



www.metrisplus.com

Korozija i zaštita u sustavima vodovoda i odvodnje

S. Martinez

University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology
Dpt. of Electrochemistry, Marulićev trg 19, p.p. 177, Zagreb

Tel. +385(1)4597116

e-mail: sanja.martinez@fkit.hr

web: www.fkit.hr/korozija



THE PROJECT IS CO-FUNDED BY THE EUROPEAN UNION, INSTRUMENT FOR PRE-ACCESSION ASSISTANCE.





korozija i zaštita u sustavima vodovoda i odvodnje

korozija u vodenom okolišu

- u vlazi atmosferska korozija
- u vodi korozija u uvjetima uronjenosti
- u tlu korozija ukopanih objekata





korozija obuhvaća

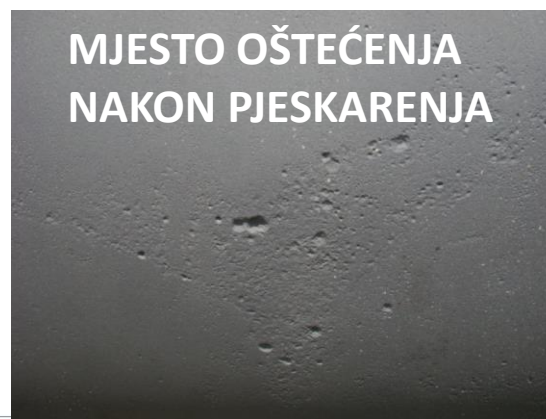
- cjevovode
- rukohvate
- rešetke
- ljestve
- ormariće
- zupce grablji
- betonske zidove
- rasvjetne stupove





primjer – korozija cjevovoda u tlu

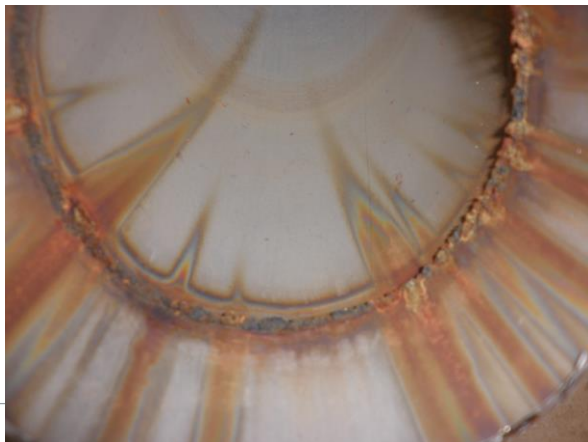
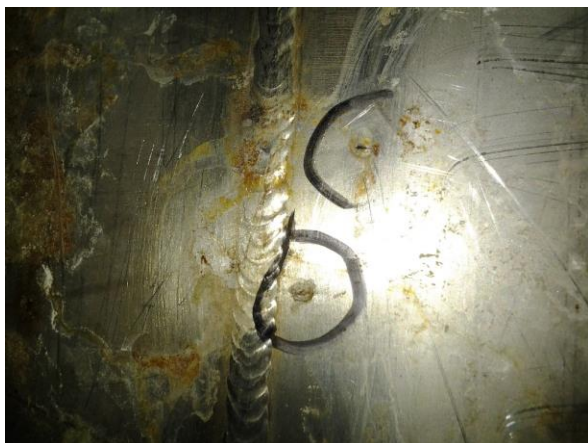
- prirodna brzina opće korozije čelika u tlu je oko **0.014 mm/god**, a u agresivnom tlu **0.2 mm/god**
- brzina korozije pod utjecajem mikrobiološke korozije i DC lutajućih struja raste tipično na vrijednosti \propto **0.1 do 1 mm/god**
- brzina AC korozije kreće se od **0.05 do 12.7 mm/god**, a srednja vrijednost je **1.52 mm/god**



korozija zbog lutajućih struja



mikrobiološka korozija u pitkoj vodi



atmosferska korozija





konstrukcijski materijali

metalni materijali

- duktilni lijev
- ugljični čelik
- pocinčani čelik
- nehrđajući čelik
- aluminij
- bakrove legure





konstrukcijski materijali

nemetalni materijali

- beton
- polivinil klorid
- klorirani polivinil klorid
- polietilen
- plastika ojačana staklenim vlaknima





konstrukcijski materijali

dozvoljene koncentracije olova u pitkoj vodi

- do 2003 - 40 ppb
- 2003 - 25 ppb
- 2013 -10 ppb

EnviroBrass legure
(SeBiLOYs).

LEGURA	Cu	Zn	Sn	Pb
UNS C83600	85%	-	5%	5%
UNS C84400	81%	-	3%	7%
UNS C85800	Ost.	31-41	1,5%	1,5%

oblici korozije

- jednolika korozija
- korozija u procijepu
- jamičasta korozija
- mikrobiološki potaknuta korozija
- galvanska korozija
- erozijska korozija
- intergranularna korozija
- selektivno otapanje
- korozijsko raspucavanje
- korozijski zamor





korozivni uvjeti okoliša - kemijski neprerađene otpadne vode

organske komponente masti, proteini, površinski aktivne tvari, ulja, pesticidi, fenoli

anorganske komponente teški metali, dušik, fosfor, sumpor, kiseline, lužine, toksični spojevi različitog porijekla

plinovi sumporovodik, merkaptani, amini, hlapljive masne kiseline

dodaci koagulanti, flokulanti, sredstva za taloženje metala emulgatori, sredstva protiv pjenjenja i mirisa, neutralizatori



korozivni uvjeti okoliša - kemijski

najvažnije korozivne vrste

- O_2 otopljen u vodi ili parnoj fazi
- H_2S otopljen u vodi ili parnoj fazi
- Cl_2 rezidualni u vodi ili u otopljen u parnoj fazi
- Cl^- u vodenoj fazi, sloju vlage ili tlu
- $FeCl_3$ kemijski dodaci u vodenoj fazi





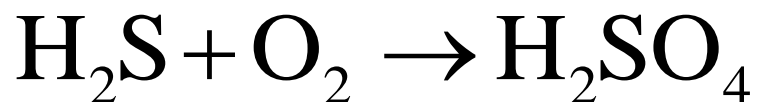
korozivni uvjeti okoliša – kemijski utjecaj koncentracije klorida

- **uglični čelik** ovisi p pH, T, O₂ i brzini protoka
- **nehrđajući čelik 304** do **200 ppm**
- **nehrđajući čelik 316** do **1000 ppm**
- **armaturni čelik u betonu** novi do **7000 ppm**
karbonizirani **100 ppm**
- **bakrove legure** pogodne su za primjenu u morskoj vodi
- **aluminij** nije otporan na kloride



korozivni uvjeti okoliša – kemijski utjecaj H₂S-a

-otpušta se s površine vode i otapa u vlazi



- nastala sulfatna kiselina napada:

uglični čelik

bakar

aluminij

beton



THE PROJECT IS CO-FUNDED BY THE EUROPEAN UNION, INSTRUMENT FOR PRE-ACCESSION ASSISTANCE.





THE PROJECT IS CO-FUNDED BY THE EUROPEAN UNION, INSTRUMENT FOR PRE-ACCESSION ASSISTANCE.



let's grow up together



THE PROJECT IS CO-FUNDED BY THE EUROPEAN UNION, INSTRUMENT FOR PRE-ACCESSION ASSISTANCE.

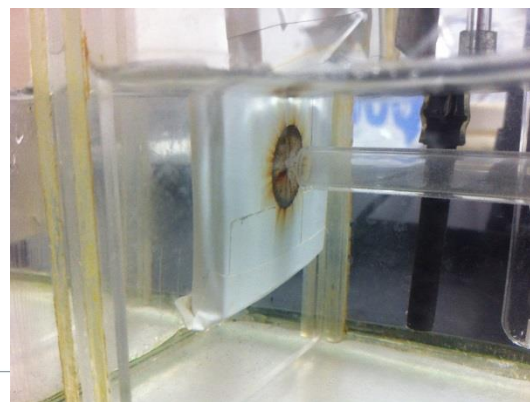




korozivni uvjeti okoliša – fizikalni utjecaj protoka

- **uglični čelik** protoci do **1 m s⁻¹**
- **bakrove legure** protoci od **0.9** do **2,5 m s⁻¹**
- **nehrđajući čelik** protoci do **0.6** do **30 m s⁻¹**

utjecaj turbulencija i erozije





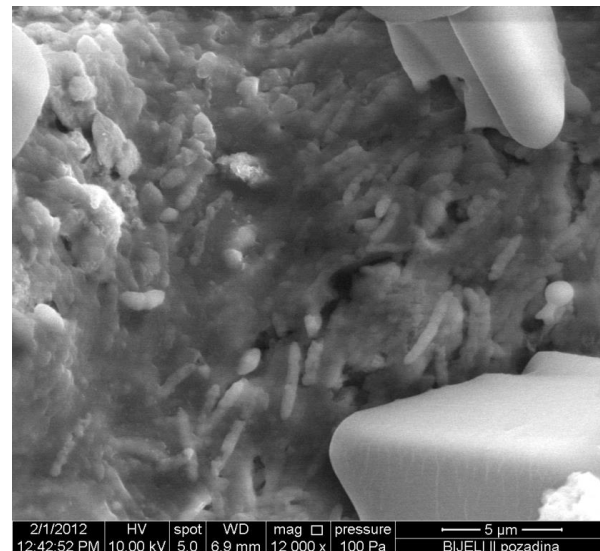
korozivni uvjeti okoliša – biološki

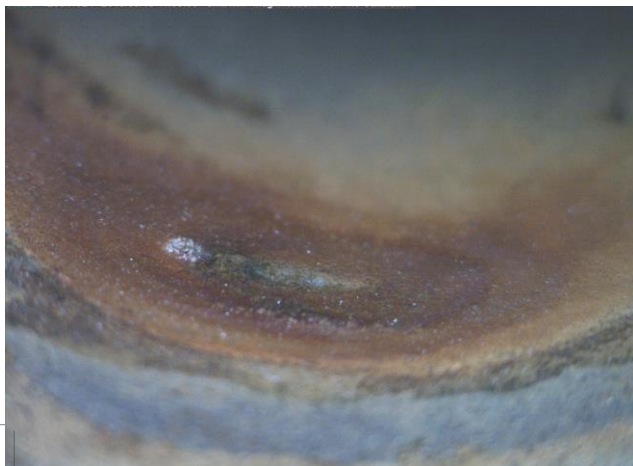
mikroorganizmi

- u vodenoj fazi
- u sloju vlage
- u tlu

najvažnije vrste bakterija

- **sulfat reducirajuće** desulfovibro
- **željezo/mangan oksidirajuće** gallionella
- **sumpor oksidirajuće** thiobacillus thiooxidans





THE PROJECT IS CO-FUNDED BY THE EUROPEAN UNION, INSTRUMENT FOR PRE-ACCESSION ASSISTANCE.



AEROBNE
BAKTERIJE



ANAEROBNE
BACTERIJE



KISELINSKE
BAKTERIJE



SULFAT
REDUCIRAJUĆE
BAKTERIJE





kontrola i sprječavanje korozije

metode zaštite od korozije

- odabir korozijski otpornog materijala
- zaštitni premazi i prevlake
- katodna zaštita

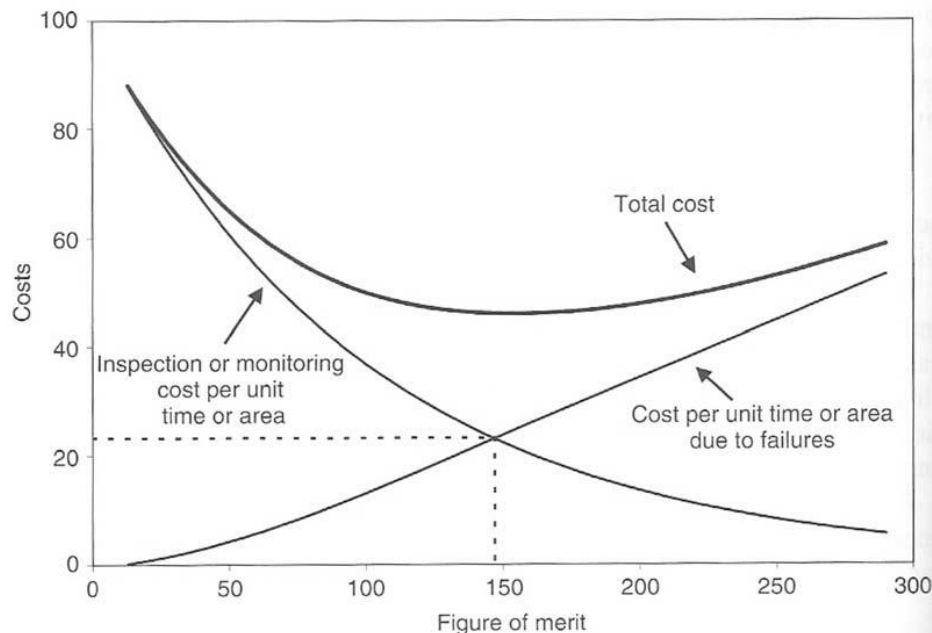
- postupci u fazi projektiranja i izgradnje
- postupci održavanja



kontrola i sprječavanje korozije

cilj djelotvorne zaštite od korozije

- održavanje ili postizanje optimalnih uvjeta rada
- smanjenje troškova održavanja
- povećanje sigurnosti





kontrola i sprječavanje korozije

zaštitni premazi i prevlake

- katran-epoksid
- poliamid-epoksid
- poliuretani
- alkid

- petrolatne trake

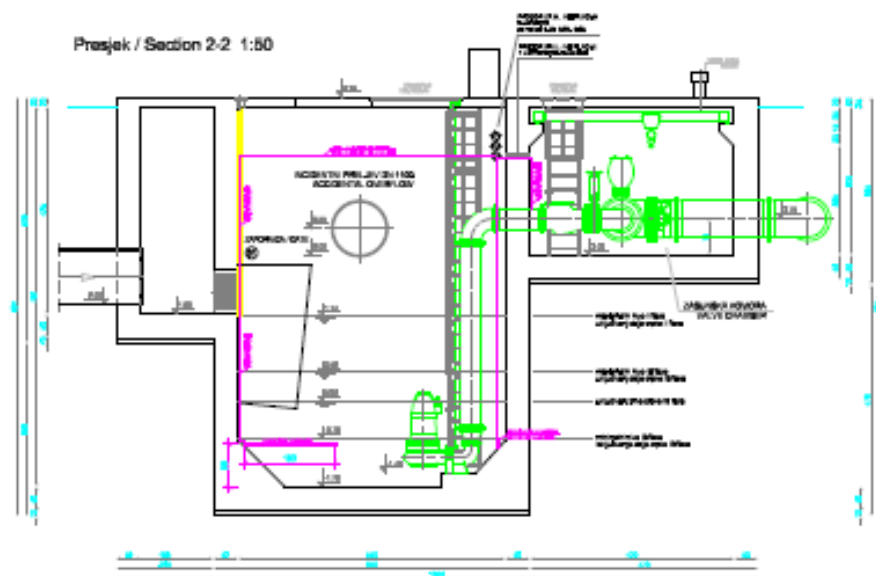




kontrola i sprječavanje korozije

katodna zaštita

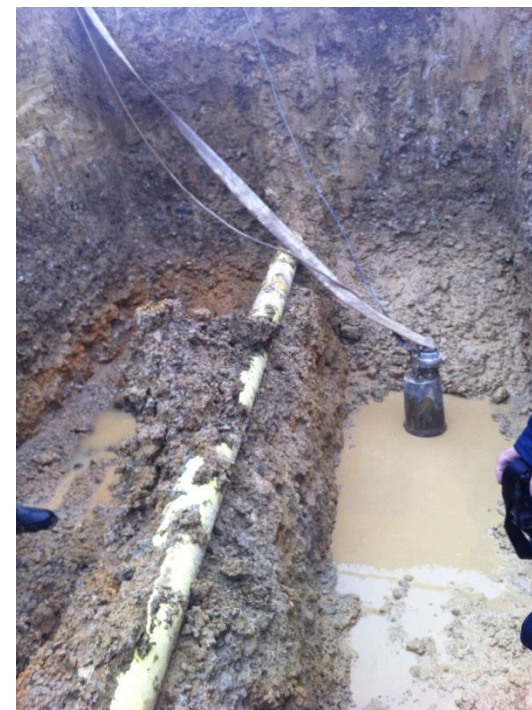
sustavi sa žrtvovanom anodom i vanjskim izvorom



korozivnost tla na trasi budućeg vodovoda



TIP TLA



RAZINA PODZEMNE VODE

mjerenje otpornosti tla

MJERNO MJESTO 2

KOORDINATE POLOŽAJA

N ° 45.549720

E ° 16.200540

Nadmorska visina

102.0 m

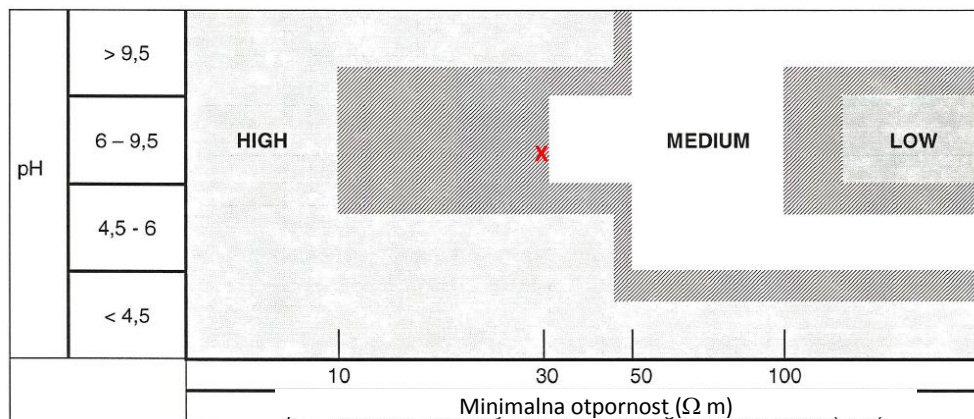


MJERNO MJESTO 2	
Dubina mjerenja / m	Otpornost tla / Ω m
1	177.0
2	34.8
3	9.12
4	12.0

“soil box” metoda



MJERNO MJESTO 2		
REZULTATI FIZIKALNO/KEMIJSKIH ISPITIVANJA TLA		
Opis materijala	glina sive i smeđe boje	
pH	7.30	AASHTO T 289
prirodna vlažnost tla, % wt	23.60	AASHTO T 265
koncentracija klorida (ppm)	9.97	AASHTO T 291
koncentracija sulfata (ppm)	6.33	AASHTO T 290
otpornost suhoga uzorka (Ω cm)	>>	AASHTO T 288
otpornost uzorka uz dodatak 10% vode (Ω m)	2139.59	
otpornost uzorka uz dodatak 20% vode (Ω m)	196.30	
otpornost uzorka uz dodatak 30% vode (Ω m)	34.49	
otpornost uzorka uz dodatak 40% vode (Ω m)	33.28	
otpornost uzorka uz dodatak 50% vode (Ω m)	29.17	



odabir zaštitne prevlake

Izolacija na cijevima od duktilnog lijeva:

- **HRN ISO 8179-1:2004** Cijevi od duktilnog lijeva – Vanjske prevlake na bazi cinka – 1. dio: Metalni cink sa završnim slojem
- **ISO 8179-1:2004** Cijevi od duktilnog lijeva – Vanjske cinkove prevlake – 2 dio: Cinkov premaz sa završnim slojem

korozivnost tla na mjestu korozijskog oštećenja

LOKACIJA OŠTEĆENJA



IZGLED OŠTEĆENJA



BRZINA KOROZIJE

–2.89 mm/34 god: **0.085 mm god⁻¹**

PRIKUPLJANJE KOROZIJSKIH PRODUKATA S MJESTA OŠTEĆENJA



TERENSKA KEMIJSKA ANALIZA KOROZIJSKIH PRODUKATA

Merjeni parameter	Fotografija rezultatov	Kvalitativna ocena	Fotografija rezultatov	Kvalitativna ocena
	Mesto 1		Mesto 2	
pH		pH alkalna pH≈9.5		pH alkalna pH≈11.4
CO ₃ ²⁻ ioni*		obstaja veliko ionov		ni ionov
S ²⁻ ioni****		ni ionov		ni ionov
Fe ²⁺ ioni™		obstaja veliko ionov		obstaja malo ionov
Fe ³⁺ ioni™		obstaja malo ionov		obstaja nekaj ionov
Ca ²⁺ ioni™		obstaja veliko ionov		obstaja malo ionov

**PRIKUPLJANJE
KOROZIJSKIH
PRODUKATA IZNAD
MJESTA
OŠTEĆENJA I
UZIMANJE BRISA**



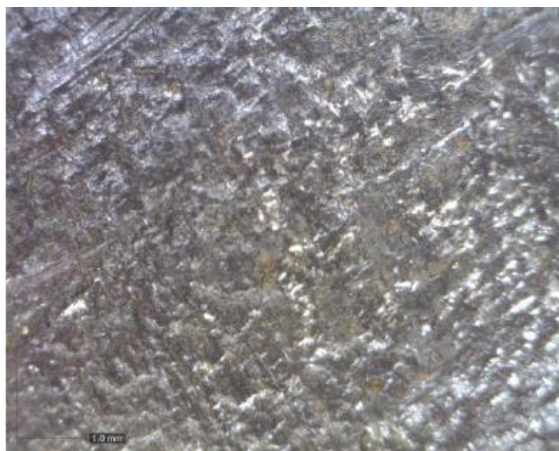
**IZGLED OŠTEĆENJA
NAKON UKLANJANJA
IZOLACIJE I
KOROZIJSKIH
PRODUKATA I
MJERENJE DUBINE
OŠTEĆENJE**



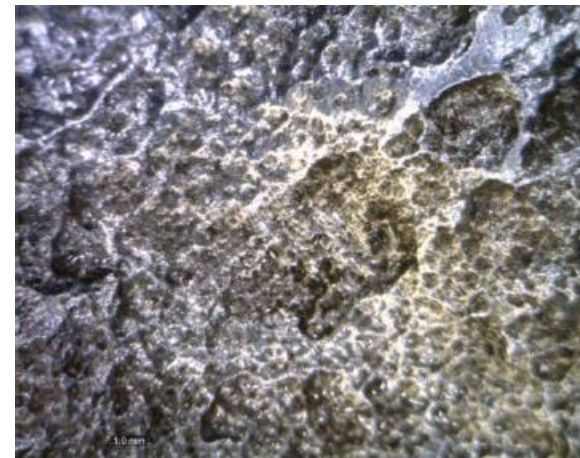
MJERENJE DEBLJINE STIJENKE CIJEVI I MIKROSKOPSKI SLIKANJ OŠTEĆENJA



MIKROSKOPSKA SLIKA NEOŠTEĆENE POVRŠINE



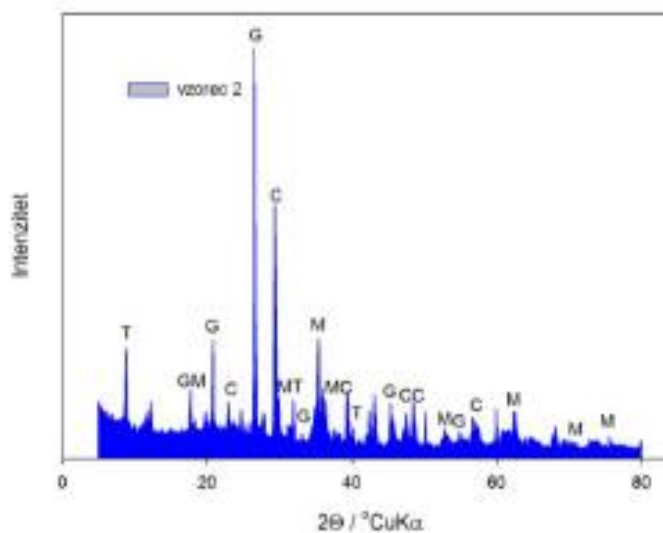
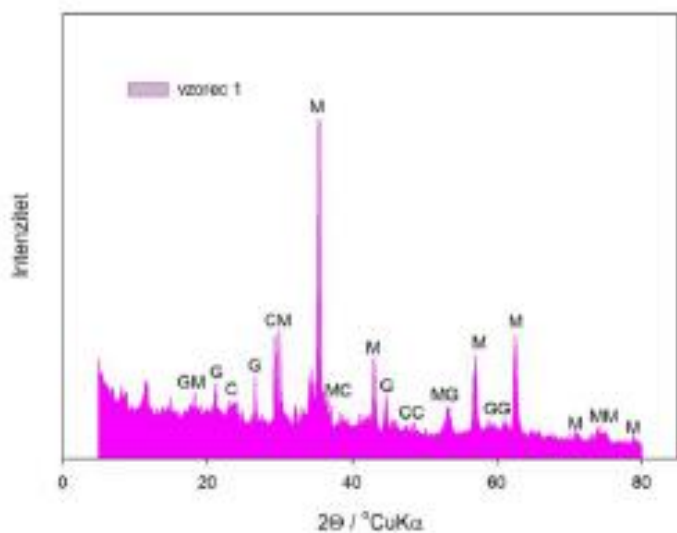
MIKROSKOPSKE SLIKE OŠTEĆENE POVRŠINE



PRIPREMANJE UZORAKA IZ KOROZIJSKIH PRODUKATA PRIKUPLJENIH IZNAD OŠTEĆENJA

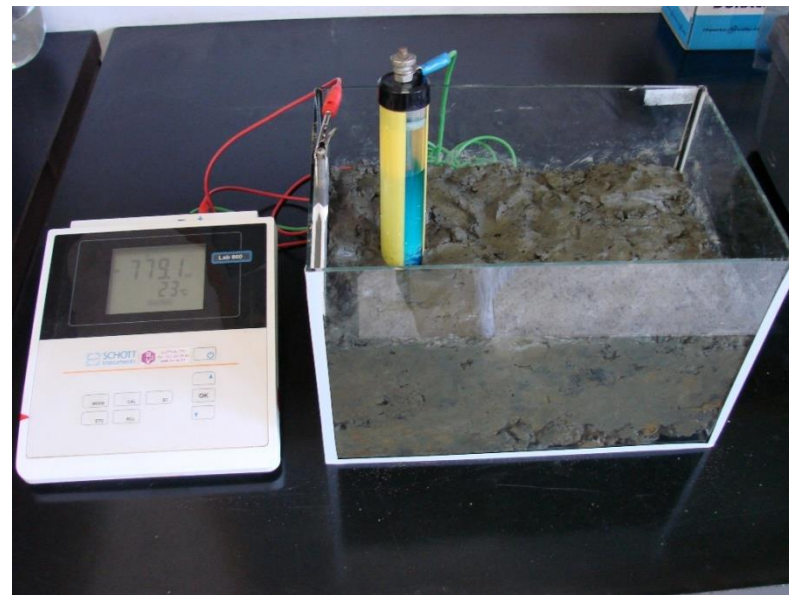


XRD ANALIZA KOROZIJSKIH PRODUKATA

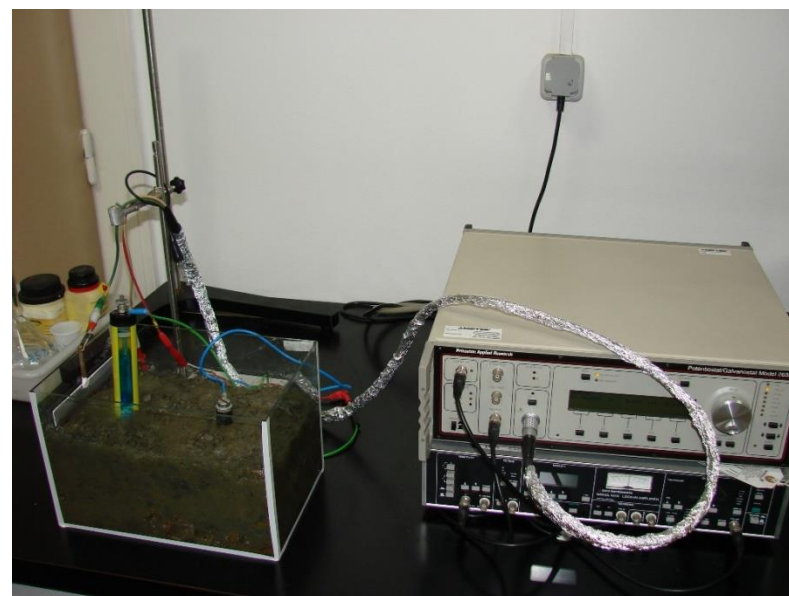


kalcit- CaCO_3
aragonite- CaCO_3
goetit - $\text{FeO}(\text{OH})$
magnetit- Fe_3O_4

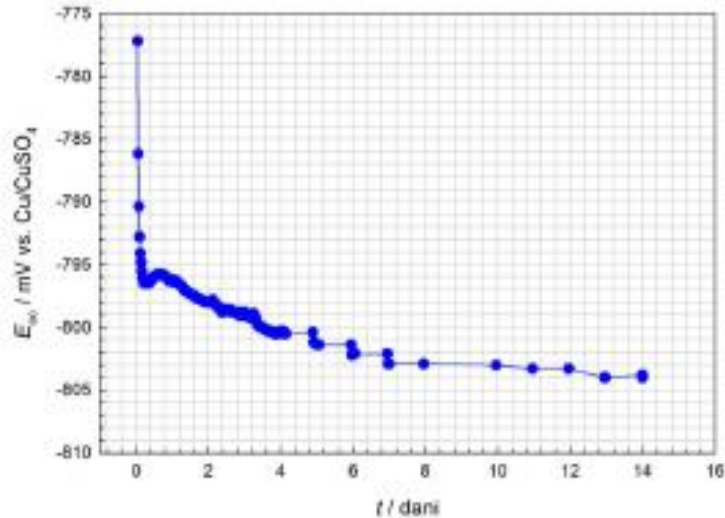
MJERENJE KOROZIJSKOG POTENCIJALA



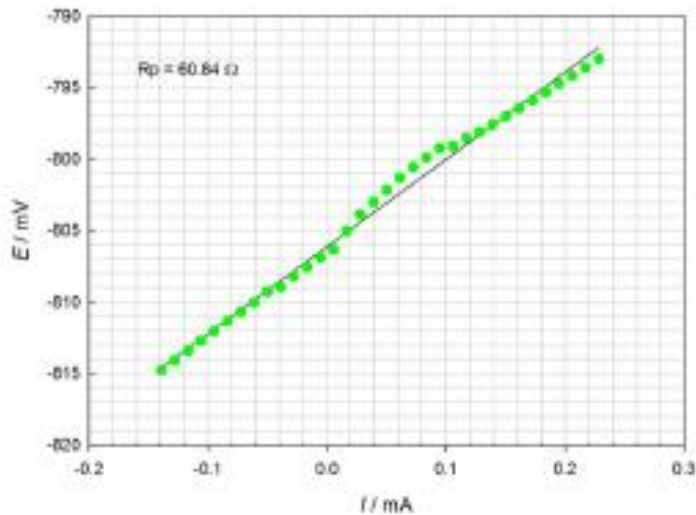
MJERENJE POLARIZACIJSKOG OTPORA I POLARIZACIJSKE KRIVULJE



KOROZIJSKI POTENCIJAL



Slika 6.1. Meritev korozijskega potenciala čez 14 dni.



POLARIZACIJSKI OTPOR

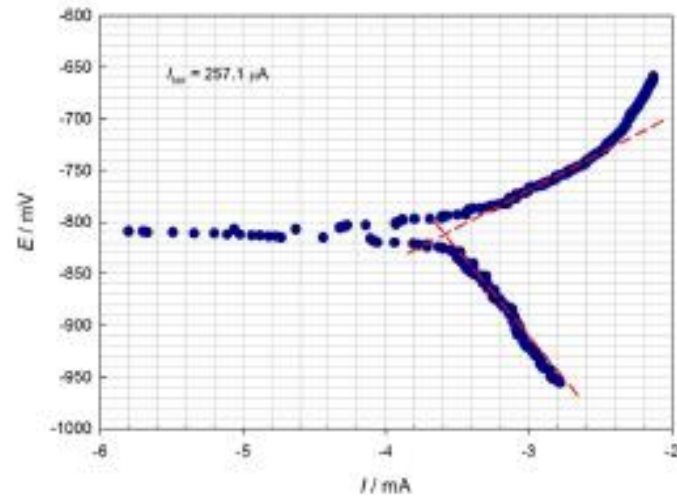
BRZINA KOROZIJE

– iz polarizacijskog otpora:

0.015 mm god⁻¹

– iz polarizacijske krivulje:

0.021 mm god⁻¹



POLARIZACIJSKA KRIVULJA

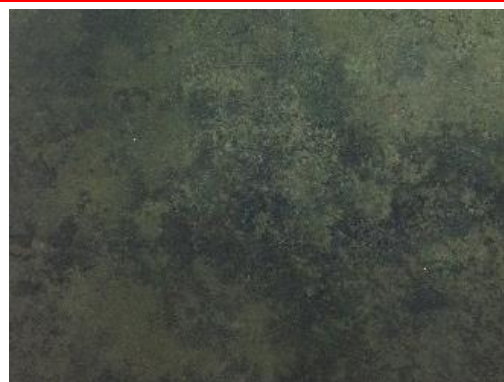
IZGLED UZORKA NAKON POLARIZACIJE I USPOREDBA



0.0002 mm/god



0.016 mm/god



0.021 mm/god



0.07 mm/god



Hvala na pažnji!



THE PROJECT IS CO-FUNDED BY THE EUROPEAN UNION, INSTRUMENT FOR PRE-ACCESSION ASSISTANCE.

