

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

Zavod za polimerno inženjerstvo i organsku kemijsku tehnologiju

OBRADA INDUSTRIJSKIH I OTPADNIH VODA

Laboratorijske vježbe

Interna skripta za studente

Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije

Priredili:

Stefani Tonković, mag. ing. oecoling.

Martina Kujavić, univ. mag. ing. cheming.

dr. sc. Anamarija Pulitika

Voditelji kolegija:

prof. dr. sc. Marija Vuković Domanovac

prof. dr. sc. Hrvoje Kušić

Sadržaj

Pisanje referata	1
Vježba 1. Uklanjanje organskih bojila iz otpadne vode koagulacijom/flokulacijom.....	3
Vježba 2. Uklanjanje bojila iz vode adsorpcijom.....	5
Vježba 3. Obrada otpadnih voda primjenom oksidacijskih procesa	6

Pisanje referata

Referat je potrebno izraditi po završetku vježbi i predati ga najkasnije do zadnjeg dana semestra.

Referat se izrađuje u obliku Word dokumenta te se u tom obliku i šalje na mail voditelju/ima laboratorijskih vježbi. Naziv datoteke mora biti u sljedećem obliku:

- grupa_prezime1_prezime2.docx (primjer: 1_kujavic_pulitika.docx).

Referat je potrebno urediti sukladno pravilima pisanja svih seminarskih/završnih/diplomskih radova, odnosno prema pravilniku o izradi završnih i diplomskih radova koji se nalazi na web stranicama fakulteta. To znači da tekst treba biti pisan fontom *Times New Roman*, veličine 12 uz prored 1,5 te obostrano poravnanje i uvlaku prvog reda teksta. Slike ili grafički prikazi trebaju biti centrirani i numerirani uz opis ispod dok se kod tablica opis treba nalaziti iznad tablice. Formule je potrebno oblikovati u *Word* dokumentu, centrirati i numerirati (brojevi kod numeriranja moraju biti desnog poravnanja). Svi grafovi izrađeni u *excellu* trebaju biti preslikani u *Word* dokument u obliku slike tj. *picture* kako se sadržaj ne bi mogao naknadno mijenjati. Literaturu je potrebno navoditi prema uputama pravilnika.

Referat treba imati do najviše 30 stranica i treba sadržavati:

1. Naslovnu stranicu s popisom svih studenata koji su sudjelovali u izradi referata.
2. Kratak teorijski pregled za svaku vježbu koja se izvodi na praktikumu za koji je potrebno koristiti literaturu preuzetu iz odabrane baze znanstvenih radova (ScienceDirect...)
 - a. Ukratko opisati teorijsku osnovu procesa obrade industrijskih i otpadnih voda, uključujući njihova temeljna načela i mehanizme
 - b. Posebno se osvrnuti na procese koji su obrađivani tijekom laboratorijske vježbe.
 - c. Objasniti zašto su obrađeni procesi važni u području pročišćavanja otpadnih voda te navesti tipične primjene u praksi.
3. Eksperimentalni dio u kojem je sadržan zadatak svake pojedine vježbe koja se izvodi na praktikumu te popis potrebnih kemikalija i uređaja, slika i izračuni potrebnih masa i volumena reagensa na temelju zadatkom zadanih koncentracija.
4. Rezultate koji objedinjuju tablice dobivenih rezultata, proračune i pripadajuće grafove.
5. Raspravu koja uključuje komentar na rezultate svake pojedine vježbe kao i usporedbu rezultata.

(Rezultati i rasprava mogu se pisati zajedno)

6. Zaključak koji treba biti kratak, jasan i usmjeren na bitne činjenice.
7. Popis literature (za što se mogu koristiti alati poput Mendeley-a ili Zotera)

Vježba 1. Uklanjanje organskih bojila iz otpadne vode koagulacijom/flokulacijom

Zadatak

Ispitati i usporediti učinkovitost procesa koagulacije/flokulacije na obezbojenje modelne otopine odabranog bojila Reactive Red (RR45). Učinkovitost izraziti kao postotak uklanjanja bojila prateći smanjenje apsorbacije UV/Vis spektrofotometrom. Rezultate prikazati grafički i tablicama, komentirati.

Kemikalije

- $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$, $M = 270,2 \text{ g mol}^{-1}$ ($c = 1,0 \text{ mmol dm}^{-3}$)
- Levafloc ® ($\varphi = 0,25\%$)
- Bojilo Reactive Red ($c(\text{RR45}) = 0,05 \text{ g dm}^{-3}$, pH = 3, 7, 11)

Instrumenti

- UV/Vis spektrofotometar, Perkin Elmer EZ 201

Postupak

Prije početka vježbe, izračunati potrebnu masu koagulant (FeCl₃×6H₂O) ako je radni volumen otopine bojila 100 mL te potrebni volumen flokulanta (Levafloc ®) ako je radni volumen otopine 50 mL.

Koagulacija

U jednu čašu od 250 mL dodati 100 mL početne otopine bojila RR45. Čašu s bojom postaviti na magnetsku miješalicu te postaviti brzinu miješanja na 600 rpm. Odrediti početnu vrijednost apsorbancije pomoću UV/VIS spektrofotometra. U čašu dodati određenu masu koagulant (FeCl₃×6H₂O, $c = 1,0 \text{ mmol dm}^{-3}$) te miješati 1 min na 600 rpm. Nakon perioda brzog miješanja, smanjiti brzinu miješanja na 150 rpm te nastaviti miješati. Nakon 14 min sporog miješanja, ugasi magnetsku miješalicu i pustiti da smjesa odstoji nekoliko sati. Iz bistre kapljevine uzeti uzorak i izmjeriti apsorbanciju.

Flokulacija

Postupak za vježbu flokulacije, vrlo je sličan postupku za vježbu koagulacije. Razlika je u tome da u čašu s bojilom dodaje flokulant umjesto koagulansa te da je volumen radne otopine 50 mL, umjesto 100 mL.

U jednu čašu od 100 mL dodati 50 mL početne otopine bojila RR45. Čašu s bojilom postaviti na magnetsku miješalicu te postaviti brzinu miješanja na 600 rpm. Odrediti početnu vrijednost apsorbancije pomoću UV/VIS spektrofotometra. U čašu dodati određenu masu flokulanta (Levafloc ®, $\varphi = 0,25\%$) te miješati 1 min na 600 rpm. Nakon perioda brzog miješanja, smanjiti brzinu miješanja na 150 rpm te nastaviti miješati. Nakon 14 min sporog miješanja, ugastiti magnetsku miješalicu i pustiti da smjesa odstoji nekoliko sati. Iz bistro kapljevine uzeti uzorak i izmjeriti apsorbanciju.

Koagulacija				
Bojilo	pH	A(t = 0 min)	A(t = ____)	Uklanjanje / %
RR45	3			
	7			
	11			

Flokulacija				
Bojilo	pH	A(t = 0 min)	A(t = ____)	Uklanjanje / %
RR45	3			
	7			
	11			

Vježba 2. Uklanjanje bojila iz vode adsorpcijom

Zadatak

Ispitati učinkovitost adsorpcije na obezbojenje modelne otopine odabranog bojila Reactive Red (RR45). Učinkovitost izraziti kao postotak uklanjanja bojila prateći smanjenje apsorbacije UV/Vis spektrofotometrom. Rezultate prikazati grafički i tablicama, komentirati.

Kemikalije

- Aktivni ugljen, p.a, Kemika, ($\gamma_1 = 0,5 \text{ g dm}^{-3}$, $\gamma_2 = 1,0 \text{ g dm}^{-3}$, $\gamma_3 = 2,0 \text{ g dm}^{-3}$)
- Bojilo Reactive Red ($c(\text{RR45}) = 0,05 \text{ g dm}^{-3}$, pH = prirodni)

Instrumenti

- UV/Vis spektrofotometar, Perkin Elmer EZ 201

Postupak

Prije početka vježbe, izračunati potrebnu masu aktivnog ugljena ako je radni volumen otopine bojila 100 mL. U jednu čašu od 250 mL dodati 100 mL početne otopine bojila RR45. Odrediti početnu vrijednost apsorbancije pomoću UV/VIS spektrofotometra, te u svaku čašu dodati određenu masu aktivnog ugljena. Čaše postaviti na magnetsku miješalicu te miješati sat vremena (150 rpm). Nakon miješanja, uzeti uzorak špricom, te profiltrirati kroz celulozni filter direktno u kivetu i izmjeriti apsorbanciju.

Adsorpcija				
Bojilo	$\gamma / \text{g dm}^{-3}$	$A(t = 0 \text{ min})$	$A(t = 60 \text{ min})$	Uklanjanje / %
RR45	0,5			
	1,0			
	2,0			

Vježba 3. Obrada otpadnih voda primjenom oksidacijskih procesa

Zadatak

Ispitati učinkovitost Fentonovog procesa na obezbojenje modelne otopine odabranog bojila Reactive Red (RR45). Učinkovitost izraziti kao postotak razgradnje bojila prateći smanjenje koncentracije UV/Vis spektrofotometrom. Rezultate prikazati grafički i tablicama te odrediti konstantu brzine reakcije, komentirati.

Kemikalije

- $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, $M = 278 \text{ g mol}^{-1}$
($c_1 = 0,5 \text{ mmol dm}^{-3}$, $c_2 = 0,75 \text{ mmol dm}^{-3}$, $c_3 = 1,0 \text{ mmol dm}^{-3}$)
- H_2O_2 , $M = 34 \text{ g mol}^{-1}$, $W = 30\%$, $\rho = 1,11 \text{ kg dm}^{-3}$ ($c = 10 \text{ mmol dm}^{-3}$)
- Na_2SO_3 , $M = 126 \text{ g mol}^{-1}$
- Bojilo Reactive Red ($c(\text{RR45}) = 0,05 \text{ g dm}^{-3}$, $\text{pH} = 3$)

Instrumenti

- UV/Vis spektrofotometar, Perkin Elmer EZ 201

Postupak

Prije početka vježbe pripremiti vialu u koju će se dodati oko 10 mg natrijevog sulfita (Na_2SO_3) koji zaustavlja reakciju te izračunati potrebnu masu $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ i volumen H_2O_2 ako je radni volumen 100 mL. U čašu od 250 mL dodati 100 mL početne otopine bojila te staviti na magnetsku miješalicu. Odrediti početnu vrijednost apsorbancije pomoću UV/VIS spektrofotometra. U otopinu dodati potrebnu odvagu $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. Pokrenuti reakciju dodavanjem oksidansa (vodikovog peroksida (H_2O_2), $c = 10 \text{ mmol dm}^{-3}$) te pokrenuti štopericu. U zadanim vremenskim intervalima, iz otopine uzeti oko 4 mL uzorka pomoću šprice i prebaciti ga u vialu s prethodno dodanim Na_2SO_3 . Nakon toga uzeti uzorak iz vialu pomoću šprice te ga preko celuloznog filtera prebaciti u kivetu i izmjeriti apsorbanciju.

t / min	$A (\text{RR45})$		
	c_1	c_2	c_3
0			
1			
2			
3			
5			
7			
10			