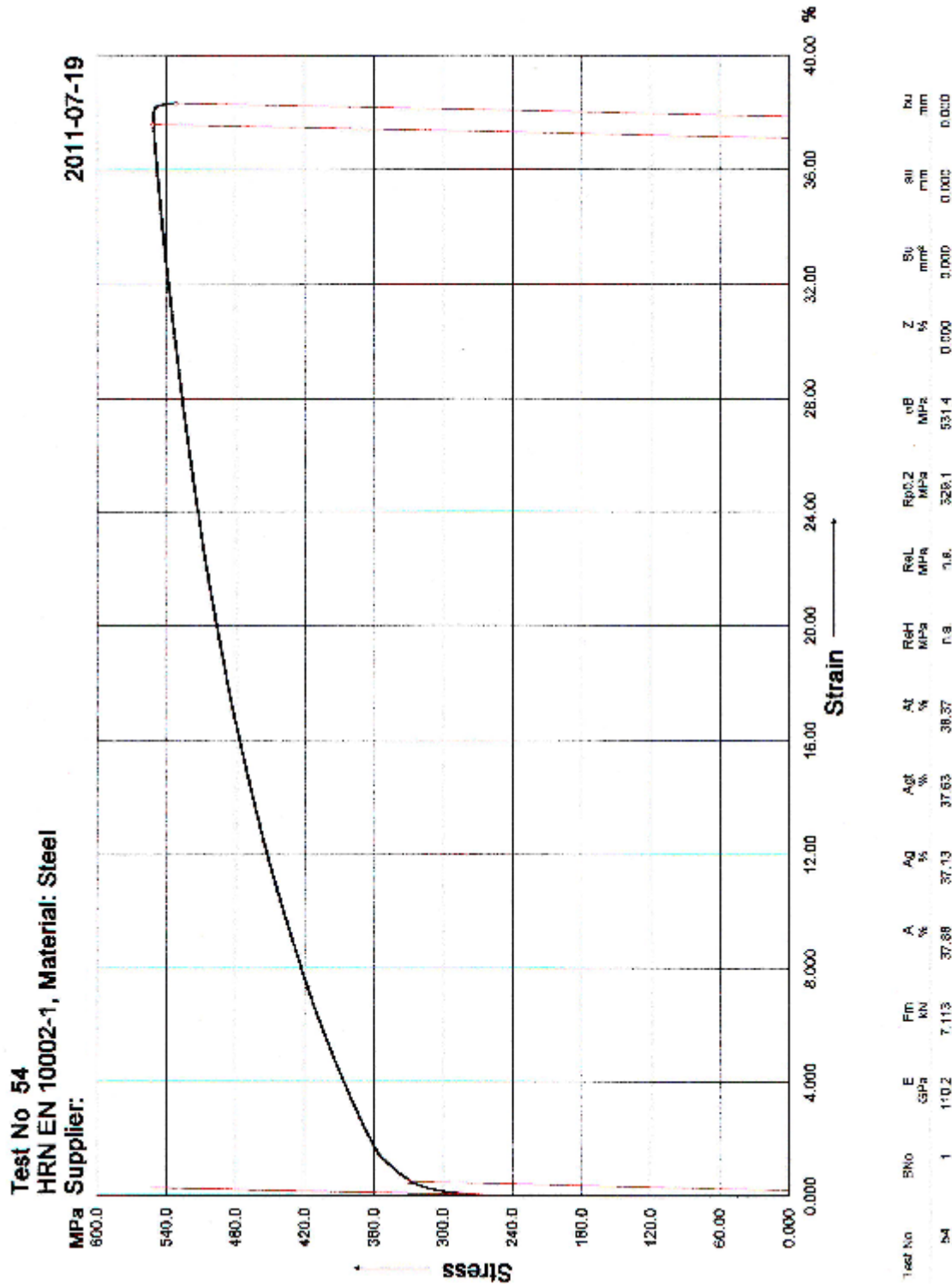
Centar za istraživanje metala MET.RI.S., Pula



Name	Voltage	Current	Pressure	Analysis Date													
bronca	1098	35.0	4.09	7/11/2011 8:51:01 AM													
	Sn %	Pb %	Zn %	Ni %	Fe3 %	P %	Si %	Mn %	Al3 %	As %	Sb %	Bi %	S %	Ag %	Cu %	Cu%	
Average	0.2113	3.040	37.11	0.108	0.255	0.00	0.00	0.0065	0.000	0.0283	0.00	0.0130	0.0013	0.0159	0.00	59.19	
%RSD	3.12	2.10	1.34	1.20	1.24	0.00	0.00	2.51	0.00	7.35	0.00	2.83	75.52	3.96	0.00	0.82	
1 (Yes)	0.2171	3.014	37.68	0.109	0.254	0.00	0.00	0.0067	0.000	0.0259	0.00	0.0133	0.0006	0.0164	0.00	58.64	
2 (Yes)	0.2041	2.994	36.80	0.107	0.252	0.00	0.00	0.0064	0.000	0.0297	0.00	0.0126	0.0025	0.0152	0.00	59.56	
3 (Yes)	0.2128	3.113	36.84	0.109	0.258	0.00	0.00	0.0064	0.000	0.0293	0.00	0.0132	0.0009	0.0161	0.00	59.38	

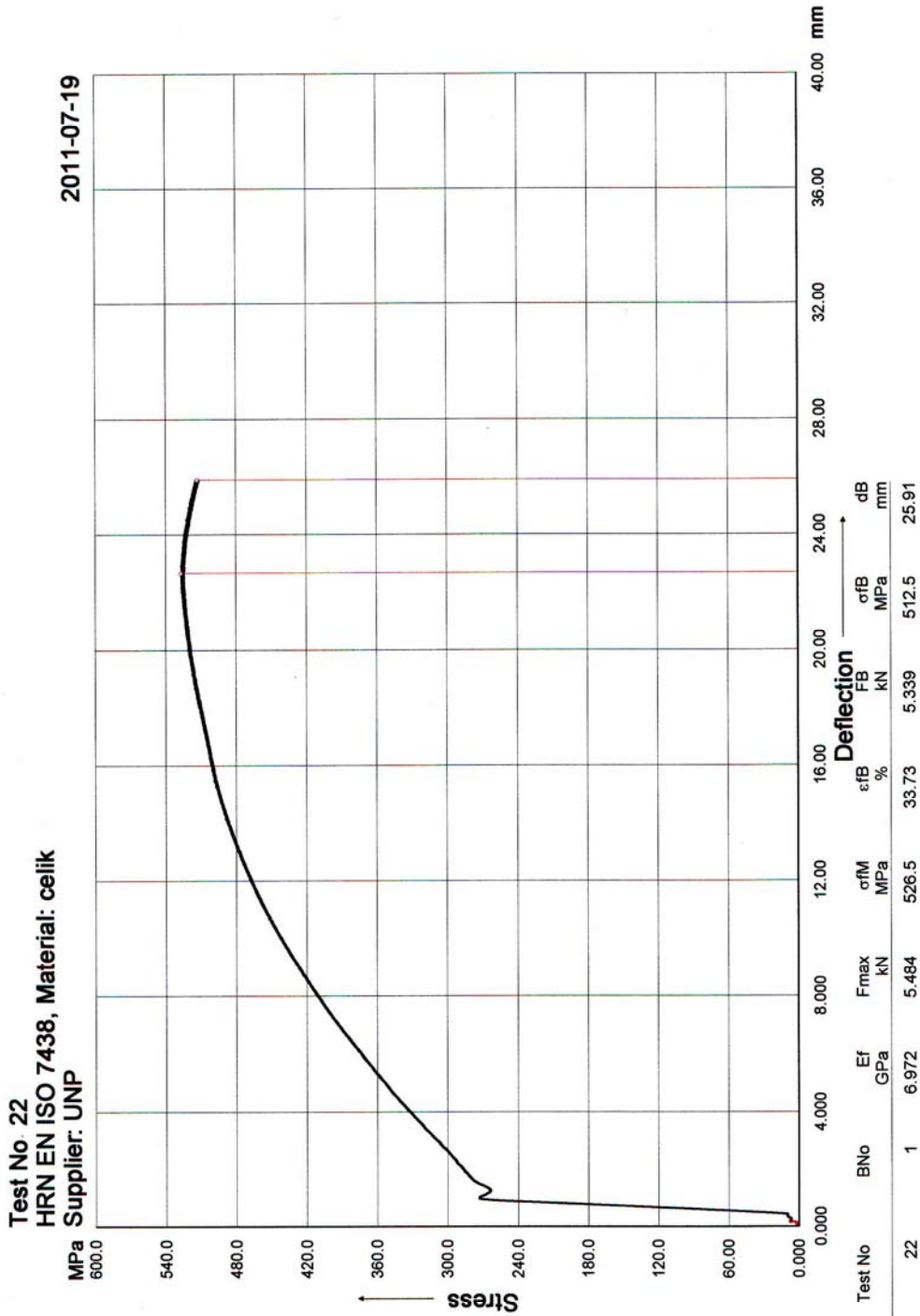
Vlačna i savojna čvrstoća čeličnog uzorka ispitivala se na statičkoj kidalici. Rezultat ispitivanja je dijagram vlačne i savojne čvrstoće materijala uzorka.

Dijagram 1 Dijagram vlačne čvrstoće čelika



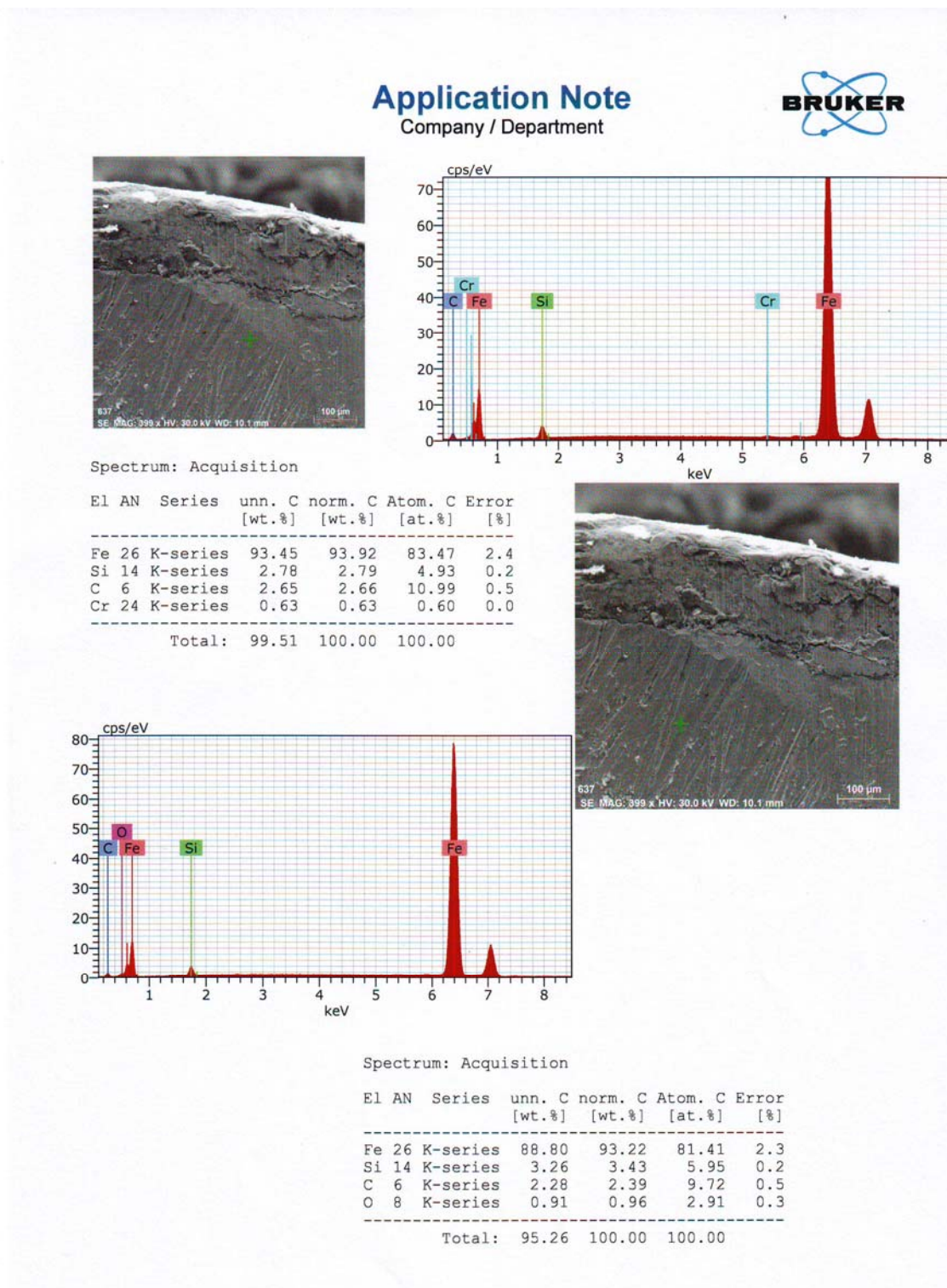


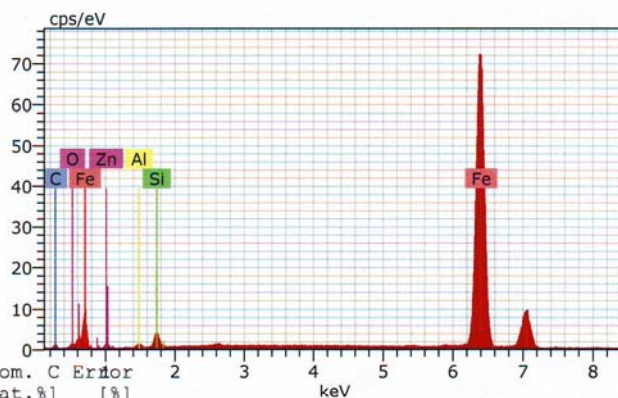
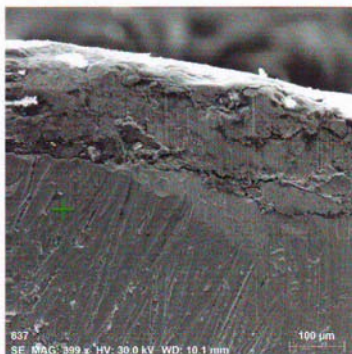
Dijagram 2 Dijagram savojne čvrstoće čelika



Rezultati ispitivanja kompaktnosti i kvalitete vodovodne cijevi, obavljenog na elektronskom mikroskopu FEG QUANTA 250 SEM FEI jesu:

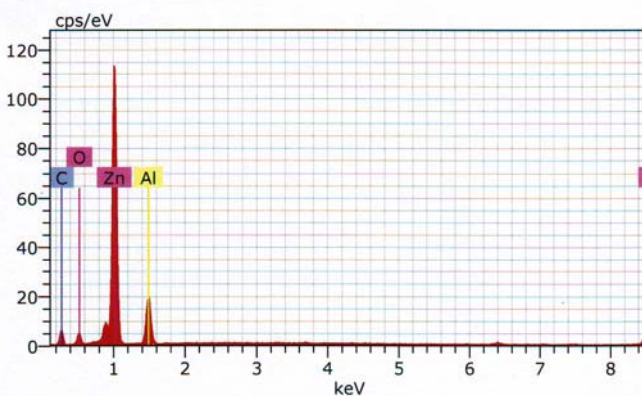
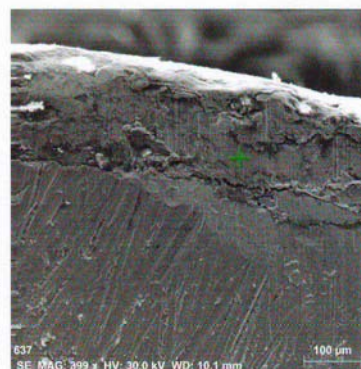
Dijagram 3 Rezultati kvalitete cijevi





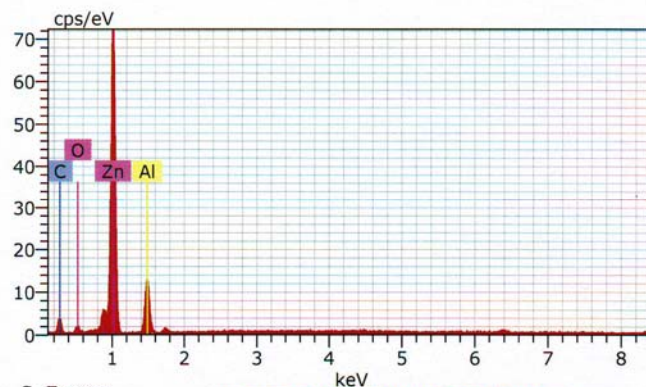
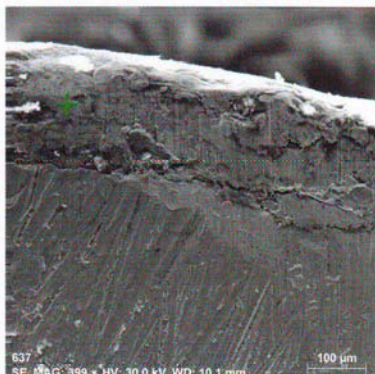
Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Fe	26	K-series	82.15	89.13	74.91	2.1
Si	14	K-series	3.35	3.63	6.07	0.2
C	6	K-series	2.22	2.41	9.43	0.5
O	8	K-series	2.01	2.19	6.41	0.5
Zn	30	K-series	1.27	1.38	0.99	0.1
Al	13	K-series	1.16	1.26	2.19	0.1
Total:			92.17	100.00	100.00	



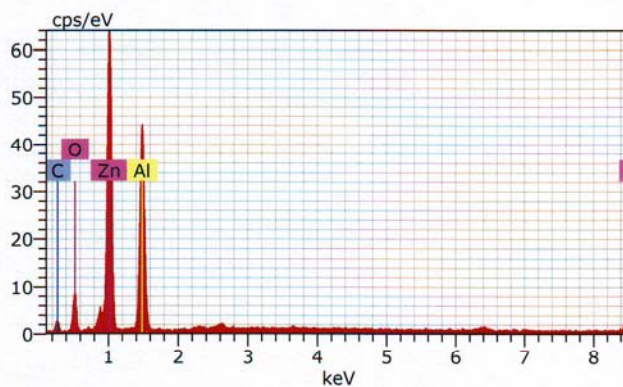
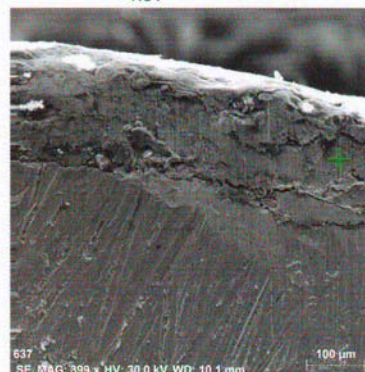
Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Zn	30	K-series	45.33	51.09	21.33	1.1
O	8	K-series	21.28	23.98	40.93	3.5
Al	13	K-series	13.31	15.00	15.18	0.7
C	6	K-series	8.81	9.93	22.56	1.4
Total:			88.74	100.00	100.00	



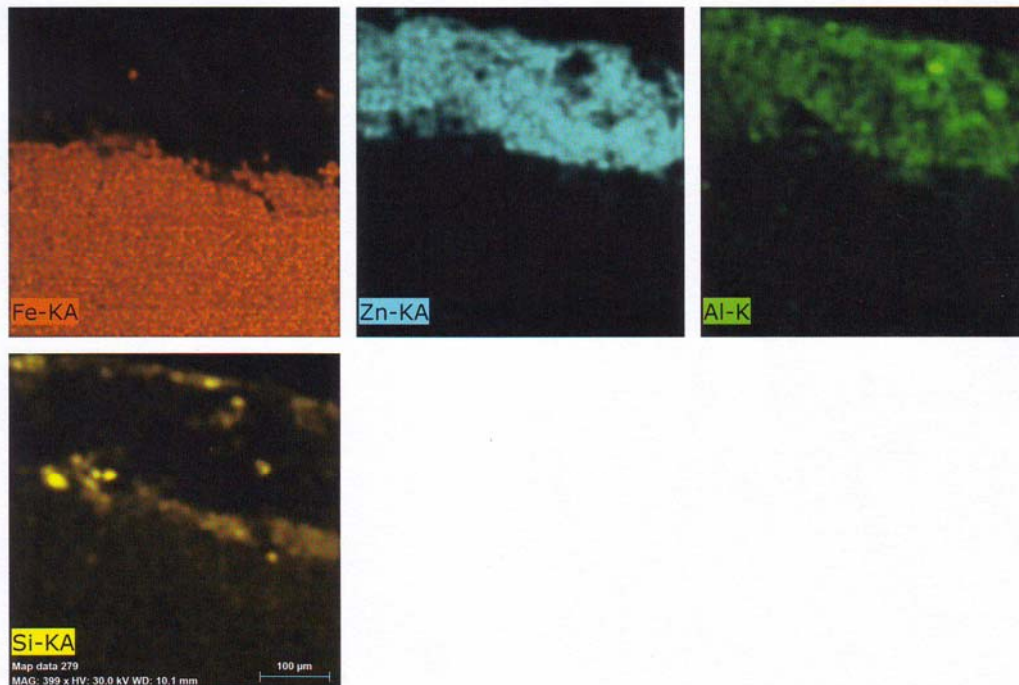
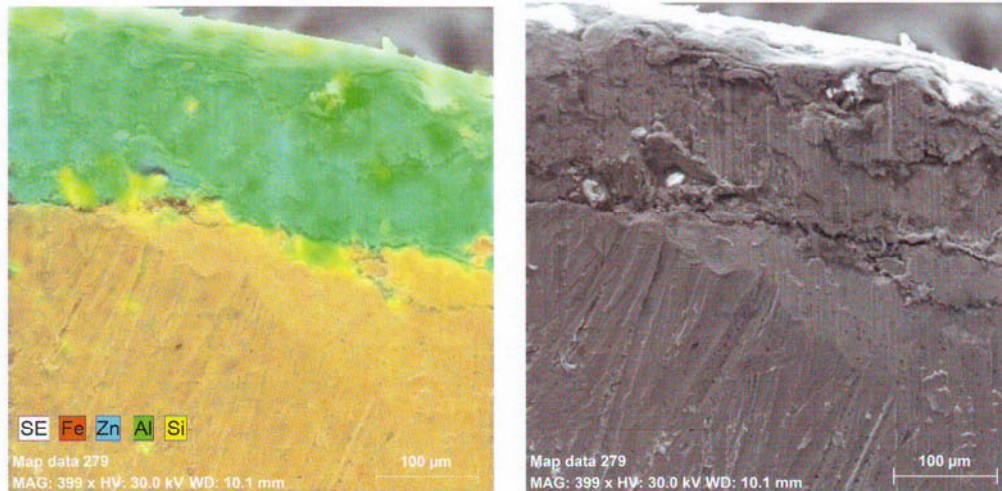
Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Zn	30	K-series	53.42	58.56	27.34	1.4
Al	13	K-series	14.88	16.32	18.46	0.8
O	8	K-series	13.91	15.25	29.09	3.4
C	6	K-series	9.01	9.88	25.11	1.9
Total:			91.22	100.00	100.00	



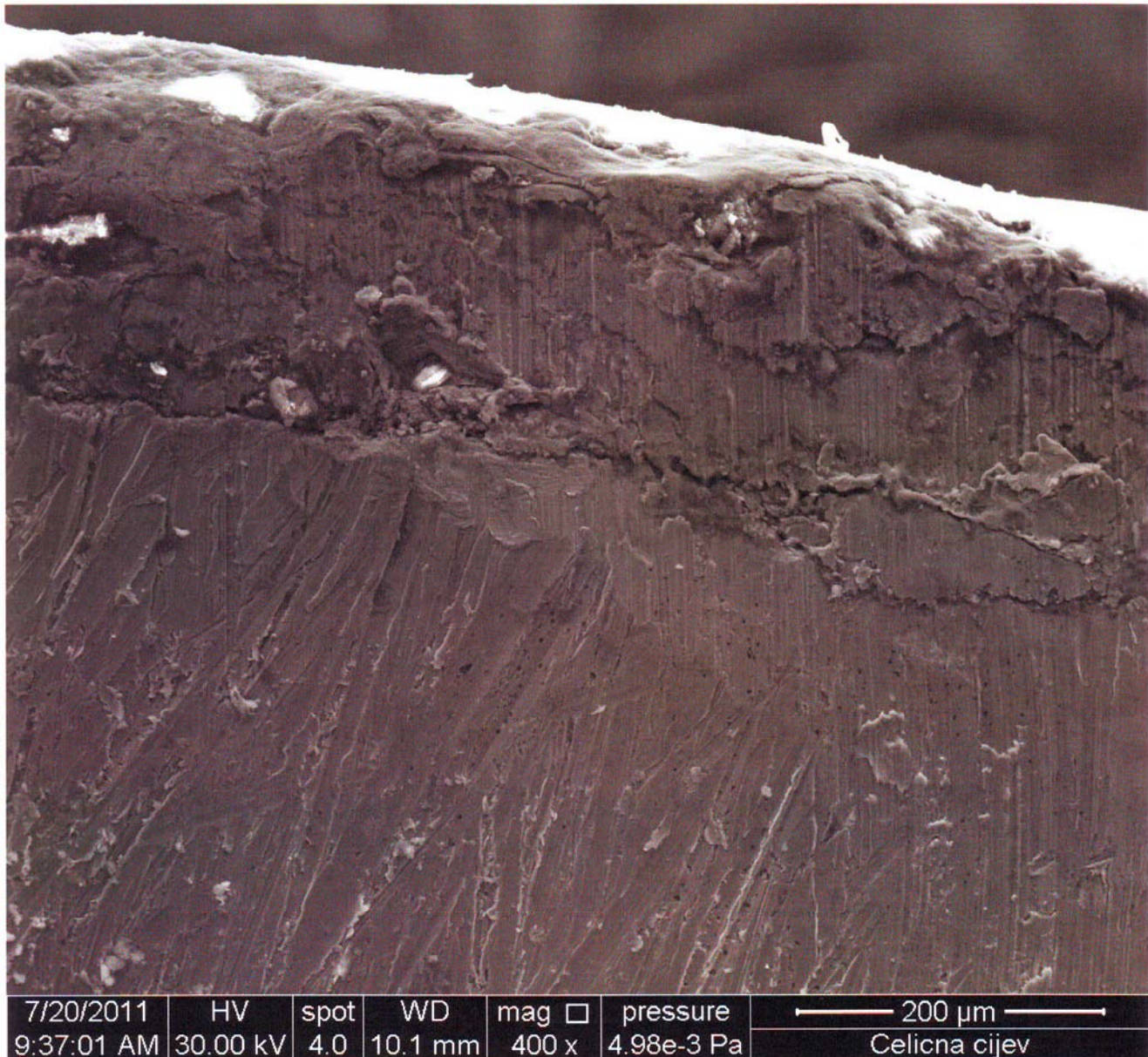
Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Zn	30	K-series	45.54	48.22	21.88	1.2
Al	13	K-series	26.39	27.94	30.72	1.4
O	8	K-series	17.62	18.66	34.60	2.9
C	6	K-series	4.90	5.18	12.81	1.0
Total:			94.45	100.00	100.00	



Slika 8 Raspored kemijskih elemenata u cijevi

Celicna cijev



Slika 9 Struktura cijevi uvećana 400 puta



6. Reference

- [1] Državni zavod za mjeriteljstvo, *Vrednovanje mjernih podataka – Upute za iskazivanje mjerne nesigurnosti*, JCGM 100:2008
- [2] http://eqibelt.srce.hr/fileadmin/dokumenti/tempus_eqibelt/rijeka_rad/EQIBELT_Rijeka_Barasic.pdf
- [3] <http://www.metris-research.com/>
- [4] http://www.vorax.hr/dokumenti/hr/mjer_tvr_hr.html

7. Zaključak

Stručna praksa obavljena u Centru za istraživanje metala Istarske županije - METRIS bila je za mene iznimno uspješno iskustvo. Razlog tome leži u činjenici da sam u METRIS-u bila u mogućnosti primijeniti znanja stečena na fakultetu. Naime, u laboratoriju za ispitivanje materijala, na Zavodu za materijale Tehničkog fakulteta u Rijeci radili smo većinu onoga što sam radila u METRIS-u sa time što sam na praksi bila u mogućnosti sve to raditi u stvarnom okruženju, na realnim zadacima. Također, imala sam priliku raditi na pretražnom elektronskom mikroskopu FEG QUANTA 250 SEM FEI koji je vrhunski uređaj (slijedeći najbliži takav mikroskop se nalazi u Londonu).

Obavljajući stručnu praksu shvatila sam da znanja koja stječemo na Tehničkom fakultetu Rijeka omogućuju nam da uspješno obavljamo posao u stvarnom okruženju, što mi daje još veći poticaj za učenjem i napredovanjem.

www.riteh.uniri.hr
zoran.jurkovic@riteh.hr
tel.: +385 51 651 466
fax: +385 51 651 468



Datum: 25.07.2011. **Mjesto:** Pula

Potpis studenta:

Potpis industrijskoga mentora:
