

Adsorpcija reaktivnog bojila na aktivnom ugljenu: kinetika i utjecaj početne koncentracije bojila

Adriana Gaščić, univ. bacc. ing. techn. text.
Prof. dr. sc. Ana Sutlović, dipl. ing.
Prof. dr. sc. Branka Vojnović, dipl. ing.
Prof. dr. sc. Mario Cetina, dipl. ing.
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet
Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb, Hrvatska
e-pošta: mario.cetina@tff.unizg.hr
Prispjelo 31. 5. 2021.

UDK 677.016.8
Izvorni znanstveni rad*

Iako mnoga bojila koja se koriste u procesu bojadisanja tekstila nisu toksična, obojene otpadne vode imaju štetan i negativan estetski i biološki učinak na vodene sustave, pa se zbog toga bojila trebaju ukloniti iz otpadnih voda. U ovom radu provedena je izotermna adsorpcija bojila Reactive Black 5 na komercijalnom aktivnom ugljenu. Adsorpcija je provedena šaržnim postupkom u vremenskom razdoblju od 30 minuta do 16 sati, kada je postignuta ravnoteža. Rezultati pokazuju eksponencijalno smanjenje koncentracije bojila nakon adsorpcije, od 500 mg dm^{-3} do 118 mg dm^{-3} u stanju ravnoteže. Kako bi se istražio mehanizam kinetike adsorpcije provedene su kinetičke studije koje su pokazale da kinetički model pseudo-drugog reda bolje opisuje proces adsorpcije ovog sustava. Cilj ovog rada bio je također i usporediti utjecaj početne koncentracije bojila na proces adsorpcije; postotak adsorbiranog bojila u stanju ravnoteže za početnu koncentraciju bojila $c_0 = 300 \text{ mg dm}^{-3}$ je za 18 % veći od onog za $c_0 = 500 \text{ mg dm}^{-3}$.

Ključne riječi: izotermna adsorpcija, otpadne vode, aktivni ugljen, reaktivno bojilo, kinetika adsorpcije

1. Uvod

Tekstilna industrija jedna je od najvećih onečišćivača okoliša, prvenstveno zbog nastajanja velikih količina otpadnih voda izrazito složenog sastava. Takav sastav pripisuje se prije svega upotrebi brojnih kemikalija koje su dodane u procesima obrade tekstilija a ostale su djelomično ili pak potpuno neiskorištene nakon procesa proizvodnje. Pri tome, jedan od

najvećih udjela u onečišćenju okoliša zauzimaju procesi bojadisanja i tiska. Kromoforne skupine u molekulama bojila, kao što su azo, karbonil i nitro odgovorne su za obojenje tekstilnih materijala ali uzrokuju i onečišćenje voda, dajući učinak intenzivnog obojenja otpadnoj vodi. Ispuštanje takvih otpadnih voda u okoliš dovodi do poremećaja ravnoteže ekosustava, uzrokujući razne nepoželjne promjene [1, 2].

Među različitim vrstama bojila, reaktivna su jedna od najčešće korištenih za bojadisanje pamuka i značajno pridonose obojenju tek-

stilnih otpadnih voda. Iscrpljenje reaktivnih bojila, ovisno o vođenju procesa bojadisanja, iznosi 60-90 % pa ih je potrebno ukloniti iz otpadnih voda [3]. Brojne su metode za uklanjanje bojila i obezbojavanje ispusnih voda. Za uklanjanje bojila danas se često primjenjuju biološke i kemijske metode, iako te tehnike imaju relativno nisku učinkovitost uklanjanja reaktivnih bojila. Naime, većina tekstilnih bojila su ciljano sintetizirana da budu biološki nerazgradiva, postojana na svjetlost, toplinu i oksidirajuća sredstva. Sve ove metode imaju nedostatke kao što su nepot-

*Izlaganje na II. međunarodnoj konferenciji "Cjeloviti pristup okolišu", 28. svibnja 2021., Sisak, Hrvatska

puno uklanjanje, velika potrošnja kemikalija i energije te stvaranje toksičnog otpadnog mulja ili drugih otpadnih produkata koji zahtijevaju pravilno zbrinjavanje. Među ostalim metodama obezbijavanja, adsorpcija se pokazala kao učinkovita i isplativa metoda obrade vode. Pored toga, adsorpcija ne dovodi do stvaranja štetnih produkata takove obrade [1, 2, 4]. Cilj ovog rada bio je istražiti učinkovitost komercijalnog aktivnog ugljena za uklanjanje bojila Reactive Black 5 (RB5) postupkom adsorpcije. Dodatni ciljevi bili su odrediti brzinu i mehanizam adsorpcije ovog sustava, te usporediti ravnotežne adsorpcijske kapacitete i postotak adsorbiranog bojila za dvije različite početne koncentracije. Izračunata je i standardna Gibbsova energija kako bi se utvrdilo je li proces adsorpcije spontan.

2. Eksperimentalni dio

2.1. Materijali

Za ispitivanja učinkovitosti adsorpcije upotrijebljeno je bojilo Reactive Black 5 (Everzol Black B tvrtke Everlight Chemical Industrial Corp., C.I. 20505, kemijska formula: $C_{26}H_{21}N_5Na_4O_{19}S_6$, $M_r = 991,82$) i praškasti aktivni ugljen (tvrtka Kemika, Hrvatska). Adsorbens je prije ispitivanja sušen 24 sata u sušioniku na $105\text{ }^\circ\text{C}$ (tj. do konstantne mase), te čuvan u eksikatoru do uporabe.

2.2. Šaržna adsorpcijska istraživanja

Ispitivanje je provedeno obradom 50 cm^3 otopine bojila početne koncentracije $c_0 = 500\text{ mg dm}^{-3}$ s $0,1\text{ g}$ aktivnog ugljena u staklenim bocama, u termostatoranoj mućkalici Heidolph Unimax 1010 s Inkubatorom 1000. Sva mjerenja provedena su u triplicatu, a rezultati su prikazani za prosječne vrijednosti. Suspenzije su mućkane u

različitim vremenima (30, 60, 120, 180 i 240 min) te do postizanja ravnoteže (16 sati) konstantnom brzinom mućkanja od 250 min^{-1} pri $45\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$. Nakon adsorpcije, suspenzije su profiltrirane kroz filter-papir plava vrpca, a koncentracija preostalog bojila u tekućoj fazi (filtratu) određena je spektrofotometrijski praćenjem apsorpcije pomoću UV-Vis spektrofotometra (Lambda 20, Perkin Elmer) pri valnoj duljini apsorpcijskog maksimuma od $\lambda_{\text{max}} = 598\text{ nm}$. Iz baždarnog dijagrama se uočava linearna ovisnost apsorpcije o koncentraciji, što je u skladu sa Lambert-Beerovim zakonom. Količina adsorbata adsorbiranog u bilo kojem vremenu t , q_t (mg g^{-1}), i količina adsorbata adsorbiranog u stanju ravnoteže, q_{ravn} (mg g^{-1}), izračunata je pomoću:

$$q = \frac{V \cdot (c_0 - c_t)}{m} \quad (1)$$

gdje je c_0 početna koncentracija bojila (mg dm^{-3}), c_t koncentracija bojila u tekućoj fazi nakon odgovarajućeg vremena adsorpcije (mg dm^{-3}), V je volumen tekuće faze (dm^3) i m je masa adsorbensa (g). Postotak adsorbiranog bojila (% ads.) izračunat je prema:

$$\% \text{ ads.} = \frac{c_s}{c_0} \cdot 100 \quad (2)$$

gdje je c_s (mg dm^{-3}) koncentracija adsorbiranog bojila na čvrstoj fazi ($c_s = c_0 - c_t$).

3. Rezultati i rasprava

3.1. Utjecaj vremena na proces adsorpcije

Kako bi se procijenilo ponašanje aktivnog ugljena u procesu adsorpcije bojila RB5, proveden je niz adsorpcijskih pokusa u različitim vremenskim periodima. Prosječne vrijednosti koncentracije bojila u tekućoj i čvrstoj fazi, postotak adsorbiranog bojila i količina adsorbiranog adsorbata (u

različitim vremenima adsorpcije) dani su u tab.1.

Tab.1 Prosječne vrijednosti koncentracije bojila u tekućoj fazi nakon adsorpcije (c_t), koncentracije adsorbiranog bojila na čvrstoj fazi (c_s), postotka adsorbiranog bojila (% ads.) i količine adsorbiranog adsorbata (q_t) u različitim vremenima tijekom adsorpcije (t)

t / min	$c_s / \text{mg dm}^{-3}$	$c_t / \text{mg dm}^{-3}$	% ads.	$q_t / \text{mg g}^{-1}$
30	332,9	167,1	33,4	83,6
60	298,7	201,3	40,3	100,7
120	235,9	264,1	52,8	132,1
180	225,0	275,0	55,0	137,5
240	213,7	286,3	57,3	143,2
960	118,3	381,7	76,3	190,9

Podaci u tab.1 pokazuju da se koncentracija bojila u otopini nakon adsorpcije (c_t) eksponencijalno smanjuje, što je prikazano i na sl.1, dok se posljedično tome koncentracija u čvrstoj fazi (c_s) povećava. Nakon jednog sata, koncentracija bojila smanjila se sa 500 mg dm^{-3} na $298,7\text{ mg dm}^{-3}$ (približno je adsorbirano oko 40 % bojila). Nešto više od 52 % bojila adsorbiralo se nakon dva sata, dok je približno 76 % bojila adsorbirano u stanju ravnoteže. Dakle, proces adsorpcije je u početku brži (sl.1), a kasnije se usporava; razlika u postotku adsorbiranog bojila između dva i tri sata, kao i između tri i četiri sata je približno samo 2 %. Nasuprot tome, količina adsorbiranog adsorbata (q_t) kontinuirano se povećava i ravnotežni adsorpcijski kapacitet, tj. količina adsorbiranog adsorbata u stanju ravnoteže (q_e) za ovaj adsorpcijski sustav iznosi približno 191 mg g^{-1} (tab.1).

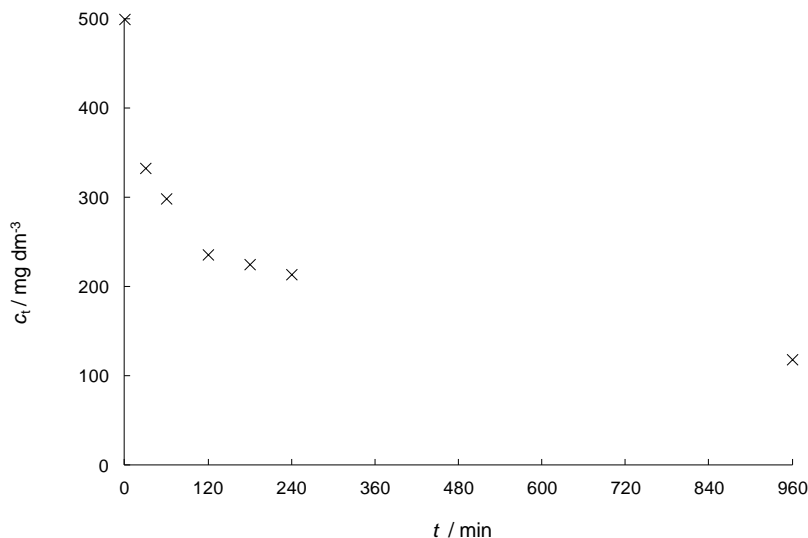
Drugi cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj početne koncentracije bojila na proces adsorpcije. Zbog toga je uspoređena adsorpcija početne koncentracije $c_0 = 500\text{ mg dm}^{-3}$ s početnom koncentracijom bojila od $c_0 = 300\text{ mg dm}^{-3}$ [5]. Ove dvije početne koncentracije bojila odabrane su ciljano, jer su to karakteri-

stične koncentracije ovoga bojila u otpadnim vodama bojadisaonica nakon procesa bojadisanja tekstila u crne nijanse. Povećanje početne konc. bojila sa $c_0 = 300 \text{ mg dm}^{-3}$ [5] na $c_0 = 500 \text{ mg dm}^{-3}$, uz iste eksperimentalne uvjete (vrijeme, vrstu i masu adsorbensa, brzinu mućkanja i temperaturu), uzrokovalo je značajno smanjenje adsorpcije bojila, kao i povećanu količinu adsorbiranog adsorbata u različitim vremenskim periodima (sl.2). Vidljivo je da su adsorpcijski kapaciteti veći za početnu konc. bojila $c_0 = 500 \text{ mg dm}^{-3}$. Nasuprot tome, očekivano, vrijednosti postotka adsorbiranog bojila veće su za početnu koncentraciju bojila $c_0 = 300 \text{ mg dm}^{-3}$ [5].

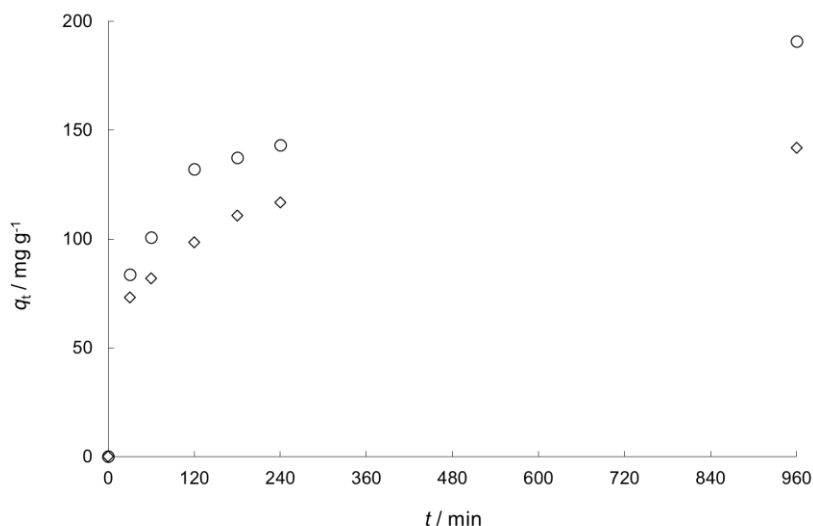
Tako je postotak adsorbiranog bojila u stanju ravnoteže za početnu konc. bojila od $c_0 = 300 \text{ mg dm}^{-3}$ za 18 % veći od onog za početnu koncentraciju od 500 mg dm^{-3} . To je zbog toga što su sva aktivna mjesta adsorbensa brže zauzeta za nižu početnu koncentraciju bojila. Može se razaznati nekoliko faza tijekom adsorpcije bojila (sl.2). Brzina adsorpcije je u početku veća i odgovara trenutnoj adsorpciji, vjerojatno uslijed elektrostatskog privlačenja bojila i vanjske površine adsorbensa. Količina adsorbirane tvari na adsorbensu i difuzija bojila iz otopine u adsorbens i potom u njegove pore smanjuje se s vremenom te predstavlja umjerenu adsorpcijsku fazu gdje se brzine difuzije smanjuju s povećanjem vremena kontakta adsorbens-adsorbat. Nakon te faze slijedi faza ravnoteže kada molekule bojila zaposjednu sva aktivna mjesta adsorbensa [6].

3.2. Kinetika adsorpcije

Kako bi se proučio mehanizam adsorpcije provedeno je istraživanje kinetike. Istraživanje kinetike je važno za proces adsorpcije jer opisuje brzinu adsorpcije adsorbata i utvrđuje preostalo vrijeme cijelog procesa adsorpcije za dati



Sl.1 Utjecaj vremena na koncentraciju bojila RB5 u tekućoj fazi nakon adsorpcije



Sl.2 Utjecaj vremena na kapacitet adsorpcije bojila RB5 početnih koncentracija:
○ – $c_0 = 500 \text{ mg dm}^{-3}$ i ◇ – $c_0 = 300 \text{ mg dm}^{-3}$ [5]

sustav. Eksperimentalni podaci za početnu koncentraciju bojila $c_0 = 500 \text{ mg dm}^{-3}$ analizirani su kinetičkim modelima pseudo-prvog reda i pseudo-drugog reda.

3.2.1. Kinetički model pseudo-prvog reda

Kinetički model pseudo-prvog reda, koji je predložio Lagergren [7], izražava se izrazom:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_{\text{ravn}} - q_t) \quad (3)$$

gdje je k_1 konstanta brzine pseudo-prvog reda (min^{-1}).

Integriranje ovog izraza u granicama od $t = 0$ do $t = t$ i $q_t = 0$ do $q_t = q_t$ daje matematički izraz:

$$\ln(q_{\text{ravn}} - q_t) = \ln q_{\text{ravn}} - k_1 \cdot t \quad (4)$$

Kinetička konstanta k_1 može se odrediti crtanjem $\ln(q_{\text{ravn}} - q_t)$ u odnosu na vrijeme (t). Ako je matematički izraz pseudo-prvog reda primjenjiv, dijagram bi trebao dati linearni odnos i trebao bi omogućiti izračun konstante brzine pseudo-prvog reda (k_1) iz nagiba pravca i količine adsorbiranog adsorbata u stanju ravnoteže ($q_{\text{ravn,rač}}$) iz odsjeka na ordinati.

Vrijednost koeficijenta korelacije (R^2) jednadžbe pravca iznosi 90,9 %, dok izračunata kinetička konstanta k_1 iznosi $0,0039 \text{ min}^{-1}$. Međutim, unatoč relativno visokoj vrijednosti R^2 , ovaj kinetički model nije prikladan za opis ovog adsorpcijskog sustava. Izračunata vrijednost količine adsorbiranog adsorbata u stanju ravnoteže iz jednadžbe pravca ($q_{\text{ravn,rač}}$) iznosi $111,0 \text{ mg dm}^{-3}$, što nije u skladu s eksperimentalno dobivenom vrijednošću, tab.1 ($q_{\text{ravn,eksp}} = 190,9 \text{ mg dm}^{-3}$).

3.2.2. Kinetički model pseudo-drugog reda

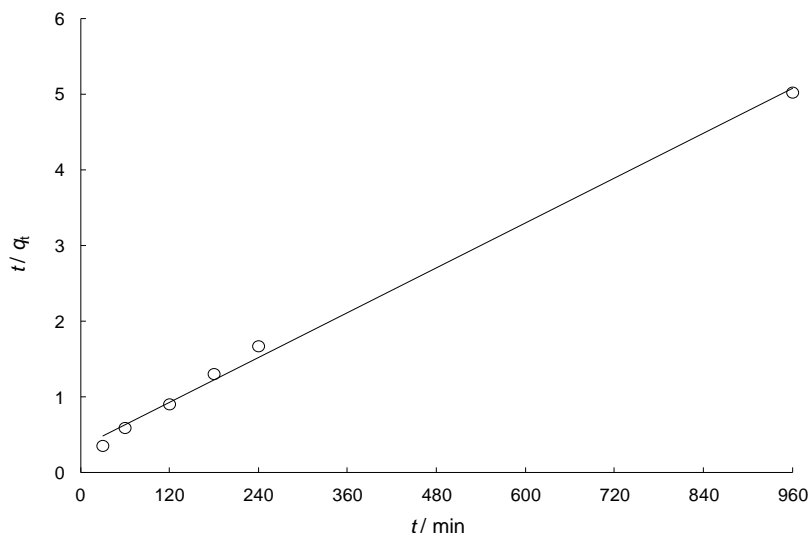
Ho i McKay [8, 9] razradili su kinetički model pseudo-drugog reda koji je dan sljedećim matematičkim izrazom:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_{\text{ravn}} - q_t)^2 \quad (5)$$

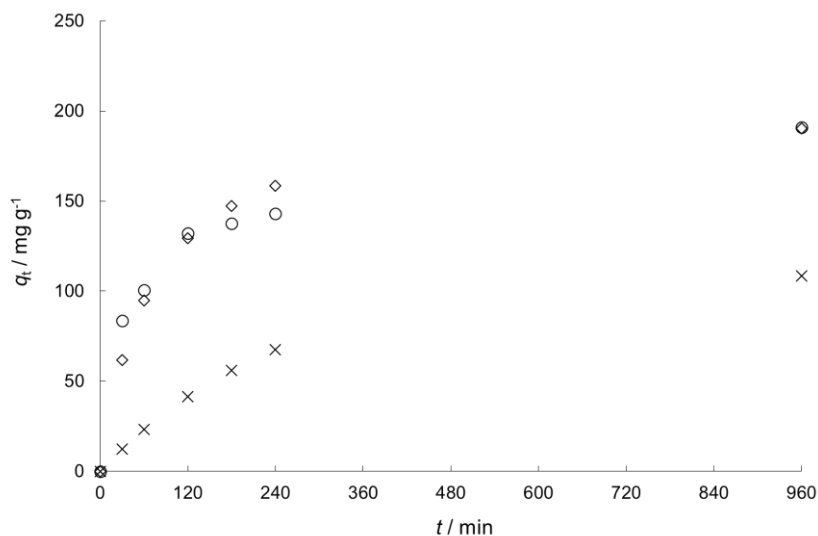
gdje je k_2 konstanta brzine pseudo-drugog reda ($\text{g mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$). Integriranje tog izraza u istim granicama kao i za prvi red daje matematički izraz koji se u lineariziranom obliku prikazuje kao:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 \cdot q_{\text{ravn}}^2} + \frac{1}{q_{\text{ravn}}} \cdot t \quad (6)$$

Ako je matematički izraz pseudo-drugog reda primjenjiv, dijagram t/q_t u odnosu na vrijeme (t) trebao bi dati linearan odnos i omogućiti izračunavanje količine adsorbiranog adsorbata u stanju ravnoteže ($q_{\text{ravn,rač}}$) iz nagiba pravca i potom konstante brzine pseudo-drugog reda (k_2) iz odsjeka na ordinati. Grafički prikaz lineariziranog oblika ovog modela (sl.3) daje vrlo visoku vrijednost koeficijenta korelacije od 99,7 %. Količina adsorbiranog adsorbata u stanju ravnoteže ($q_{\text{ravn,rač}}$) izračunata iz jednadžbe pravca iznosi $204,1 \text{ mg dm}^{-3}$, što je približno jednako eksperimentalno dobivenoj vrijednosti od $190,9 \text{ mg dm}^{-3}$ (tab.1).



Sl.3 Grafički prikaz lineariziranog oblika kinetičkog modela pseudo-drugog reda za adsorpciju bojila RB5 na aktivnom ugljenu



Sl.4 Podudaranje kinetičkih modela pseudo-prvog i pseudo-drugog reda s eksperimentalnim podacima za adsorpciju bojila RB5 na aktivnom ugljenu: ○ – eksperimentalni podaci, × – pseudo-prvi red, ◇ – pseudo-drugi red

Kinetička konstanta k_2 izračunata iz jednadžbe pravca iznosi $7,07 \cdot 10^{-5} \text{ g mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$. Na sl.4 je vidljivo dobro slaganje podataka s matematičkim izrazom pseudo-drugog reda u usporedbi s matematičkim izrazom pseudo-prvog reda. Eksperimentalne točke su prikazane zajedno s teorijski izračunatim za oba kinetička modela i dobro odgovaraju kinetičkom modelu pseudo-drugog reda. Model pseudo-drugog reda tumači da je kemijska adsorpcija

proces koji ograničava brzinu adsorpcije [10].

Kako se vrijeme približava nuli, početna brzina adsorpcije h prema modelu pseudo-drugog reda ($\text{mg g}^{-1} \text{ min}^{-1}$) može se izračunati pomoću sljedećeg matematičkog izraza [9, 11]:

$$h = k_2 \cdot q_{\text{e,calc}}^2 \quad (7)$$

Izračunata vrijednost početne brzine adsorpcije iznosi $2,94 \text{ mg g}^{-1} \text{ min}^{-1}$.

Kao što je i očekivano, izračunata vrijednost h za početnu konc. bojila od $c_0 = 300 \text{ mg dm}^{-3}$ [5] mnogo je veća, tj. približno je 5 puta veća od one za $c_0 = 500 \text{ mg dm}^{-3}$ ($h = 15,36 \text{ mg g}^{-1} \text{ min}^{-1}$).

3.3. Termodinamika

Vrijednost standardne Gibbsove slobodne energije (ΔG^0 , kJ mol^{-1}) adsorpcijskog procesa može se izračunati pomoću matematičkog izraza:

$$\Delta G^0 = -R \cdot T \cdot \ln(K_c) \quad (8)$$

gdje je R opća plinska konstanta, T je temperatura ($T = 318,15 \text{ K}$) i K_c je konstanta ravnoteže. Konstanta ravnoteže K_c može se izračunati iz količnika koncentracije bojila adsorbirane na čvrstoj fazi u stanju ravnoteže (c_s) i koncentracije bojila u stanju ravnoteže u tekućoj fazi (c_{ravn}) [12]:

$$K_c = \frac{c_s}{c_{\text{ravn}}} \quad (9)$$

Negativna vrijednost ΔG^0 pokazuje da je proces adsorpcije spontan, tj. iskazuje provedivost procesa adsorpcije. Izračunata vrijednost ΔG^0 za ovaj adsorpcijski sustav iznosi $-3,1 \text{ kJ mol}^{-1}$, što pokazuje da je adsorpcija bojila RB5 na aktivnom ugljenu u suštini bila spontani proces, pri kojem nije bilo potrebno dovođenje energije izvan sustava.

4. Zaključci

U ovom radu prikazana je izotermna adsorpcija bojila Reactive Black B početne koncentracije $c_0 = 500 \text{ mg dm}^{-3}$ na praškastom aktivnom ugljenu. Rezultati su pokazali da se koncentracija bojila u otopini eksponencijalno sma-

njuje s vremenom adsorpcije. Približno 76 % bojila adsorbiralo se u stanju ravnoteže, dok ravnotežni adsorpcijski kapacitet približno iznosi 191 mg g^{-1} . U stanju ravnoteže, bojilo početne koncentracije $c_0 = 500 \text{ mg dm}^{-3}$ adsorbiralo se za približno 18 % manje od onog početne konc. $c_0 = 300 \text{ mg dm}^{-3}$. Kinetika adsorpcije bojila RB5 na komercijalnom aktivnom ugljenu pokazala je da je riječ o adsorpcijskom procesu pseudo-drugog reda, a ne o procesu pseudo-prvog reda. Konačno, izračunata vrijednost standardne Gibbsove slobodne energije adsorpcije potvrdila je da je adsorpcija bojila Reactive Black 5 na aktivnom ugljenu bila spontani proces.

Literatura:

- [1] Ejder-Korucu M. *et al*: Removal of organic dyes from industrial Effluents: An Overview of Physical and Biotechnological Applications, in: S. K. Sharma (Ed.), Green Chemistry for dyes removal from waste water: research trends and applications, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2015, 1–34
- [2] Holkar C. R. *et al*: A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches, Journal of Environmental Management 182 (2016), 351–366
- [3] Giannakoudakis D. A. *et al*: Multi-parametric adsorption effects of the reactive dye removal with commercial activated carbons, Journal of Molecular Liquids 213 (2016), 381–389
- [4] Tchobanoglous G. *et al*: Wastewater engineering:

Treatment and resource recovery, Fifth edition, Vol. 2, Metcalf & Eddy, AECOM, McGraw-Hill Education, New York, 2014, 1224–1245

- [5] Franjković P. *et al*: Waste-water treatment with activated carbon, 9th International Natural Gas, Heat and Water Conference, Osijek, Croatia, 2018, 222–231
- [6] Dulman V., S.M. Cucu-Man: Sorption of some textile dyes by beech wood sawdust, Journal of Hazardous Materials 162 (2009) 1457–1464
- [7] Lagergren, S.: Zur Theorie der sogenannten adsorption gelöster stoffe, Kungliga Svenska Vetenskapsakademien Handlingar 24 (1898) 1–39
- [8] Ho Y.S., G. McKay: Pseudo-second order model for sorption processes, Process Biochemistry 34 (1999) 451–465
- [9] Ho Y.S., G. McKay: The kinetics of sorption of divalent metal ions onto sphagnum moss peat, Water Research 34 (2000) 735–742
- [10] Brnardić I. *et al*: Removal of Heavy Metals and Pharmaceuticals From Contaminated Water Using Waste Sludge – Kinetics and Mechanisms, Clean – Soil, Air, Water 45 (2017) 1600509
- [11] Ho Y.S., G. McKay: Sorption of dye from aqueous solution by peat, Chemical Engineering Journal 70 (1998) 115–124
- [12] Travlou N. A. *et al*: Graphite oxide/chitosan composite for reactive dye removal, Chemical Engineering Journal 217 (2013) 256–265

SUMMARY

Adsorption of reactive dye on activated carbon: kinetic study and influence of initial dye concentration

A. Gaščić, A. Sutlović, B. Vojnović, M. Cetina

Although many of the dyes used in dyeing process are not toxic, dyed effluents have harmful and negative aesthetic and biological effect on water systems, and therefore dyes should be removed from wastewaters. This paper deals with isothermal adsorption of Reactive Black 5 dye on commercial activated carbon. Batch adsorption study was carried out in different periods, from 30 minutes to 16 hours, when equilibrium was reached. Results show exponential lowering of dye concentration after adsorption, from 500 mg dm^{-3} to 118 mg dm^{-3} at equilibrium. In order to investigate the mechanism of adsorption kinetic studies have been performed, and pseudo-second order kinetic model better describes adsorption process of this system. The aim of this work was also to compare influence of initial dye concentration on the adsorption process; percentage of adsorbed dye at equilibrium for initial dye concentration $c_0 = 300 \text{ mg dm}^{-3}$ is for 18 % bigger than that of $c_0 = 500 \text{ mg dm}^{-3}$.

Keywords: isothermal adsorption, wastewaters, activated carbon, reactive dye, adsorption kinetics

*University of Zagreb Faculty of Textile Technology
Zagreb, Croatia
e-mail: mario.cetina@tf.unizg.hr*

Received May 31, 2021

Adsorption von Reaktivfarbstoff an Aktivkohle: kinetische Studie und Einfluss der anfänglichen Farbstoffkonzentration

Obwohl viele der beim Färben verwendeten Farbstoffe nicht giftig sind, haben gefärbte Abwässer schädliche und negative ästhetische und biologische Auswirkungen auf die Wassersysteme, weshalb Farbstoffe aus dem Abwasser entfernt werden sollten. In diesem Artikel geht es um die isothermische Adsorption des Farbstoffs Reactive Black 5 an handelsüblicher Aktivkohle. Die Batch-Adsorptionsstudie wurde in verschiedenen Zeiträumen durchgeführt, von 30 Minuten bis 16 Stunden, wenn das Gleichgewicht erreicht war. Die Ergebnisse zeigen ein exponentielles Absinken der Farbstoffkonzentration nach der Adsorption von 500 mg dm^{-3} auf 118 mg dm^{-3} im Gleichgewicht. Um den Mechanismus der Adsorption zu untersuchen, wurden kinetische Studien durchgeführt, und das kinetische Modell pseudo-zweiter Ordnung beschreibt den Adsorptionsprozess dieses Systems besser. Ziel dieser Arbeit war es auch, den Einfluss der anfänglichen Farbstoffkonzentration auf den Adsorptionsprozess zu vergleichen; der Prozentsatz des adsorbierten Farbstoffs im Gleichgewicht für die anfängliche Farbstoffkonzentration $c_0 = 300 \text{ mg dm}^{-3}$ ist um 18 % höher als der von $c_0 = 500 \text{ mg dm}^{-3}$.