

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE

POSLIJEDIPLOMSKI INTERFAKULTETSKI  
SPECIJALISTIČKI STUDIJ

# **KOROZIJA I ZAŠTITA**

Zagreb, 2007.

# POSLIJEDIPLOMSKI INTERFAKULTETSKI SPECIJALISTIČKI STUDIJ KOROZIJA I ZAŠTITA

## I. 1. UVOD

### I 1.1. Razlozi za pokretanje studija

- a) Korozija je proces nenamjernog razaranja konstrukcijskih materijala koji nanosi ogromne štete gospodarstvu. Ustanovljeno je da godišnji troškovi zbog korozije metala, uključujući i mjere za zaštitu od korozije, iznose u visokoindustrijaliziranim zemljama do 100 dolara po stanovniku. Ovi podaci nisu cjeloviti budući da njima nisu obuhvaćene sekundarne štete nastale od korozije, npr. nesreće, ugroženost zdravlja ljudi, gubici u proizvodnji, teške ekološke katastrofe, propadanje spomeničke baštine i dr. Istraživanja su pokazala da se četvrtina šteta od korozije može spriječiti uporabom suvremenih tehnologija. U današnje je vrijeme potrebno posvetiti puno više pažnje koroziji metala nego ranije zbog: povećane uporabe metala u svim područjima tehnologije; uporabe metalnih konstrukcija sve tanjih profila koje ne toleriraju korozijske napade istog intenziteta kao teške, nekad upotrebljavane konstrukcije; uporabe metala za specijalnu primjenu (npr. u području atomske energije) ili uporabe rijetkih i skupih metala čija zaštita zahtijeva posebne mjere opreza; pojačane korozivnosti okoline uslijed povećanog zagađenja vode, zraka i tla. Budući da se problem korozije javlja u gotovo svim vidovima ljudske djelatnosti očito je da je potreba za znanjima o procesima korozije i metodama zaštite na tržištu rada vrlo aktualna.
- b) Ova potreba uočena je još 1960. godine kada je na Tehnološkom fakultetu u Zagrebu (današnji FKIT) pokrenut prvi poslijediplomski studij «Korozija i zaštita» potaknut zahtjevima za specijalizacijom pojedinih stručnjaka u industriji. Danas su znanja iz područja korozije i zaštite uglavnom uključena u planove i programe aktualnih doktorskih studija Inženjerska kemija i Kemijsko inženjerstvo na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije. Programi poslijediplomskih studija redovito su obnavljani a posljednjih godina i temeljito revidirani s ciljem praćenja suvremenih svjetskih trendova u znanosti i nastavi. Iskustvo, dakle, postoji i na njega se ovaj studij i naslanja. Ipak, uvažavajući kontinuirane promjene, koncepcija ovog studija znatno se mijenja u odnosu na prethodni, s obzirom na djelotvornije uključivanje suvremene metodologije struke te modernih pristupa i pravaca znanstvenih istraživanja.
- c) Problemi korozije i zaštite konstrukcijskih materijala obuhvaćaju vrlo široko područje ljudske djelatnosti pa je stoga i razumljiv široki spektar različitih struka koje se bave ovom problematikom. To je vidljivo i iz nastavnih programa mnogih tehničkih fakulteta koji uključuju ova znanja u svoje programe. Isto tako, rješavajući probleme korozije i zaštite u svojoj struci mnogi nastavnici su postigli i visoki nivo znanstvene djelatnosti u području korozije i zaštite materijala. Zbog toga su u organizaciju i izvođenje nastave na poslijediplomskom specijalističkom studiju «Korozija i zaštita» uključeni osim Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije i drugi tehnički fakulteti Sveučilišta u Zagrebu kao što su: Građevinski

fakultet, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Metalurški fakultet i Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Očekuje se velika zainteresiranost studenata iz industrije i javnog sektora za programe ponuđene poslijediplomskim specijalističkim studijem Korozija i zaštita materijala. Oni će svojim izborom i savladavanjem gradiva kolegija na studiju širiti moderna znanja i načela struke i time neposredno utjecati na cjelokupni gospodarski boljitak zajednice.

U cilju cjeloživotnog obrazovanja potrebno je pokrenuti jednogodišnji specijalistički poslijediplomski studij koji bi pružio cjelovit pregled i potrebna znanja od teorijskih osnova korozijskih procesa do metoda i kontrole zaštite od korozije. Dugogodišnja tradicija i iskustvo kao i znanstvena i nastavna kompetentnost nastavnika koji se bave ovom problematikom u okviru svojih struka, garancija su visoke kvalitete ovog studija.

- d) Predloženi interfakultetski poslijediplomski specijalistički studij Korozija i zaštita materijala u potpunosti slijedi načela Bolonjske deklaracije u pogledu otvorenosti studija. Dosljedno uključivanje europskog sustava bodovanja ECTS omogućuje polaznicima slušanje pojedinih kolegija na drugim poslijediplomskim studijima matičnog sveučilišta, drugim sveučilištima u Republici Hrvatskoj i Europi. Također, poslijediplomski specijalistički studij Korozija i zaštita u potpunosti je otvoren slušačima drugih studija u zemlji i inozemstvu, te pojedincima iz državnih ustanova, javnog i privatnog gospodarskog sektora u skladu s načelima cjeloživotnog obrazovanja. S tim u vezi, predložena koncepcija ovog specijalističkog studija omogućuje prema potrebi naknadno uključivanje studija ili jednog njegovog dijela u zajednički program s inozemnim sveučilištima.
- e) Specijalistički poslijediplomski studij «Korozija i zaštita» može upisati student koji je završio jedan od tehničkih fakulteta. Predloženi studij koncipiran je tako da omogućuje veliku raznolikost biranja kolegija prema svakom kandidatu posebno, što je uvjetovano već i samim područjem rada i interesa svakog kandidata. Studij slijedi svjetski prihvaćenu strukturu takvog studija u kojoj su zastupljeni temeljni kolegiji koji se logički tada nadopunjuju većim brojem specijalističkih, izbornih predmeta. Kao primjeri sličnih programa iz zemalja Europske unije mogu se spomenuti programi slijedećih sveučilišta:
- University of Manchester, Engleska,
  - Universitario di Modena e Reggio Emilia, Italija,
  - University of Technology, Helsinki, Finska,

kao i preporuke European Federation of Corrosion za edukaciju kadrova na području korozije i zaštite.

## **I. 2. OPĆI DIO**

### **I. 2. 1. Naziv studija: Korozija i zaštita**

**I. 2. 2.** Nositelj interfakultetskog poslijediplomskog specijalističkog studija Korozija i zaštita je Sveučilište u Zagrebu, koordinator studija je Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije a izvođači studija su sastavnice Sveučilišta u Zagrebu: Fakultet kemijskog

inženjerstva i tehnologije, Zagreb, Građevinski fakultet, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Metalurški fakultet i Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

**I. 2. 3. Trajanje studija:** 1 godina

**I. 2. 4. Uvjeti upisa na studij:**

Završen diplomski studij na bilo kojem tehničkom fakultetu

**I. 2.5.** Nakon završenog specijalističkog poslijediplomskog studija «Korozija i zaštita» polaznik će biti osposobljen za obavljanje poslova procjene, zaštite i kontrole zaštite od korozije te će u potpunosti vladati metodologijom struke i biti sposoban samostalno rješavati probleme vezane uz koroziju i zaštitu, dizajniranje i projektiranje konstrukcija.

**I. 2. 6.** Završetkom studija stječe se akademski naziv: Sveučilišni specijalist korozije i zaštite.

**I. 3. OPIS PROGRAMA**

Predloženi studij koncipiran je tako da omogućuje veliku raznolikost biranja kolegija prema svakom kandidatu posebno, što je uvjetovano već i samim područjem rada i interesa svakog kandidata.

Studij slijedi svjetski prihvaćenu strukturu takvog studija u kojoj su prisutni temeljni kolegiji koji se logički tada nadopunjuju većim brojem specijalističkih, izbornih predmeta.

**I. 3. 1. Popis temeljnih i izbornih predmeta**

Temeljni predmeti

1. Odabrana poglavlja elektrokemije
2. Korozijska svojstva materijala
3. Korozija i zaštita metalnih materijala
4. Teorijske osnove korozije i metode ispitivanja

Izborni predmeti

1. Tehnike zaštite od korozije
2. Inhibitori korozije metala
3. Katodna zaštita
4. Trajnost konstrukcijskih materijala
5. Zaštita od korozije u brodogradnji
6. Korozija konstrukcijskih čelika
7. Korozija i okoliš
8. Prevlake i prevlačenje
9. Korozija u tlu
10. Korozija i zaštita metala u naftnom rudarstvu
11. Korozijska oštećenja konstrukcija
12. Elektrokemijsko inženjerstvo u zaštiti materijala od korozije
13. Nerazorne metode u dijagnostici i osmatranju građevinskih konstrukcija

14. Patologija izolacijskih materijala
15. Korozija materijala i računalno modeliranje u koroziji
16. Metalurško inženjerstvo i korozija

Temeljni predmeti (upisuju se u I semestru) nose 12 ECTS bodova a izborni predmeti, koji se upisuju u II semestru, nose 8 ECTS bodova. Nastava traje dva semestra a završava obranom završnog rada. Student treba položiti ispite iz 2 temeljna kolegija ( $2 \times 12 = 24$  ECTS), 3 izborna kolegija ( $3 \times 8 = 24$  ECTS) i izraditi i obraniti završni rad (12 ECTS). Ukupno 60 ECTS bodova.

### I. 3. 2. Opis predmeta

<b>Kolegij</b>	<b>ODABRANA POGLAVLJA ELEKTROKEMIJE</b>
<b>Nastavnik</b>	<b>Dr. sc. Sanja Martinez, izv. prof. i</b> <b>Dr.sc.Zoran Mandić, docent</b>
<b>Ustanova</b>	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
<b>ECTS</b>	12
<b>Tip kolegija</b>	temeljni
<b>Naziv studija</b>	Korozija i zaštita
<b>Studij</b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b>Semestar</b>	I
<b>Izvođenje nastave</b>	16 sati predavanja i 4 sata laboratorijskih vježbi
<b>Provjera znanja</b>	pismeni ispit, usmeni ispit

#### **Program predavanja**

Cilj: Kolegij treba upoznati studente s temeljnim zakonitostima elektrokemijske kinetike budući da elektrokemija ima značajnu ulogu u znanosti o materijalima i površinama, inženjerstvu materijala, zaštiti materijala od korozije, suvremenim i održivim tehnologijama.

Elektrokemijski sustav: Elektrode, elektrokemijski reaktor i procesni prostor. Električne i elektrokemijske veličine. Teorija i modeli međufaznih granica: Metal-elektrolit, poluvodič-elektrolit. Elektrokemijska termodinamika: Energetika elektrodnih procesa, pretvorba energije kemijskih procesa u električnu energiju. Elektroдна kinetika (elektrodika): Mehanizmi elektrokemijskih i elektrokatalitičkih reakcija. Struja-potencijal odnosi, dijagnostički kriteriji. Fenomeni prijenosa tvari (Nernstov, Prandlov, Levichev pristup). Elektrokemijski aspekti stabilnosti materijala: Mehanizmi i kinetika korozijskih reakcija. Mehanizam otapanja metala i slitina, pasivitet metala, čvrstofazni segregacijski procesi. Nukleacija i formiranje novih faza i tankih filmova. Odabrani primjeri i tehnike istraživanja.

**Vježbe:** Elektrođika: Stacionarna linearna difuzijska polarizacija (spori stupanj: prijenos tvari). Nestacionarna linearna difuzijska polarizacija (spori stupanj: prijenos tvari). Aktivacijska polarizacija (spori stupanj: prijenos naboja). Elektrokemijska termodinamika (Energetika elektrodnih procesa): Termodinamika galvanskog članka. Elektrokatalitičko izlučivanje vodika na Ni i Ni-slitinama.

#### **Literatura**

1. J.O'M. Bockris, A.K.N. Reddy, M. Gamboa-Aldeco. Modern Electrochemistry 2A, Kluwer Academic Publishers/Plenum Publishers, N.Y., 2000.
2. D. Pletcher, R. Greef, R. Peat, L. M. Peter, J. Robinson. Instrumental methods in electrochemistry, Ellis Horwood Limited, Chichester, West Sussex, 2001.
3. M. Metikoš-Huković, Elektrokemija, interni udžbenik, 2000.
4. M. Metikoš-Huković, S. Martinez. Praktikum iz elektrokemije, interna skripta, 2004.
5. C.H. Hamann, A. Hamnett, W. Vielstich, Electrochemistry, Wiley-VCH Weinheim, 1998.

<b>Kolegij</b>	<b>KOROZIJSKA SVOJSTVA MATERIJALA</b>
<b>Nastavnik</b>	<b>Dr. sc. Jadranka Malina, izv. prof. i</b> <b>Dr. sc. Vesna Alar, docent</b>
<b>Ustanova</b>	Metalurški fakultet, Sisak i Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
<b>ECTS</b>	12
<b>Tip kolegija</b>	temeljni
<b>Naziv studija</b>	Korozija i zaštita
<b>Studij</b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b>Semestar</b>	I
<b>Izvođenje nastave</b>	16 sati predavanja, 3 sata laboratorijskih i 1 sat računalnih vježbi
<b>Provjera znanja</b>	usmeni ispit

### **Program predavanja**

Cilj: Upoznati studente s korozijskim ponašanjem materijala u specifičnim uvjetima primjene, temeljenim na korozijskoj kinetici, mikrostrukturnim, mehaničkim i fizikalnim svojstvima materijala, prijenosu naboja, prijenosu tvari, raspodjeli struje i potencijala na međufaznoj granici čvrsto/kapljevina.

Termodinamika, elektrokemijska priroda korozijskih procesa. Specifični oblici korozije i metode istraživanja: ravnomjerna korozija (Mansfeld-Oldhamova jednadžba korozijske struje), korozija u protočnim uvjetima (granična difuzijska struja, koeficijent prijenosa tvari,  $k_m$  izražen preko bezdimenzijskih veličina Nu, Sh, Re, Sc i Gr broja), korozija pod naprežanjem (korozijski umor, vibracijska korozija, korozijska raspucavanje pod naprežanjem), lokalizirana korozija (jamičasta, pukotinska i intergranularna).

Uloga legirajućih elemenata i čvrstofaznih segregacijskih procesa u dizajniranju novih inženjerskih materijala, visoke korozijske otpornosti, modificiranje mikrostrukturnih ili površinskih svojstava materijala. Inženjerstvo površina, in situ formiranje nano-dimenzijskih zaštitnih, pasivnih, filmova i pasivitet metala. Odabrani primjeri: dupleks čelici (martenzitnoferitne strukture), austenitni čelici legirani Mo, Cr, Ni, dušikom, legirane titanijeve slitine, Al, V, Nb (implantatni materijali u agresivnim tkivnim tekućinama).

Specifični oblici korozije i metode istraživanja: ravnomjerna korozija (Mansfeld-Oldhamova jednadžba korozijske struje), korozija pod naprežanjem (korozijski umor, vibracijska korozija, korozijska raspucavanje pod naprežanjem), lokalizirana korozija (jamičasta, pukotinska i intergranularna). Inženjerstvo površina, in situ formiranje nano-dimenzijskih zaštitnih, pasivnih, filmova i pasivitet metala.

Odabrani primjeri: austenitni čelici legirani Mo, Cr, Ni, dušikom. Eksperimentalne tehnike: (stacionarne i nestacionarne elektrokemijske tehnike, elektrokemijska impedancijska spektroskopija, in situ i ex situ spektroskopske tehnike). Metodologija istraživanja korozijske kinetike. Osnovni principi i metodologija zaštite materijala od korozije.

### **Literatura**

1. P. Marcus, J. Oudar (Eds.), Corrosion Mechanisms in Theory and Practice, M. Dekker, N. Y., 1995.
2. B. Jarić, A. Rešetić: Korozija i katodna zaštita. Korexpres, Zagreb, 2003.
3. E. E. Stansbury, R. A. Buchanan. Fundamentals of Electrochemical Corrosion. ASM International, Ohio, 2000.
4. U. Kamachi Mudali, B. Raj. High Nitrogen Steels and Stainless Steels. Alpha Science International Ltd, Pangbourne, UK, 2004.
5. C. Leygraf, T. E. Graedel, Atmospheric Corrosion, John Wiley & Sons, 2000.

<b>Kolegij</b>	<b>KOROZIJA I ZAŠTITA METALNIH MATERIJALA</b>
<b>Nastavnik</b>	<b>Dr. sc. Ema Stupnišek-Lisac, red. prof.</b>
<b>Ustanova</b>	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
<b>ECTS</b>	12
<b>Tip kolegija</b>	temeljni kolegij
<b>Naziv studija</b>	Korozija i zaštita
<b>Studij</b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b>Semestar</b>	I
<b>Izvođenje nastave</b>	16 sati predavanja i 4 sata laboratorijskih vježbi
<b>Provjera znanja</b>	usmeni ispit

### ***Program predavanja***

Cilj predmeta je upoznavanje studenata s metalnim materijalima i njihovim fizičkim i kemijskim svojstvima bitnim za njihovu praktičku primjenu. Objašnjenje korozijskih procesa u ovisnosti o molekularnim i mikrostrukturnim svojstvima metala te svojstvima okoliša. Okvirni sadržaj predmeta: Vrste metala i njihova zastupljenost u Zemljinoj kori. Struktura, fizička i kemijska svojstva metala. Norme. Metalni materijali; željezo, ugljični, niskolegirani i visokolegirani čelici. Obojeni metali i legure. Posebni metali. Slojevi na metalu. Modificiranje metalne površine. Korozija u posebnim uvjetima: u atmosferi, tlu, moru i u industrijskim uvjetima. Metode zaštite.

### ***Literatura***

1. P.A. Schweitzer: *Metallic Materials: Physical, Mechanical, and Corrosion Properties*, Marcel Dekker, Inc., 2003.
2. Uhlig' s *Corrosion Handbook*, ed R.Winston Revie, J.Wiley&Sons, Inc. New York, 2000.
3. Ch.Voigt et al., *Vorlesungen über Korrosion and Korrosionsschutz von Werkstoffen*, Institut für Korrosionsschutz, Dresden, 1996.
4. P. Marcus and J. Oudar, *Corrosion Mechanisms in Theory and Practice*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1995.
5. E.Stupnišek-Lisac: *Korozija i zaštita konstrukcijskih materijala*, Zagreb, 2005. interna skripta



<b><i>Kolegij</i></b>	<b>TEORIJSKE OSNOVE KOROZIJE I METODE ISPITIVANJA</b>
<b><i>Nastavnik</i></b>	<b>Dr. sc. Ema Stupnišek-Lisac, red. prof.</b>
<b><i>Ustanova</i></b>	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
<b><i>ECTS</i></b>	12
<b><i>Tip kolegija</i></b>	temeljni
<b><i>Naziv studija</i></b>	Korozija i zaštita
<b><i>Studij</i></b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b><i>Semestar</i></b>	I
<b><i>Izvođenje nastave</i></b>	16 sati predavanja i 4 sata laboratorijskih vježbi
<b><i>Provjera znanja</i></b>	usmeni ispit

### ***Program predavanja***

Cilj kolegija je dati pregled termodinamičkih i kinetičkih aspekata korozije materijala i metoda ispitivanja korozije u laboratorijskim i prirodnim uvjetima. Uvod i pregled elektrokemijske i kemijske korozije. Termodinamički aspekti korozijskih reakcija. Kinetika elektrokemijske reakcije polučlanka. Odabrani primjeri. Kinetika korozijske reakcije polučlanka. Polarizacijske krivulje. Galvanska korozija. Računski primjeri. Korozija metala i legura s aktivno-pasivnim ponašanjem.

Korozijska ispitivanja – klasifikacija. Brzina ravnomjerne korozije. Metode određivanja kritičnih potencijala lokalizirane korozije. Metode određivanja korozije pod naprežanjem.

### ***Literatura***

1. P. Marcus, J. Oudar (Eds.), Corrosion Mechanisms in Theory and Practice, M. Dekker, N. Y., 1995.
2. C. Leygraf, T. E. Graedel, Atmospheric Corrosion, John Wiley & Sons, Publisher, 2000.
3. M. G. Fontana: Corrosion Engineering, McGraw-Hill Book Company, N.Y., 1986.
4. E. E. Stansbury, R. A. Buchanan. Fundamentals of Electrochemical Corrosion. ASM International, Ohio, 2000.
5. Uhlig' s Corrosion Handbook, ed R. Winston Revie, J. Wiley&Sons, Inc. New York, 2000.

<b>Kolegij</b>	<b>TEHNIKE ZAŠTITE OD KOROZIJE</b>
<b>Nastavnik</b>	<b>Dr. sc. Sanja Martinez, izv. prof.</b>
<b>Ustanova</b>	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
<b>ECTS</b>	8
<b>Tip kolegija</b>	izborni
<b>Naziv studija</b>	Korozija i zaštita
<b>Studij</b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b>Semestar</b>	II
<b>Izvođenje nastave</b>	8 sati predavanja i 4 sata laboratorijskih vježbi
<b>Provjera znanja</b>	pismeni ispit, usmeni ispit

### ***Program predavanja***

Tehnike zaštite od korozije – osnovni principi korozije i zaštite materijala. Norme u zaštiti od korozije. In situ i ex situ mjerne tehnike za utvrđivanje korozijskog utjecaja okoliša i stanja korozijskog sustava prije uspostave sustava zaštite. Izbor sustava zaštite. Privremena i trajna zaštita. Zaštita doradom korozijske sredine (uklanjanje aktivatora i dodatak inhibitora korozije). Elektrokemijska zaštita u tlu, morskoj vodi i procesnoj industriji. Mjerne tehnike u primijeni elektrokemijske zaštite od korozije. Projektiranje elektrokemijske zaštite klasičnim pristupom i upotrebom naprednih matematičkih metoda. Zaštitne anorganske (metalne i nemetalne) prevlake. Zaštitni organski premazi. Projektiranje i izvođenje sustava za zaštitu od korozije premazima. Mjerne tehnike za kontrolu djelotvornosti sustava zaštite od korozije premazima. Zaštitne izolacije i otklanjanje uz njih vezanih korozijskih problema. Zaštita od korozije izborom odgovarajućeg materijala i oblika konstrukcije. Novi materijali visoke korozijske otpornosti. Održavanje sustava zaštite od korozije. Ekonomsko i ekološko značenje zaštite materijala od korozije. Analiza ilustrativnih primjera (case studies).

### ***Literatura***

1. L. Bertolini, B. Elsener, P. Pedferri, R. Polder, Eds, Corrosion of Steel in Concrete, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2003
2. H. S. Khatak and B. Raj, Eds, Corrosion of Austenitic Stainless Steels: Mechanism, Mitigation, and Monitoring, Narosa Publishing House and ASM International, New Delhi, 2002
3. V.S. Sastri, Corrosion Inhibitors: Principles and Applications, J. Willey & Sons, Inc., New York, 1998.
4. B. Jarić i A. Rešetić, Korozija, Elektrokemijske osnove i katodna zaštita, Korexpert, Zagreb, 2003.
5. Planning and Specifying Industrial Protective Coating Projects, SSPC: The Society for Protective Coatings, Pittsburg, 2004

<b>Kolegij</b>	<b>INHIBITORI KOROZIJE METALA</b>
<b>Nastavnik</b>	<b>Dr.sc. Ema Stupnišek-Lisac, red.prof.</b>
<b>Ustanova</b>	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
<b>ECTS</b>	8
<b>Tip kolegija</b>	izborni
<b>Naziv studija</b>	Korozija i zaštita
<b>Studij</b>	specijalistički poslijediplomski studij
<b>Semestar</b>	II sem.
<b>Izvođenje nastave</b>	8 sati predavanja i 4 sata laboratorijskih vježbi
<b>Provjera znanja</b>	usmeni ispit

### **Program predavanja**

Mehanizam i kinetika korozijskih procesa. Metode zaštite metala od korozije. Mehanizam djelovanja inhibitora korozije. Adsorpcijski procesi. Utjecaj sastava i strukture organskog spoja na njegova inhibitorska svojstva. Dizajniranje novih inhibitora korozije. Izbor inhibitora korozije ovisno o materijalu, okolini i ostalim uvjetima primjene. Djelotvornost zaštite inhibitorima u protočnim uvjetima. Inhibitori za privremenu zaštitu. Parnofazni inhibitori (VPI). "Opasni" i "sigurni" inhibitori. Metode određivanja djelotvornosti inhibitora kod atmosferske korozije i korozije u otopinama upotrebom elektrokemijskih i neelektrokemijskih mjernih tehnika. Stupanj zaštite inhibitora. Upotreba inhibitora u elektroničkoj, petrokemijskoj i prerađivačkoj industriji. Ekonomska i ekološka podobnost inhibitora korozije metala. Određivanje toksičnosti inhibitora korozije. Analiza mogućnosti zamjene toksičnih inhibitora novim ekološki prihvatljivijim, inhibitorima korozije metala.

### **Literatura**

1. Y. I. Kuznetsov, Organic Inhibitors of Metals, Plenum Press, New York, 1996.
2. V. S. Sastri, Corrosion Inhibitors, J. Willey & Sons, Inc., New York, 1998
3. E. Kalman, Routes to the Developmens of Low Toxicity Corrosion Inhibitors in Corrosion Inhibitors ed. The Institute of Materials, London, 1994.
4. C. Leygraf: Corrosion Mechanisms in Theory and Practice, Marcel Dekker, Inc. New York, 1995.
5. Uhlig's Corrosion Handbook, ed. R. Winston Revie, J. Willey & Sons, Inc. New York, 2000.

<b>Kolegij</b>	<b>KATODNA ZAŠTITA</b>
<b>Nastavnik</b>	<b>Dr. sc. Sanja Martinez, izv.prof.</b>
<b>Ustanova</b>	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
<b>ECTS</b>	8
<b>Tip kolegija</b>	izborni
<b>Naziv studija</b>	Korozija i zaštita
<b>Studij</b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b>Semestar</b>	II
<b>Izvođenje nastave</b>	8 sati predavanja i 4 sata laboratorijskih vježbi
<b>Provjera znanja</b>	pismeni ispit, usmeni ispit

### ***Program predavanja***

Elektrokemijske tehnike zaštite – osnovni principi. Anodna i katodna zaštita (KZ). Sustavi katodne zaštite s galvanskom anodom i sustavi s vanjskim izvorom. Raspodjela struje i potencijala u sustavima KZ. Osnove i praksa električnog mjerenja u sustavima KZ. Sustavi KZ u različitom korozijskom okolišu. Zaštitne prevlake i premazi u sustavima KZ. Galvanske anode i anode za zaštitu vanjskim izvorom. Uređaji za napajanje sustava KZ s vanjskim izvorom i anodna ležišta. KZ cjevovoda. KZ rezervoarskih prostora. KZ offshore konstrukcija i cjevovoda u moru. KZ brodova. KZ unutarnjih stijenki zatvorenih posuda. KZ čelika u betonu. Utjecaj lutajućih struja. Utjecaj visokonaponskih instalacija na cjevovod. Modeliranje i projektiranje sustava KZ.

### ***Literatura***

1. W. von Baeckmann, W. Schwenk, and W. Prinz, Handbook of Cathodic Corrosion Protection: Theory and Practice of Electrochemical Protection Processes, 3rd ed, Gulf, Houston, 1997
2. R. Bianchetti, Ed, Peabody's Control of Pipeline Corrosion, 2nd ed, NACE, Houston, 2001
3. S. A. Bradford, CASTI Practical Handbook of Corrosion Control in Soils -- Pipelines, Tanks, Casing, Cables..., CASTI Publishing and ASTM, Bracknell, 2000
4. B. Jarić i A. Rešetić, Korozija, Elektrokemijske osnove i katodna zaštita, Korexpert, Zagreb, 2003.

<b><i>Kolegij</i></b>	<b>TRAJNOST KONSTRUKCIJSKIH MATERIJALA</b>
<b><i>Nastavnik</i></b>	<b>Dr. sc. Dubravka Bjegović, red. prof.</b>
<b><i>Ustanova</i></b>	Građevinski fakultet, Zagreb
<b><i>ECTS</i></b>	8
<b><i>Tip kolegija</i></b>	izborni
<b><i>Naziv studija</i></b>	Korozija i zaštita
<b><i>Studij</i></b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b><i>Semestar</i></b>	II
<b><i>Izvođenje nastave</i></b>	6 sati predavanja, 3 sata laboratorijskih i 3 sata auditornih vježbi seminarski rad
<b><i>Provjera znanja</i></b>	projekt

### ***Program predavanja***

Uvod: općenito o trajnosti ; korozija ; razaranja ; specijalna trajnosna opterećenja. Metali: mehanizmi korozije metala ; tipovi korozije metala ; metode i mjerni instrumenti za utvrđivanje stanja metala; Metode zaštite metala. Beton: mehanizmi razaranja betona ; vrste razaranja betona ; metode i mjerni instrumenti za utvrđivanje stanja betona ; metode zaštite betona. Drvo: mehanizmi razaranja drva ; vrste razaranja drva ; metode i mjerni instrumenti za utvrđivanje stanja drva ; metode zaštite drva. Kamen, staklo, polimeri: mehanizmi razaranja kamena, stakla, polimera ; vrste razaranja kamena, stakla, polimera ; metode i mjerni instrumenti za utvrđivanje stanja kamena, stakla, polimera ; metode zaštite kamena, stakla, polimera. Zide : mehanizmi razaranja ziđa ; vrste razaranja ; Metode i mjerni instrumenti za utvrđivanje stanja ziđa. Novi visokootporni materijali: beton visokih uporabnih svojstava ; čelik visokih uporabnih svojstava ; kompozitni polimerni materijali visokih uporabnih svojstava. Strategija projekta trajnosti: pristup projektiranju za zadani životni vijek ; razni modeli projektiranja trajnosti ; probabilistički pristup projektiranju životnog vijeka ; cijena ukupnog životnog vijeka. Tehničko zakonodavstvo u sustavu osiguranja kvalitete: norme za procjenu stanja građevinskih materijala ; norme za procjenu efikasnosti raznih vrsta zaštite.

### ***Literatura***

1. Bijen, J. Durability of Engineering Structures, CRC Press, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2003.
2. Mays, G. Durability of Concrete Structures, E & FN Soon, London, 1992.
3. Bentur, A.; Diamond, S.; Berke, N. S. Steel Corrosion in Concrete, E & FN Soon, London, 1997.
4. Maekawa, K.; Rajesh, P.; Chaube and Kishi, T., Coupled Mass Transport, Hydration and Structure Formation Theory for Durability Design of Concrete Structures, <http://concrete.t.u.tokyo.ac.jp/en/demos/ducom/brieftheory/consec1.html>
5. Schütze, M.; Cahn, R. W.; Haasen P.; Kramer, E. J.: Corrosion and Environmental Degradation, 2 Volume Set, John Wiley & Sons, Ltd., 2000.
6. Roberge, P. R.: Handbook of Corrosion Engineering, McGraw - Hill, New York, 2000.

<b><i>Kolegij</i></b>	<b>ZAŠTITA OD KOROZIJE U BRODOGRADNJI</b>
<b><i>Nastavnik</i></b>	<b>Dr. sc. Ivan Juraga, red. prof.</b>
<b><i>Ustanova</i></b>	Fakultet strojarstva i brodogradnje
<b><i>ECTS</i></b>	8 ECTS
<b><i>Tip kolegija</i></b>	izborni
<b><i>Naziv studija</i></b>	Korozija i zaštita
<b><i>Studij</i></b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b><i>Semestar</i></b>	II
<b><i>Izvođenje nastave</i></b>	predavanja, vježbe
<b><i>Provjera znanja</i></b>	pismeni, usmeni ispit

### ***Program predavanja***

Metode zaštite od korozije koje se koriste u brodogradnji su zaštita premazima, katodna zaštita, primjena inhibitora korozije u brodogradnji, utjecaj oblikovanja konstrukcija na koroziju te svojstva i odabir korozijski postojanih materijala koje koristi suvremena brodogradnja. Problemi pripreme površine za zaštitu od korozije, nanošenje temeljnih radioničkih premaza i njihov utjecaj na kvalitetu zavarivanja, projektiranje sustava zaštite za brodske spremnike tereta, balastne spremnike, protuobraštajni sustavi premaza. Specifični problemi koji se javljaju u gradnji ali i u eksploataciji brodova a koji se odnose na probleme korozije i zaštite materijala. Troškovi zaštite od korozije u gradnji broda, kontrola, kadrovi.

### ***Literatura***

- I.Esih: Osnove površinske zaštite, FSB, Zagreb, 2003.  
 S.D. Cramer, B.S. Covino ASM HANDBOOK Vol. 13A, ASM International, Materials Park, Ohio 2003.  
 N.Warren, Metal corrosion in boats, Sheridan House Inc, Dobbs Ferry, NY 10522, 1998.  
 I. Esih, Z. Dugi: Tehnologija zaštite od korozije I i II, 1990. i 1992.  
 P.R. Riberger: Handbook of corrosion engineering, McGraw Hill, New York, 1999.  
 I. Esih, Z. Dugi: Tehnologija zaštite od korozije I i II, 1990. i 1992.

<b><i>Kolegij</i></b>	<b>KOROZIJA KONSTRUKCIJSKIH ČELIKA</b>
<b><i>Nastavnik</i></b>	<b>Dr. sc. Jadranka Malina, red.prof.</b>
<b><i>Ustanova</i></b>	Metalurški fakultet Sisak
<b><i>ECTS</i></b>	8
<b><i>Tip kolegija</i></b>	izborni
<b><i>Naziv studija</i></b>	Korozija i zaštita
<b><i>Studij</i></b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b><i>Semestar</i></b>	II
<b><i>Izvođenje nastave</i></b>	10 sati predavanja i 2 sata seminara
<b><i>Provjera znanja</i></b>	usmeni ispit i seminarski rad

### ***Program predavanja***

Korozija visokočvrstih legiranih čelika. Korozija feritnih čelika. Korozija austenitnih čelika. Korozija martenzitnih čelika. Korozija dvofaznih čelika. Korozija lijevanih Fe-slitina. Posebni oblici korozije metala. Napetosna korozija. Vodikova krhkost. Interkristalna korozija. Piting. Kontaktna korozija. Korozija u fugama. Linijska korozija zavora. Korozijski zamor. Erozijska i kavitacijska.

### ***Literatura***

1. Esih, Z. Dugi, Tehnologija zaštite od korozije, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
2. Esih, Osnove površinske zaštite, Sveučilište u Zagrebu, FSB, Zagreb, 2003.
3. B. Jarić, A. Rešetić, Korozija, Korexpert, Zagreb, 2003.
4. H<sub>2</sub>S Corrosion in Oil and Gas Production, Vol. I, Vol. II, (R.N. Tuttle, R.D. Kane, eds.), NACE, Houston, 2000.

<b>Kolegij</b>	<b>KOROZIJA I OKOLIŠ</b>
<b>Nastavnik</b>	<b>Dr. sc. Ema Stupnišek-Lisac, red. prof.</b>
<b>Ustanova</b>	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
<b>ECTS</b>	8
<b>Tip kolegija</b>	izborni
<b>Naziv studija</b>	Korozija i zaštita
<b>Studij</b>	specijalistički poslijediplomski studij
<b>Semestar</b>	II sem.
<b>Izvođenje nastave</b>	8 sati predavanja i 4 sata laboratorijskih vježbi
<b>Provjera znanja</b>	usmeni ispit

### **Program predavanja**

Cilj predmeta je upoznavanje s procesima korozije, mehanizmom i kinetikom reakcija kao i s njihovim posljedicama na okoliš. Upoznavanje s metodama zaštite od korozije s posebnim osvrtom na metode zaštite koje zagađuju okoliš. Traženje mogućnosti zamjene toksičnih sredstava zaštite novim netoksičnim sredstvima i metodama zaštite.

Okvirni sadržaj predmeta: Okoliš (abiotički i biotički), inženjerstvo okoliša, zagađenje okoliša (zrak, voda, tlo), kruti otpad, druge vrste zagađenja (kisele kiše, pesticidi, živa, olovo, teški metali). Tehnološki, ekonomski i društveni uzroci zagađenja okoliša. Kontrola zagađenja. Korozija metala: uzroci, teorijske osnove i vrste korozijskih procesa s posebnim osvrtom na posljedice djelovanja korozije na okoliš: havarije uzrokovane korozijom metala; utjecaj produkata korozije na okoliš (vodu, tlo). Metode zaštite metala od korozije koje negativno utječu na ekološki sustav: zaštita metala obradom korozijske sredine; ekološka podobnost inhibitora korozije metala (problem toksičnih inhibitora); Elektrokemijske metode: katodna zaštita (problem topljivih anoda). Zaštitne prevlake: metalne prevlake (visoko toksične kupelji za elektroplatanje); organski premazi (toksični dodaci zaštitnim premazima, pigmenti teških metala). Ekološki problemi korozije i zaštite metala u vodoopskrbi, energetskim postrojenjima, naftnoj i prerađivačkoj industriji i dr. Analiza mogućnosti zamjene toksičnih sredstava zaštite od korozije novim povoljnijim metodama i sredstvima zaštite.

### **Literatura**

1. P.A. Schweitzer: *Metallic Materials: Physical, Mechanical, and Corrosion Properties*, Marcel Dekker, Inc., 2003
2. P.H.Raven, L.R. Berg, G.B. Johnson, *Environment* 2<sup>nd</sup> Ed. Sounders College Publishing, Fort Worth, 1998.
3. Uhlig's *Corrosion Handbook*, ed R. Winston Revie, J.Wiley&Sons, Inc. New York, 2000.
4. E.Stupnišek-Lisac: *Korozija i zaštita konstrukcijskih materijala*, Zagreb, 2005. interna skripta
5. E.Stupnišek-Lisac: *Korozija i okoliš*, Zagreb, 2004. interna skripta.



<b><i>Kolegij</i></b>	<b>PREVLAKE I PREVLAČENJE</b>
<b><i>Nastavnik</i></b>	<b>Dr. sc. Vesna Alar, doc.</b>
<b><i>Ustanova</i></b>	Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
<b><i>ECTS</i></b>	8
<b><i>Tip kolegija</i></b>	izborni
<b><i>Naziv studija</i></b>	Korozija i zaštita
<b><i>Studij</i></b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b><i>Semestar</i></b>	II
<b><i>Izvođenje nastave</i></b>	8 sati predavanja i 4 sata laboratorijskih vježbi
<b><i>Provjera znanja</i></b>	pismeni, usmeni ispit

### ***Program predavanja***

Zaštita od korozije prevlačenjem je jedna od najviše korištenih tehnologija zaštite od korozije. Prevlakama se odvaja agresivni okoliš od osnovnog konstrukcijskog materijala. Prikazati će se detaljna podjela prevlaka (anorganske i organske), glavne specifičnosti i zahtjevi kod zaštite konstrukcija prevlačenjem. Područje primjene. Posebno će se obraditi područje primjene prevlačenja u strojarskoj proizvodnji. Odabir- kriteriji i zahtjevi, projektiranje, izvođenje i kontrola izvođenja sustava zaštite od korozije prevlačenjem.

### ***Literatura***

- I.Esih: Osnove površinske zaštite, FSB, Zagreb, 2003.
- P.R. Ribberger: Handbook of corrosion engineering, McGraw Hill, New York, 1999.
- D.A: Jones: Principles and prevention of corrosion, Prentice Hall, New York, 1996.
- M.G.Fontana and N.D. Greene: Corrosion engineering, 1978.
- I.Esih, Z. Dugi: Tehnologija zaštite od korozije I i II, 1990. i 1992.
- D. Kjernsmo, K.Kleven, J. Scheie: Overflatebehandling mot korrosjon, , Brpding A/s, Denmark, 2003.

<b><i>Kolegij</i></b>	<b>KOROZIJA U TLU</b>
<b><i>Nastavnik</i></b>	<b>Dr. sc. Dubravka Bjegović, red.prof.</b>
<b><i>Ustanova</i></b>	Građevinski fakultet, Zagreb
<b><i>ECTS</i></b>	8
<b><i>Tip kolegija</i></b>	izborni
<b><i>Naziv studija</i></b>	Korozija i zaštita
<b><i>Studij</i></b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b><i>Semestar</i></b>	II
<b><i>Izvođenje nastave</i></b>	6 sati predavanja, 3 sata laboratorijskih i 3 sata auditornih vježbi
<b><i>Provjera znanja</i></b>	projekt

### ***Program predavanja***

Uvod; Klasifikacija tla; Parametri tla koji utječu na koroziju (vlažnost, stupanja aeracije, pH, električni otpor tla, redoks potencijal, sadržaj klorida, sadržaj sulfata); korozija djelovanjem mikrobioloških organizana; Klasifikacija korozivnosti tla; Korozijske karakteristike metala i legura u tlu; Korozijske karakteristike armiranog betona u tlu

### ***Literatura***

1. Pierre R. Roberge: Handbook of Corrosion Engineering, McGraw-Hill, New York, 2000., 1139pp.
2. Mays, G. Durability of Concrete Structures, E & FN Soon, London, 1992.
3. Bentur, A.; Diamond, S.; Berke, N. S. Steel Corrosion in Concrete, E & FN Soon, London, 1997. <http://concrete.t.u.tokyo.ac.jp/en/demos/ducom/brieftheory/consec1.html>
4. Schütze, M.; Cahn, R. W.; Haasen P.; Kramer, E. J.: Corrosion and Environmental Degradation, 2 Volume Set, John Wiley & Sons, Ltd., 2000.

<b>Kolegij</b>	<b>KOROZIJA I ZAŠTITA METALA U NAFTNOM RUDARSTVU</b>
<b>Nastavnik</b>	<b>Dr. sc. Frankica Kapor, izv. prof.</b>
<b>Ustanova</b>	Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb
<b>ECTS</b>	8
<b>Tip kolegija</b>	izborni
<b>Naziv studija</b>	Korozija i zaštita
<b>Studij</b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b>Semestar</b>	II
<b>Izvođenje nastave</b>	8 sati predavanja i 4 sata laboratorijskih vježbi
<b>Provjera znanja</b>	Usmeni ispit, seminarski rad

### **Program predavanja**

Korozijski procesi na metalnoj opremi za bušenje, proizvodnju i transport nafte i plina. Tipovi korozije, opća korozija, lokalizirana korozija: rupičasta i pukotinska, galvanska, mikrobiološka i korozija uvjetovana metalurškim parametrima, degradacije uslijed mehaničkih faktora, korozijski lom uslijed unutarnjih i vanjskih čimbenika. Dizajn za smanjenje pojava korozije. Uzroci korozije: prisutnost ugljičnog dioksida i sumporovodika, polisulfida, organskih kiselina, kisikom kontaminiranih fluida, isplaka, vode, slanih voda, klorovodična kiselina injektirana za povećanje permeabilnosti formacije. Neke od navedenih tekućina su same po sebi korozivne, dok su to druge samo potencijalno u prisutnosti kisika. Metode korozijske kontrole, izbor korozijski otpornih legura, zaštitne prevlake, primjena katodne zaštite na opremu bušotina. Inhibitori, fizičke karakteristike, izbor i način primjene inhibitora na osnovi poznavanja mehanizama njihovog djelovanja. Nemetalni materijali u procesima dobivanja nafte i plina, njihova korozija i zaštita. Korozijska kontrola u primjeni isplake, sadržaja kisika, sumporovodika, ugljičnog dioksida, netopivih taloga i depozita u primarnoj proizvodnji, opreme korištene u sekundarnoj proizvodnji, offshore proizvodnih platformi i cijevnog sustava.

### **Literatura**

1. R. S. Treseder and R. N. Tutttle, "Corrosion Control in Oil and Gas Production", CORUPDATE, 1998.
2. Bruce Craig, "Oilfield Metallurgy and Corrosion" (third edition); MetCorr, 2004.
3. J. Kolts and S. Ciaraldi, "Corrosion-Resistant Alloys in Oil and Gas Production", NACE, 1996.
4. „Sulphide Stress Corrosion Cracking Resistant Metallic Materials for Oil and Field Equipment“ NACE MR-01-75. Material Requirement, NACE, Houston, 1979.
5. O. Lahodny-Sarc, Inhibitors in Oil and Gas Drilling and Production Operations in the book: Corrosion Inhibitors, No. 11, Publ. for the European Federation of Corrosion by the Institute of Materials, Londobn, UK, ISBN 0-901716-07-3, 1994.
6. O. Lahodny-Šarc, Inhibition in Oil and Gas Drilling, Production and Transport, Workshop 5 „Environment Priotection i the Petroleum Industry. Dubrovnik, June 14-18, 1999, Syllabus, 1-18, 1999.
7. L.L. Shreir, R.A. Jarman & G.T. Burstein, Corrosion metal/env., Butterworth-Heinemann, 3rd Edition, Oxford, UK, 1994.

<b>Kolegij</b>	<b>KOROZIJSKA OŠTEĆENJA KONSTRUKCIJA</b>
<b>Nastavnik</b>	<b>Dr. sc. Ivan Juraga, red. prof.</b>
<b>Ustanova</b>	Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
<b>ECTS</b>	8
<b>Tip kolegija</b>	izborni
<b>Naziv studija</b>	Korozija i zaštita
<b>Studij</b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b>Semestar</b>	II
<b>Izvođenje nastave</b>	8 sati predavanja i 4 sata laboratorijskih vježbi
<b>Provjera znanja</b>	pismeni, usmeni ispit,

### ***Program predavanja***

Direktne i indirektne štete od korozije u svijetu se mjere u milijardama dolara, ekološkim katastrofama, a nisu rijetke ni ljudske žrtve. Kolegij česa stajališta strojarske prakse dati cjelovit prikaz korozijskih procesa koji razaraju konstrukcije i postrojenja, Opća korozija, lokalni korozijski procesi.

Prikupljanje podataka, definiranje vrste oštećenja, odabir i provođenje razornih i nerazornih ispitivanja, odabir uzoraka za ispitivanje, metalografska, kemijska, korozijskaidruga ispitivanja. Obraditi će se razna područja industrije- petrokemija, brodogradnja, proizvodnja hrane, pića i lijekova idr.

Primjeri oštećenja, povezano uz greške i propuste u oblikovanju konstrukcija, odabiru konstrukcijskih materijala, neadekvatnom uporabom i sprovođenjem tehnologija zaštite od korozije, greškama- nehomogenostima u materijalu, neprimjerenim vođenjem eksploatacijskih procesa i sl. Analize i rješenja problema oštećenja konstrukcija i postrojenja uslijed korozije.

### ***Literatura***

S.D. Cramer, B.S. Covino: ASM HANDBOOK Vol. 13A, Corrosion , Fundamentals, Testing and Protection,ASM International, Materials Park, Ohio 2003.

R.J. Shipley, W.T. Becker: ASM HANDBOOK Vol. 11, Failure Analysis and Prevention, ASM International, Materials Park, Ohio 2002.

E.D.D. Durning, Corrosion Atlas, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1997

E.Heitz, R.Henkhaus, A. Rahmel: Corrosion science, Ellis Horwood ltd. Chichester, England, 1992.

P.R. Ribberger: Handbook of corrosion engineering, McGraw Hill, Inc. New York, 1999.

R.D. Port, H.M. Herro: The Nalco Guide to Boiler Failure Analysis, McGraw Hill, Inc. New York, 1991.



Kolegij	<b>NERAZORNE METODE U DIJAGNOSTICI I OSMATRANJU GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA</b>
Nastavnik	<b>Dr. sc. Dunja Mikulić, red.prof.</b>
Ustanova	Građevinski fakultet, Zagreb
ECTS	8
Tip kolegija	izborni
Naziv studija	Korozija i zaštita
Studij	Poslijediplomski specijalistički studij
Semestar	II
Izvođenje nastave	6 sati predavanja, 3 sata laboratorijskih i 3 sata auditornih vježbi
Provjera znanja	projekt

### ***Program predavanja***

Planiranje nerazornih ispitivanja: cilj ispitivanja; odabir metoda za ispitivanje; oprema za nerazorna ispitivanja. Vizualni pregledi: planiranje; metode vizualnih pregleda; kriteriji ocjenjivanja. Principi određivanja čvrstoće materijala u konstrukciji: sklerometar; penetracijske metode; pull-off. Određivanje čvrstoće kod mladog betona. Postupci za određivanje deformabilnosti materijala u konstrukciji: postupci mjerenja; prednosti i nedostaci metoda; kriteriji ocjenjivanja. Principi za određivanje svojstava propusnosti: plinopropusnost; vodopropusnost; određivanje apsorpcije. Ispitivanje difuzije. Ultrazvučne metode ispitivanja: vrste ispitivanja; prednosti i nedostaci; primjena. Elektro-magnetske metode ispitivanja: tragač armature; analiza dobivenih rezultata; primjena. Elektrokemijska ispitivanja u svrhu ocjene korozije armature. Akustična emisija: povijesni razvoj; oprema za mjerenje; interpretacija rezultata; primjenjivost. Ispitivanje radarom, termografija i radiografija: postupci ispitivanja; prednosti i nedostaci; primjena. Polurazorne metode ispitivanja: zimanje uzoraka; postupci ispitivanja; ocjena rezultata. Propisi i norme za provedbu nerazornih ispitivanja. Statistička obrada i interpretacija rezultata ispitivanja: kriteriji odlučivanja. Korelacija rezultata nerazornih ispitivanja. Uporaba nerazornih ispitivanja u istraživačkom radu.

### ***Literatura***

#### **Obvezna**

1. Malhotra, V. M.; Carino, N. J.: Handbook on Nondestructive testing of Concrete, Second Edition, CRC Press, 2004
2. Proceedings from International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering, Berlin, 2003
3. Bungey, J. H.; Millard, S. G.: Testing of concrete in structures, Blackie Academy & Professional, 1996
4. Davis, H.E.; Trexoll, G.E.; Hauck, F.W.: The Testing of Engineering Materials, McGraw-Hill Co., 1982.

#### **Preporučena**

1. FIB bulletin no. 22, Monitoring and Safety Evaluation of Existing Concrete Structures, State-of-art report, 2003
2. Innovations in Non-Destructive Testing of Concrete, ACI International SP-168, ed. Pessiki S. And Olson L., 1997

<b><i>Kolegij</i></b>	<b>PATOLOGIJA IZOLACIJSKIH MATERIJALA</b>
<b><i>Nastavnik</i></b>	<b>Dr. sc. Ivana Banjad Pečur, doc.</b>
<b><i>Ustanova</i></b>	Građevinski fakultet, Zagreb
<b><i>ECTS</i></b>	8
<b><i>Tip kolegija</i></b>	izborni
<b><i>Naziv studija</i></b>	Korozija i zaštita
<b><i>Studij</i></b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b><i>Semestar</i></b>	II
<b><i>Izvođenje nastave</i></b>	8 sati predavanja i 4 sata laboratorijskih vježbi
<b><i>Provjera znanja</i></b>	projekt

### ***Program predavanja***

Izolacijski materijali: hidroizolacije, toplinske izolacije, materijali za izolaciju od buke. Utjecaj okoliša na degradaciju izolacijskih materijala. Mehanizmi razaranja izolacijskih materijala. Optimalizacija materijala u sustavu podloga - izolacijski materijal. Projektiranje trajnosti izolacijskih materijala. Utjecaj detalja konstrukcije i izvedbe detalja na trajnost izolacijskih materijala.

### ***Literatura***

1. Kubal, M.T.: Construction Watverproofing Handbook, McGraw-Hill, 1999.
2. Bynum R.T.: Insulation Handbook, McGraw-Hill, 2001.
3. Vanderwerf, P.A., Chammas, P., Lemay, L.A.: Insulating Concrete Forms for Residential Design and Construction McGraw-Hill, 1997.
4. Wolf, A.T. (editor): Durability of Building Sealants, Proceedings of the Second International RILEM Symposium held November 6-7, 1997, Garston, England, E\$FN SPON, 1999.

<b>Kolegij</b>	<b>KOROZIJA MATERIJALA I RAČUNALNO MODELIRANJE U KOROZIJI</b>
<b>Nastavnik</b>	<b>Dr. sc. Sanja Martinez, izv. prof.</b>
<b>Ustanova</b>	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
<b>ECTS</b>	8
<b>Tip kolegija</b>	izborni
<b>Naziv studija</b>	Korozija i zaštita
<b>Studij</b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b>Semestar</b>	II
<b>Izvođenje nastave</b>	8 sati predavanja 4 sata seminara
<b>Provjera znanja</b>	pismeni ispit, usmeni ispit

### **Program predavanja**

Elektronska struktura sudionika korozijskog procesa. Otapanje metala i legura – termodinamika, kinetika i teorije otapanja. Mjerenje brzine korozije. Granica faza poluvodič otopina. Korozija poluvodiča. Poluvodički oksidni slojevi na metalu-pasivnost metala. Granica metal/oksidni sloj/elektrolit – reakcije na granicama faza, transport struje kroz oksidni sloj, električno polje, rast i proboj pasivnog sloja. Pasivnost i korozijska otpornost nekih čistih metala. Korozijski visokootporne pasivirajuće legure i njihova primjena. Nejednolika korozija i mehanizmi nastajanja korozijskih oštećenja. Korozija u odabranim korozijskim uvjetima. Metode zaštite od korozije. Modeli elektrodnih korozijskih procesa. Programi za kvantitativnu analizu polarizacijskih krivulja i podataka impedancijskih mjerenja. Ocjena korozijske otpornosti mogućnosti primjene u realnim sustavima konstrukcijskih materijala, zaštitnih prevlaka, organskih premaza i inhibitora korozije na osnovu podataka dobivenih mjerenjama i modeliranjem. Atomističke računalne simulacije korozijskog procesa. Molekularno modeliranje u koroziji.

### **Literatura**

1. R. S. Munn, Ed., Computer Modeling in Corrosion, ASTM, Philadelphia, 1992
2. John R. Scully and David W. Shoesmith, Eds, Proceedings of the CORROSION/2003 Research Topical Symposium: Modeling and Prediction of Lifetimes for Corrodible Structures, NACE, Houston, 2003
3. R.A. Adey, Ed, Advances in Boundary Elements, Vol 12, Modelling of Cathodic Protection Systems, Beasy Ltd. and Wessex Institute of Technology, Southampton, 2005
4. R. Leach, Molecular Modelling, Principles and Applications, 2nd ed, Person Education, London, 2001
5. M.T. Heath, M. Heath, Scientific Computing, 2nd ed, McGraw-Hill Science/Engineering/Math, New York, 2002



<b>Kolegij</b>	<b>METALURŠKO INŽENJERSTVO I KOROZIJA</b>
<b>Nastavnik</b>	<b>Dr. sc. Mirko Gojić, red. prof.</b>
<b>Ustanova</b>	Metalurški fakultet, Sisak
<b>ECTS</b>	8
<b>Tip kolegija</b>	izborni
<b>Naziv studija</b>	Korozija i zaštita
<b>Studij</b>	Poslijediplomski specijalistički studij
<b>Semestar</b>	II
<b>Izvođenje nastave</b>	10 sati predavanja i 2 sata seminara
<b>Provjera znanja</b>	Usmeni ispit i seminarski rad

### **Program predavanja:**

Utjecajni metalurški faktori (nečistoće, defekti, sekundarne faze, naprezanje, mikrostruktura) pri dobivanju (rafinaciji), preradi i visokotemperaturnoj obradi metalnih materijala na koroziju. Visokotemperaturni postupci obrade metalnih materijala (zavarivanje, toplinska obrada) i korozija. Osnove tehnike spajanja metalnih materijala zavarivanjem. Ponašanje metalnih materijala, s korozijskog stajališta, na međufaznoj granici *osnovni materijal/zona utjecaja topline/zona taljenja*. Izbor metalnih materijala za odgovarajuće uvjete primjene. Međusobna povezanost mikrostrukture (ferit, perlit, austenit, bainit, martenzit itd.) i korozije. Odabrani primjeri iz prakse.

### **Literatura:**

1. M. Gojić, Tehnike spajanja i razdvajanja materijala, II. nepromijenjeno izdanje, Metalurški fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2008.
2. M. Gojić, Metalurgija čelika, II. nepromijenjeno izdanje, Metalurški fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2006.
3. V. Leopold, Korozija kovin in korozijsko preskušanje, NTF, Ljubljana, 1991.
4. D. Krumes, Toplinska obradbe, Strojarski fakultet, Sveučilište u Osijeku, 2000.
5. E. P. Degramo, J. T. Black, R. A. Kohser, Materials and Processes in Manufacturing, John Wiley & Sons Inc., 2003.

### **I. 3.3. Struktura studija**

Nastava na interfakultetskom specijalističkom poslijediplomskom studiju traje 2 semestra a završava završnim radom iz odabranog predmeta. Student treba položiti 5 ispita i to 2 temeljna (2 x 12 ECTS) i 3 izborna (3 x 8 ECTS) i izraditi završni rad (12 ECTS).

**I. 3.4.** Student može odabrati 1 izborni predmet iz bilo kojeg poslijediplomskog studija na tehničkim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu, Republici Hrvatskoj i inozemstvu.

**I. 3.5.** Izabrani kolegij koji student upisuje s drugih studija na Sveučilištu u Zagrebu, Republici Hrvatskoj i inozemstvu nosi 8 ECTS-bodova.

**I. 3.6.** Svi predmeti se mogu izvoditi na engleskom jeziku.

**I. 3.7.** Studenti koji su prekinuli studij ili su izgubili pravo studiranja mogu ponovnim upisom nastaviti studij.

**I. 3.8.** Kada student položi sve propisane ispite, izradi i obrani završni rad on stječe pravo na potvrdu(certifikat) o završenom specijalističkom studiju kao dijelu cjeloživotnog obrazovanja.

**I. 3.9.** Nastavnik kolegija iz kojeg je student izabrao završni rad predlaže temu rada, organizira prezentaciju (obranu) rada pred ostalim nastavnicima i studentima. Ocjenu završnog rada donosi stručno vijeće na temelju prijedloga stručnog povjerenstva.

**I.3.10.** Specijalistički studij traje jednu godinu a maksimalna duljina do završetka studiranja je dvije godine.

Voditeljica studija:

Prof.dr.sc. Sanja Martinez, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije