

Zemědělská  
fakulta  
Faculty  
of Agriculture

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

## PROTOKOL O OBHAJOBĚ DISERTAČNÍ PRÁCE DSP

Jméno studenta: Ing. Eva BALDÍKOVÁ  
Narozen(a): 16. 3. 1989 v Českém Krumlově  
Studijní program: Chemie  
Studijní obor: Zemědělská chemie  
Forma studia: Kombinovaná  
Školící pracoviště: KCH ZF JU v Č. Budějovicích  
Datum a místo konání zkoušky: 19. 9. 2017, ZF JU v Č. Budějovicích  
Zkušební termín č.: 1.

### Název disertační práce:

Magnetické biokompozitní materiály pro odstranění významných xenobiotik z vodních zdrojů

### Výsledek obhajoby:

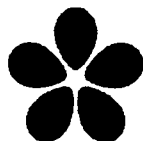
Prospěl (a)

Neprospěl (a)

### Zkušební komise:

### Podpis:

|           |                                                                    |  |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|--|
| Předseda: | doc. Ing. Josef Hejzlar, CSc.; AVČR/PřF JU v Č. Budějovicích       |  |
| Členové:  | Ing. Olga Šolcová, CSc. DSc.; AV ČR, Praha (oponent)               |  |
|           | doc. Dr. Ing. Zuzana Novotná; VŠCHT Praha (oponent)                |  |
|           | doc. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.; FROV JU v Č. Budějovicích (oponent) |  |
|           | prof. Ing. Martin Křížek, CSc.; ZF JU v Č. Budějovicích            |  |
|           | prof. Ing. Pavel Kalač, CSc.; ZF JU v Č. Budějovicích              |  |
|           | doc. Ing. Roman Kubec, Ph.D.; ZF JU v Č. Budějovicích              |  |
|           | doc. Ing. Jiří Špička, CSc.; ZF JU v Č. Budějovicích               |  |
|           | doc. RNDr. Jan Šíma, CSc.; ZF JU v Č. Budějovicích                 |  |
| Školitel: | prof. Ing. Ivo Šafařík, CSc.; AV ČR, České Budějovicích            |  |



Zemědělská  
fakulta  
Faculty  
of Agriculture

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

## OBHAJOBA DISERTAČNÍ PRÁCE DSP PROTOKOL O HLASOVÁNÍ

**Jméno studenta:** Ing. Eva BALDÍKOVÁ  
**Narozen(a):** 16. 3. 1989 v Českém Krumlově

**Studijní program:** Chemie  
**Studijní obor:** Zemědělská chemie  
**Forma studia:** Kombinovaná

### Výsledek hlasování:

Počet členů komise: 9

počet platných hlasů: 7

počet neplatných hlasů: 0

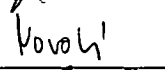
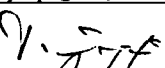
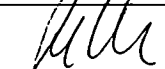
počet přítomných členů komise: 7

kladných: 7

záporných: 0

### Zkušební komise:

### Podpis:

|                  |                                                                    |                                                                                       |
|------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Předseda:</b> | doc. Ing. Josef Hejzlar, CSc.; AVČR/PřF JU v Č. Budějovicích       |  |
| <b>Členové:</b>  | Ing. Olga Šolcová, CSc. DSc.; AV ČR, Praha (oponent)               |  |
|                  | doc. Dr. Ing. Zuzana Novotná; VŠCHT Praha (oponent)                |  |
|                  | doc. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.; FROV JU v Č. Budějovicích (oponent) |  |
|                  | prof. Ing. Martin Křížek, CSc.; ZF JU v Č. Budějovicích            |  |
|                  | prof. Ing. Pavel Kalač, CSc.; ZF JU v Č. Budějovicích              |  |
|                  | doc. Ing. Roman Kubec, Ph.D.; ZF JU v Č. Budějovicích              |  |
|                  | doc. Ing. Jiří Špička, CSc.; ZF JU v Č. Budějovicích               | OMLUVEN                                                                               |
|                  | doc. RNDr. Jan Šíma, CSc.; ZF JU v Č. Budějovicích                 | OMLUVEN                                                                               |

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra aplikované chemie

---

STUDIJNÍ PROGRAM: P1407 – Chemie

STUDIJNÍ OBOR: Zemědělská chemie

**ODPOVĚDI OPONENTŮM**

**k disertační práci:**

**„Magnetické biokompozitní materiály pro odstranění  
významných xenobiotik z vodních systémů“**

**Ing. Eva Baldíková**

**Školitel:**

**Prof. Ing. Ivo Šafařík, DrSc.**

---

**2017**

## **Oponent: Ing. Olga Šolcová, DSc.**

### **Dotaz č. 1:**

**Které připravené sorbenty se jeví jako perspektivní s ohledem na odstranění různých barviv z vod? Jaké byly největší rozdíly v jejich sorpčních kapacitách? Které myslíte, že by se mohly využít v reálných aplikacích?**

Při výběru vhodného sorbentu velmi záleží na daném barvivu (polutantu), které chceme z vod odstraňovat, neboť bohužel žádný z testovaných materiálů není univerzální. Za perspektivní sorbent lze, dle mého názoru, pokládat takový materiál, který nejenže vykazuje vysokou afinitu vůči danému barvivu (polutantu), ale je také získatelný za minimální cenu a ve velkém množství. V reálných aplikacích by pak mohl být použit kterýkoliv připravený materiál splňující všechny tři podmínky.

Rozdíly v maximálních adsorpčních kapacitách pro různá barviva jsou značné, prakticky od 0 do 100 %. Zajímavý je ale také fakt, že podobné adsorpční účinnosti nelze dosáhnout ani pro barviva patřící do stejné skupiny. Příkladem mohou být dva zástupci azobarviv, Kongo červen (KČ) a Bismarckova hněd' Y (BBY), které byly v rámci předběžných experimentů sorbovány na nativní ječnou slámu. Zatímco účinnost adsorpce (za testovaných podmínek, tzn. 30 mg sorbentu, 100 mg/L barviva, 10 mL celkový objem, inkubace 4 h) dosahovala pro BBY 86 %, pro KČ pouze 17 %.

Do našich studií jsou ale většinou vybírána barviva, pro která vykazoval testovaný materiál vysokou adsorpční účinnost (tzn.  $> 80 \%$ ), proto nemusejí být rozdíly v  $q_m$  tolik markantní (viz Tabulka 1).

**Tabulka 1:** Rozdíly v dosažených maximálních adsorpčních kapacitách (v mg/g) pro krystalovou violet' (CV), Safranin O (SAF O), Bismarckovu hněd' Y (BBY) a methylenovou modř (MetB).

| Magnetický biokompozit                    | CV        | SAF O     | BBY       | MetB     |
|-------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| <i>S. cerevisiae</i> + chitosan           | 69        | 99        |           |          |
| Ječná sláma nativní (po modifikaci)       | 96 (411)  | 100 (461) | 138 (520) | 87 (456) |
| Rooibos                                   | 98        | 128       | 120       | 97       |
| <i>Posidonia</i>                          | 100       | 88        | 234       | 144      |
| <i>Sargassum</i>                          | 167       | 144       |           | 159      |
| Akt. kal                                  |           | 327       | 247       |          |
| Bak. celulóza (s navázaným ftalocyaninem) | 179 (388) |           |           |          |

## Dotaz č. 2.

Při odstraňování nežádoucích látek pomocí sorbentů nastává problém, co dále s těmito sorbenty. Někdy je možná regenerace, někdy je možná likvidace sorbentu společně s odstraněnými látkami, ale někdy se problém přesouvá na problém se sorbentem – kam s ním. Jak by bylo možno regenerovat či likvidovat magneticky modifikované sorpční materiály použité v rámci této práce?

Existují sorbenty, kde je regenerace relativně jednoduchá, toho využívá např. technologie Sirofloc, kde magnetit působí jako ionex (anex), který je ve slabě kyselém prostředí kladně nabitý, zatímco většina nečistot záporná. Po sorpci je magnetit regenerován změnou pH.

V případě biosorbentů se nejedná o jednoduchou interakci (objevují se slabé interakce, hydrofobní interakce, přítomnost funkčních skupin), proto regenerace není jednoduchá. Eluce sorbátu změnou pH a iontovou silou není většinou dostatečně efektivní (u některých biomateriálů testovaných v naší laboratoři funguje relativně dobře organické rozpouštědlo s amoniakem, avšak nikdy se nepodařilo vyeluovat více než 80 %). V případě využití laciných materiálů se nabízí spíše možnost spalování (společně s navázaným adsorbátem) ve speciálních spalovnách.

V řadě případů se biomateriály opravdu spalují. Namísto toho, aby se spálily rovnou, je lze ještě využít užitečně (jako sorbent), než jsou vloženy do pece.

Magnetický materiál s navázaným organickým adsorbátem by teoreticky mohl být použit pro přípravu magnetického biouhlu a poté buď znovu použit pro bioremediační účely, nebo přidán do půdy, kde by podle některých studií mohl zlepšit její kvalitu.

## **Oponent: Doc. Dr. Ing. Zuzana Novotná**

### **Dotaz (připomínka) č. 1:**

Adsorpční experimenty v textu týkajícího se termodynamických parametrů a rovnic (8) a (9) je podle mého názoru chyba. Jedná se o změnu standardní entalpie a standardní entropie a změnu standardní Gibbsovy energie.

Ano, paní docentka má naprostou pravdu, opravdu se jedná o změny standardní entalpie, entropie a Gibbsovy volné energie.

### **Dotaz (připomínka) č. 2:**

Na str. 83 v kapitole 5.5 Adsorpce ropných derivátů jsou uvedeny výsledky, které ještě nebyly publikované. V této kapitole velmi postrádám jakoukoliv úvodní shrnující informaci o experimentech. Tato část práce je podle mého názoru velmi nepřehledná a označení Graf 1 a Graf 2 a text týkající se grafů nad obrázkem jsou velmi neobvyklé. U grafů (Obr.) chybí krátká legenda, jak byl experiment prováděn.

Označení Graf byl v této části práci použit pouze pro odlišení nepublikovaných výsledků od těch již publikovaných. Veškeré informace vztahující se k popisu experimentů jsou uvedené jednak v metodice, jednak ve výsledkové části.

**Můžete prosím trochu podrobněji vysvětlit a porovnat experimenty týkající se Grafu 1 (str. 85) a Grafu 2 (str. 86). Čím si vysvětlujete významné snížení maximální adsorpční kapacity  $q_m$  u hydrolyzované pšeničné slámy (Graf 1) a významný nárůst maximální adsorpční kapacity  $q_m$  u hydrolyzované pšeničné slámy (Graf 2) v porovnání s nativní slámou. Byl experiment týkající se Grafu 2 proveden s třepáním? Proč jste vliv třepání nesledovala i u větších částic?**

Oba experimenty studují sorpci v ideálním prostředí (tzn. ve 25 mL čistého adsorbátu, za využití 0,1 - 0,2 g slámy, při délce inkubace 15 min a 30 s okapání). Graf 1 sleduje vliv třepání (121 rpm) na adsorpci benzínu (naturalu 98) na malé částice nativních slam a slámy hydrolyzované. Vzhledem k tomu, že se jednalo o předběžné experimenty a byl očekáván podobný výsledek, nebyl experiment zopakován u velkých částic (v případě publikace by dodělán samozřejmě byl). Graf 2 ukazuje afinitu větších částic vůči jednotlivým adsorbátům (bez využití třepání). Jak je patrné, slámový materiál preferuje spíše vodu. Pouze po modifikaci olejem došlo ke snížení afinity vůči vodě, nicméně za cenu snížení adsorpčních kapacit i pro ropné deriváty.

Získané rozdíly v adsorpční kapacitě u nativní a hydrolyzované slámy si lze vysvětlit tím, že v průběhu hydrolýzy dochází ke vzniku makropórů, které významně ovlivňují interakci adsorbát-adsorbent. Kromě klasické adsorpce se také zapojují kapilární síly. Čím jsou částice větší, tím větší množství makropórů teoreticky vzniká a tím více ropného derivátu se může zachytit (hodnota  $q_m$  je tedy vyšší). K ověření této hypotézy by ale byla nutná detailní studie plochy povrchu (BET) a pórovitosti.

### **Dotaz (připomínka) č. 3:**

**Je škoda, že doktorandka neuplatnila výsledky své disertační práce v praxi. Bylo by velice zajímavé využít připravený magnetický biokompozitní materiál ve spolupráci s ČOV či firmou zabývající se odstraňováním xenobiotik z vodních systémů.**

Připravené magnetické kompozity by spíše našly uplatnění přímo v místě vypusti xenobiotik do vody nebo malých rezervoárech vysoce kontaminované vody, kde je jejich koncentrace podstatně vyšší a kde by mohla být využita vysoká afinita testovaných materiálů. V ČOV, kde se koncentrace sledovaných xenobiotik pohybuje v rozmezí ng -  $\mu\text{g/L}$  jsou mnohem účinnější

již vyvinuté biologické techniky odbourávání xenobiotik. Nicméně spolupráce s firmami je také navázaná (**Mikrochem Třeboň**, projekt MPO; vývoj mobilního systému pro odstraňování polutantů z vody; jeden ze segmentů zaměřen na využití magnetických sorbentů pro rezervoáry spodní vody; **Italveco** Milán; firma zabývající se výrobou čističek, testují naše magnetické sorbenty).

## **Oponent: Doc. Ing. Tomáš Randák, PhD.**

### **Dotaz č. 1:**

**V rámci svých experimentů se autorka zabývala možnostmi využití různých vedlejších či odpadních produktů zemědělství a potravinářského průmyslu. Jaká je představa o budoucím využití těchto produktů v čistírenské praxi?**

Připravené magnetické biokompozitní materiály by mohly být používány v místě vypusti xenobiotik do vodních systémů nebo v malých rezervoárech vysoce kontaminované vody, kde je jejich koncentrace vysoká.

### **Dotaz č. 2:**

**Jak bude dále nakládáno s „použitými“ materiály po naplnění jejich kapacity?**

Materiály budou spalovány ve specializovaných spalovnách.

### **Dotaz č. 3:**

**Bylo by technicky možné využít testované postupy i při dočišťování komunálních odpadních vod?**

Technicky by to bylo velice náročné, neboť se polutant nachází v ohromném objemu a nízké koncentraci.

Pro dočištění komunálních vod by bylo teoreticky možné dát nemagnetické sorbenty do velkých síťových vaků a nechat v čističce po určitou dobu, např. jednoho týdne. Neodstraní se ale všechno. Například biouhel by mohl navázat fosfor a dusík, a poté dodat tyto živiny do půdy, kde by byly biodegradovány.



## **Zápis z obhajoby disertační práce Ing. Evy Baldíkové, konané 19.09.2017 v 10:30h**

Zahájení – přivítání členů komise, oponentů, školitele, uchazeče a hostů prof. Kalačem a doc. Hejzlarem (předseda) a konstatování, že uchazečka splnila podmínky podle statutu ZF JU.

Předseda přečetl životopis uchazečky, seznámil s její publikační činností a doporučil práci k přijetí.

Uchazečka přednesla během 20 minut prezentaci ke své vědecké práci.

Oponenti (všichni přítomni) přednesli své oponentské posudky. Oponenti vznesli dotazy, uchazečka je postupně zodpověděla. Všichni oponenti byli s odpověďmi (odevzdány uchazečkou písemně) spokojeni.

Zahájení vědecké diskuze, během které byly na uchazečku vzneseny dotazy, na které následně reagovala:

**doc. Hejzlar:** Velkou roli bude hrát i afinita a matrice. V úpravně pitné vody by šla biokompozitní substance ponechat na působení pár hodin a poté magneticky separovat...to by nešlo?

- To něco stojí, zejména magnetický separátor a další náklady. Navíc tam bude hrát roli i difúze.

**doc. Hejzlar:** Šlo by tyto materiály použít ve velkém měřítku, i ve zředěných roztocích?

- Modelově to není v plánu, spíš u výtoků z průmyslových zařízení, kde je koncentrace polutantu velká. Muselo by se to vyzkoušet, problém je i technické zpracování a ekonomika.

**Prof. Kalač:** Existují v současnosti spalovny, které zlikvidují použité biokompozity i s navázanými polutanty, nebo je nutné vymyslet a postavit nová zařízení?

- Není to problém, jsou k dispozici. Navíc v Holandsku to provádí na moři, aby se spaliny nedostaly na pevninu.

**Prof. Kalač:** Nestálo by za to spolupracovat s nějakou ČOV na odstraňování například psychofarmak?

- Jednání byla již zahájena, je to na začátku.

**Prof. Kalač:** Vidíte nějaké uplatnění zmíněných nanomateriálů i v zemědělství? Co třeba siláže?

- Zpracování biomagnetizovaného uhlí do půdy. U siláží by to bylo asi velmi drahé...

Prof. Kalač vyzdvihl obdivuhodné množství publikovaných článků v impaktivních časopisech a navrhl uchazečce i školiteli několik možností, čím se dále zabývat ve výzkumu na toto téma.

Tazatelé byli se všemi odpověďmi uchazečky spokojeni. Diskuse byla ukončena.

Po neveřejné poradě a po hlasování komise jednomyslně konstatovala, že uchazečka práci obhájila a získává tak titul Ph.D.