



Fakulta životního  
prostředí



**KGEV**

katedra geoenvironmentálních věd



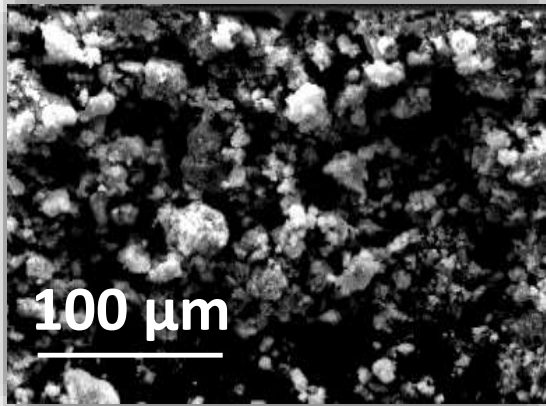
ČESKÁ  
ZEMĚDĚLSKÁ  
UNIVERZITA V PRAZE

# Využití oxidů Fe a Mn pro stabilizaci As v kontaminované půdě

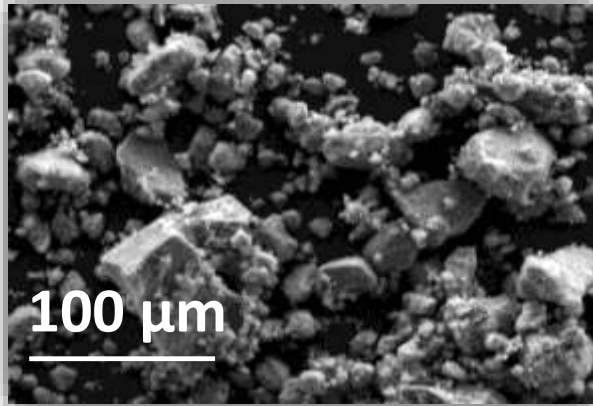
Ing. Zuzana Michálková, doc. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

# ***Oxidy Fe a Mn***

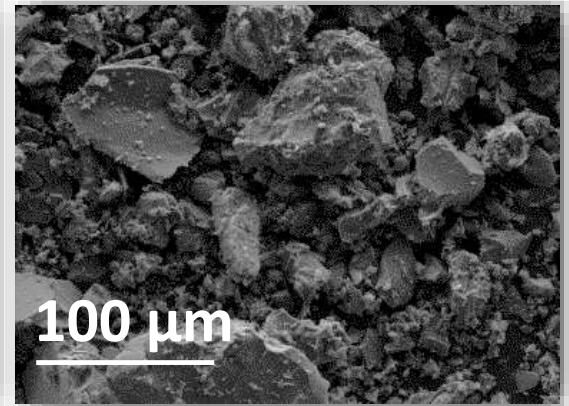
## *Oxidy Fe a Mn*



**Nanomaghemit**

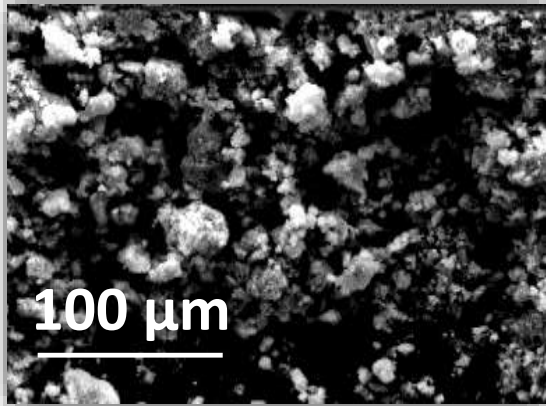


**Nanomagnetit**

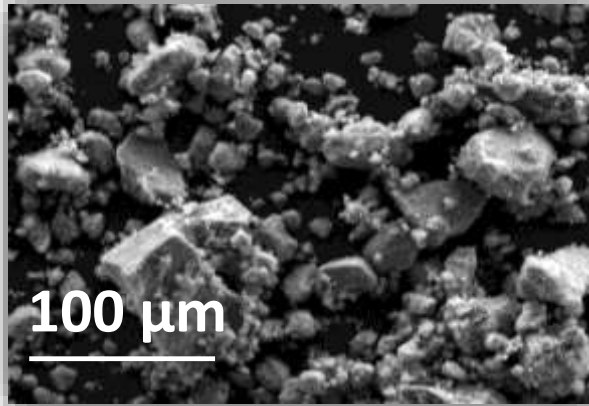


**Amorfni oxid Mn**

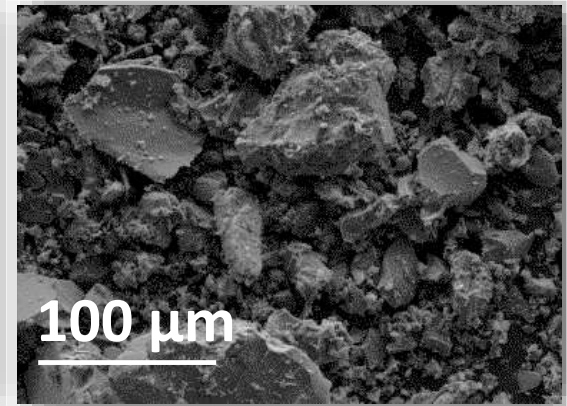
## *Oxidy Fe a Mn*



**Nanomaghemit**



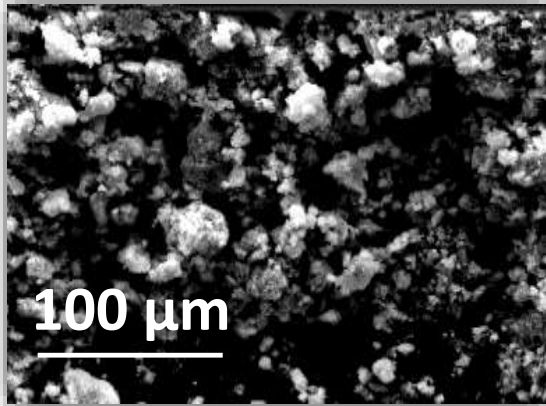
**Nanomagnetit**



**Amorfní oxid Mn**

- Obecně dobré sorbenty pro As
- Vysoké  $\text{pH}_{\text{zpc}}$
- Vyšší specifický povrch v nanoměřítku

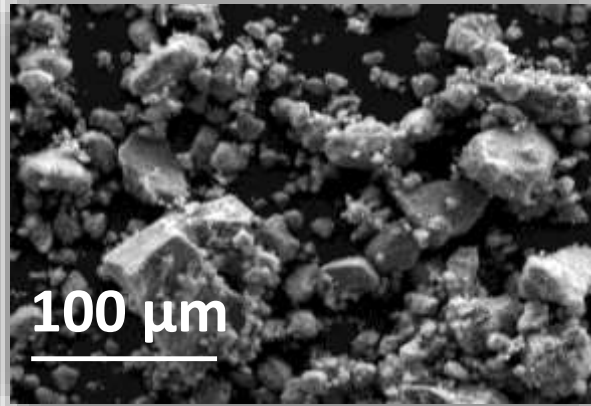
## *Oxidy Fe a Mn*



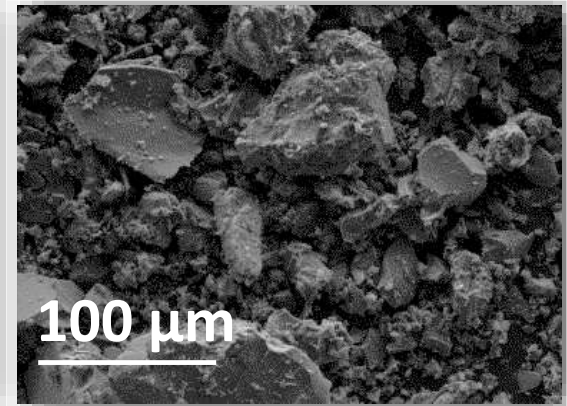
**Nanomaghemit**



- Obecně dobré sorbenty pro As
- Vysoké  $\text{pH}_{\text{zpc}}$
- Vyšší specifický povrch v nanoměřítku



**Nanomagnetit**



**Amorfní oxid Mn**

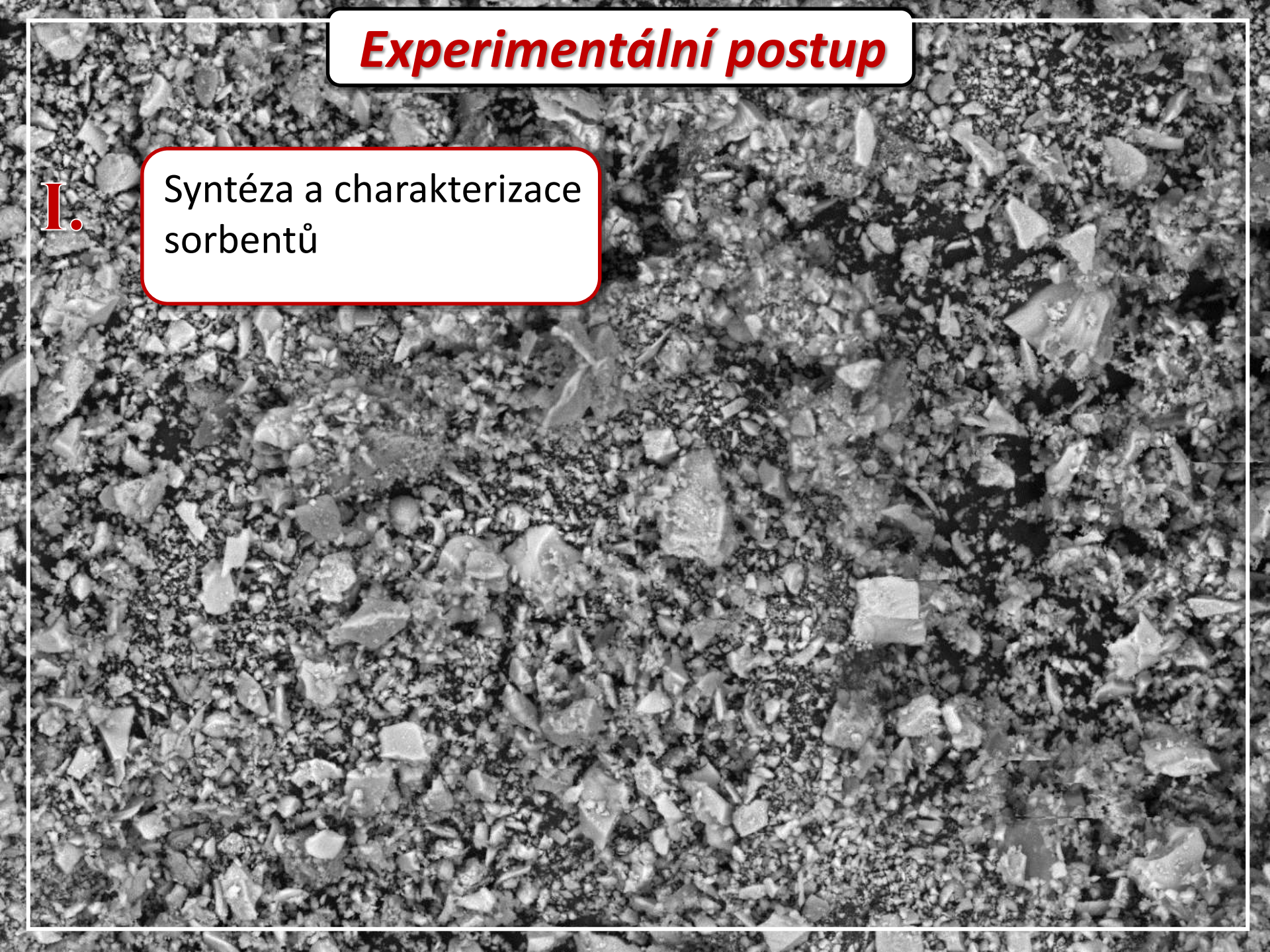


- Řádově vyšší sorpční kapacita pro kovy (Cd, Cu, Zn, Pb)
- Neobvykle vysoké  $\text{pH}_{\text{zpc}}$  (~8)

# *Experimentální postup*

I.

Syntéza a charakterizace  
sorbentů



# *Experimentální postup*

**I.**

Syntéza a charakterizace sorbentů



**II.**

Studium mechanismu adsorpce As(V) na čisté materiály

Kinetika sorpce

Adsorpční izotermy

XPS studie

# Experimentální postup

I.

Syntéza a charakterizace sorbentů

II.

Studium mechanismu adsorpce As(V) na čisté materiály

Kinetika sorpce

Adsorpční izotermy

XPS studie

III.

Imobilizace As v kontaminované půdě

Inkubace v kontaminované půdě

pH-statické loužící testy





## *Syntéza a vlastnosti oxidů*

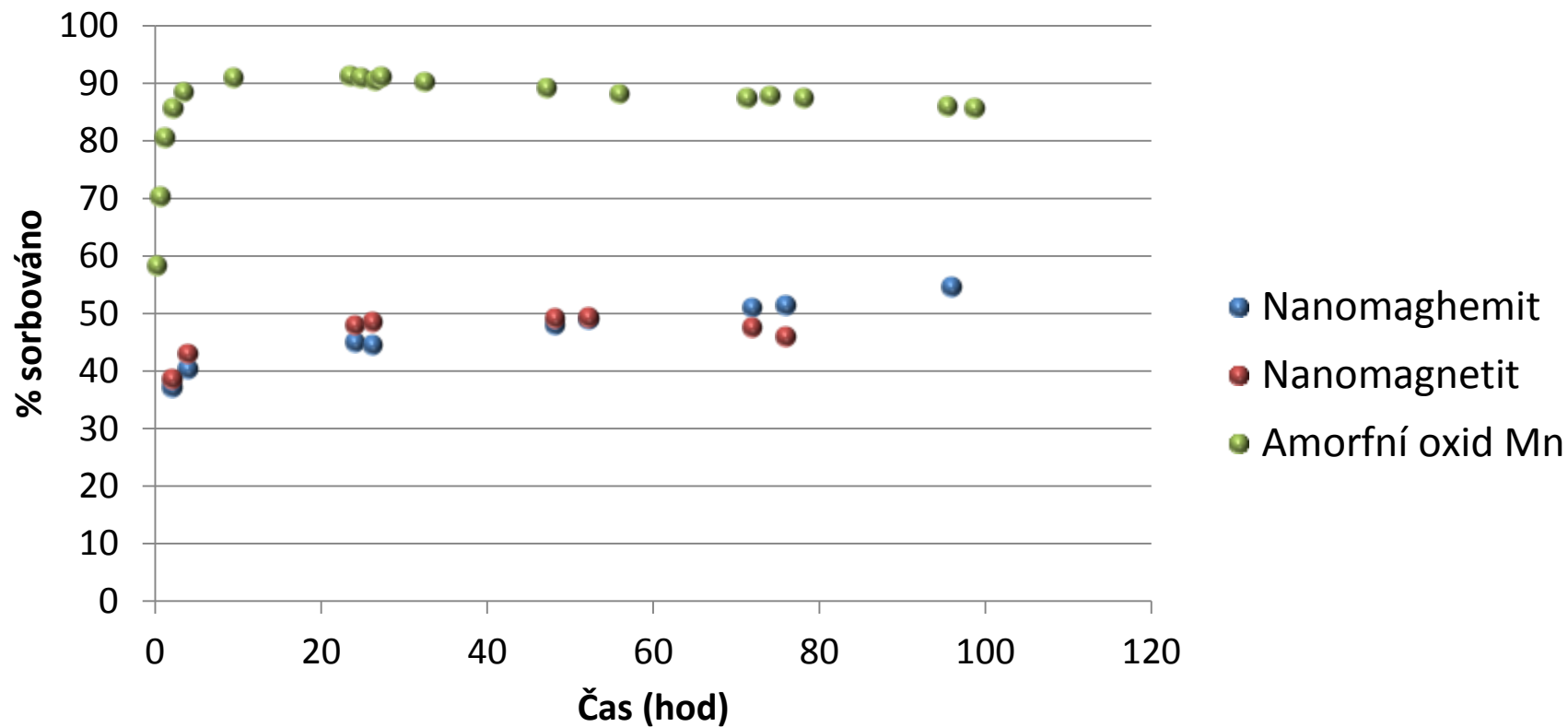
- Amorfní oxid Mn (AMO) – modifikovaná příprava birnessitu
- Nanomaghemit (Fe III) + Nanomagnetit (Fe II,III) – zakoupeno od firmy Sigma Aldrich

	<b>Chemický vzorec</b>	<b>Velikost částic (nm)</b>	<b>pH</b>	<b>pH<sub>zpc</sub></b>	<b>BET (m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)</b>
<b>AMO</b>	MnO <sub>1.26</sub>	600-1200	8.1	8.3	157
<b>Fe III</b>	γ-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20-100	3.0	7.4	46.6
<b>Fe II,III</b>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	20-100	4.9	6.9	36.6

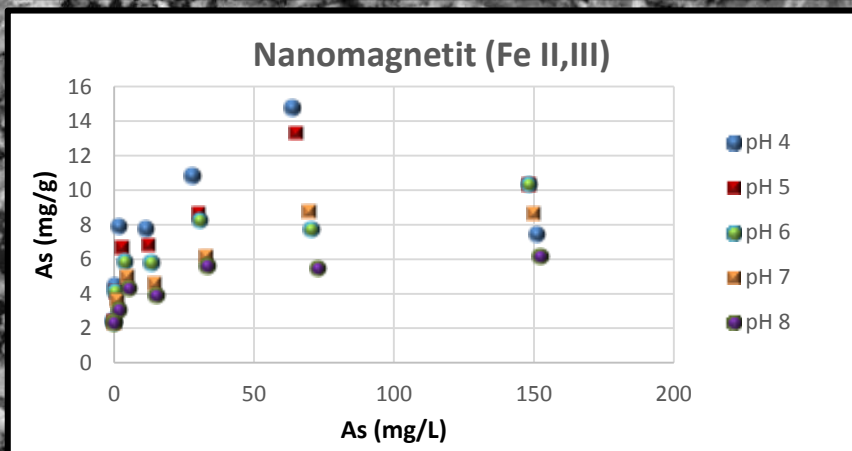
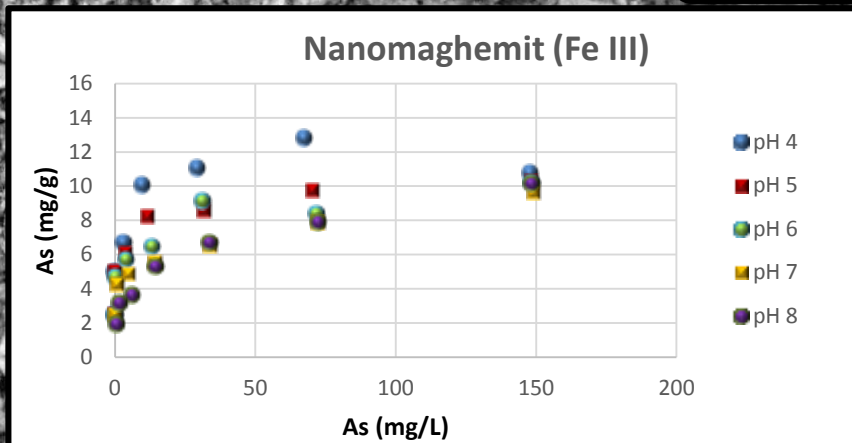
# Adsorpce

C = 10 mg/L As(V)  
0.01M NaNO<sub>3</sub>

## Kinetika sorpce As(V), pH 6



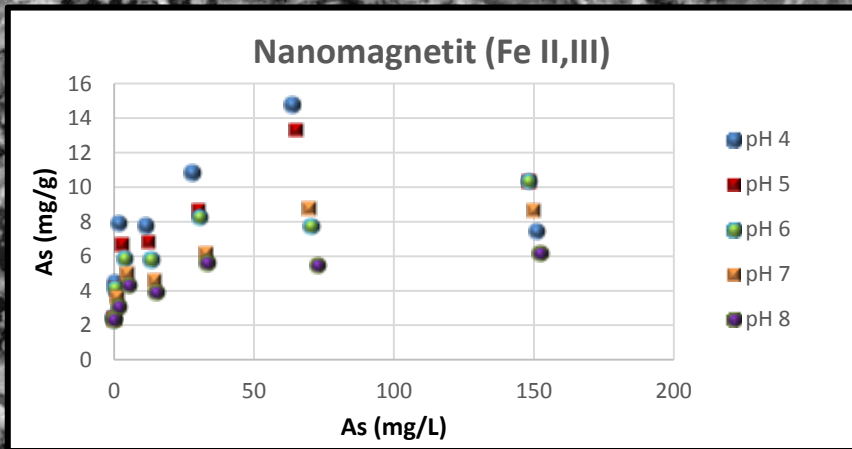
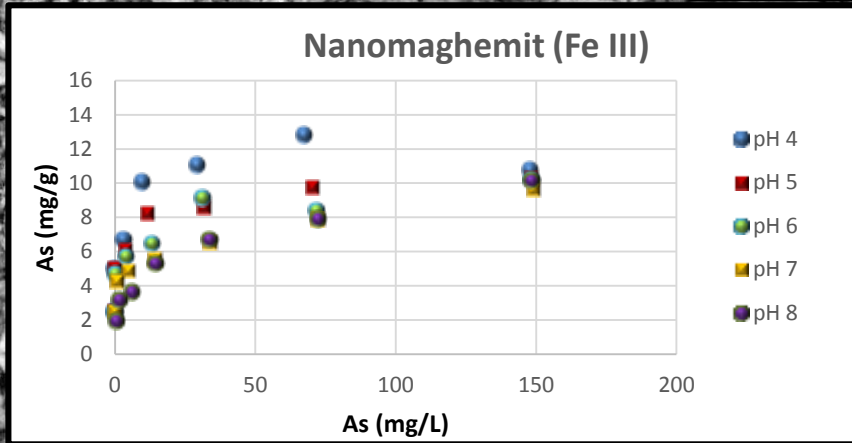
# Adsorpce



## Modelovaná maximální sorpční kapacita (mg/g)

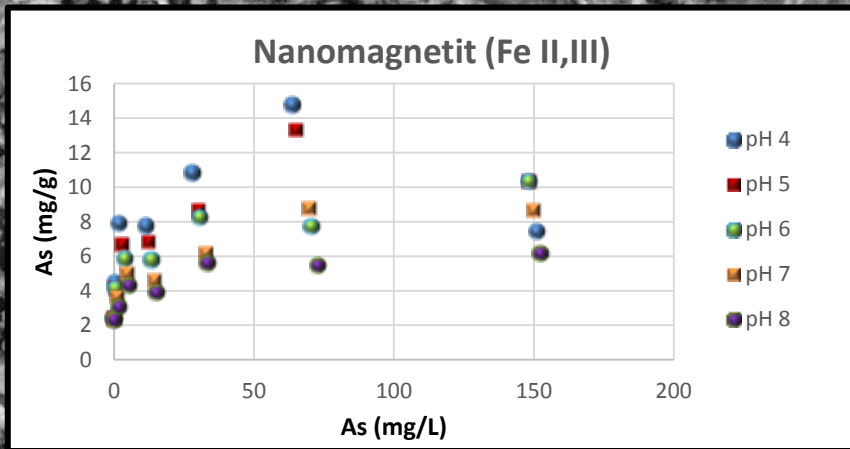
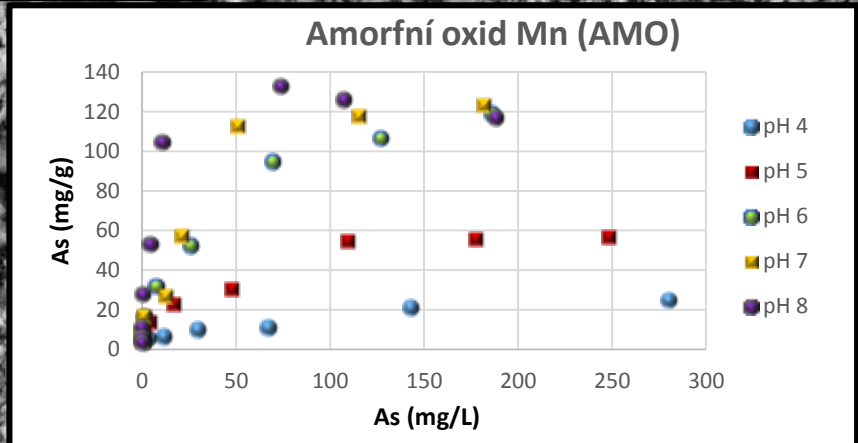
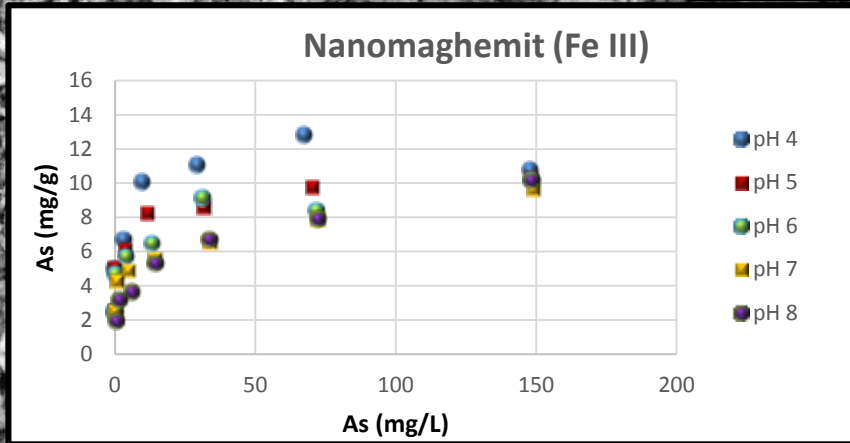
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
<b>Fe III</b>	11	10	8	7	7
<b>Fe II,III</b>	10	10	8	8	5

# Adsorpce



Modelovaná maximální sorpční kapacita (mg/g)					
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
Fe III	<b>11</b>	10	8	7	7
Fe II,III	<b>10</b>	10	8	8	5

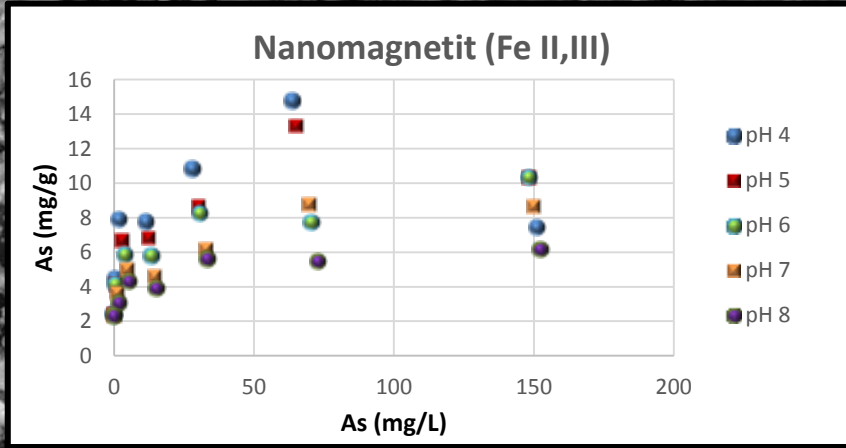
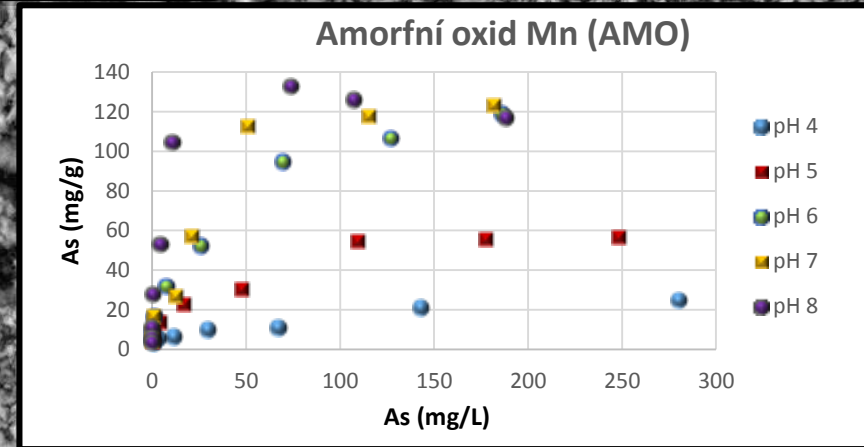
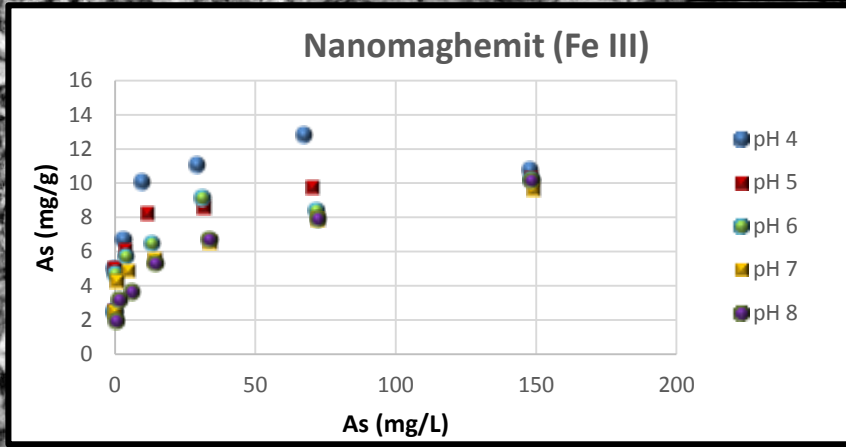
# Adsorpce



## Modelovaná maximální sorpční kapacita (mg/g)

	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
Fe III	<b>11</b>	10	8	7	7
Fe II,III	<b>10</b>	10	8	8	5
AMO	28	61	123	<b>134</b>	<b>134</b>

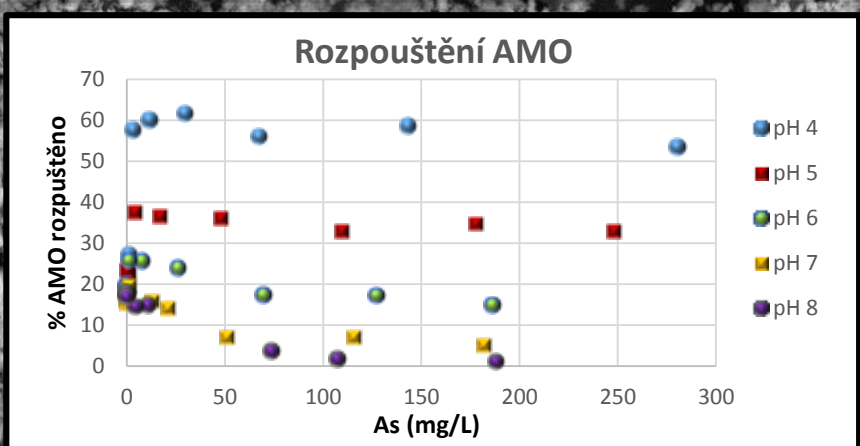
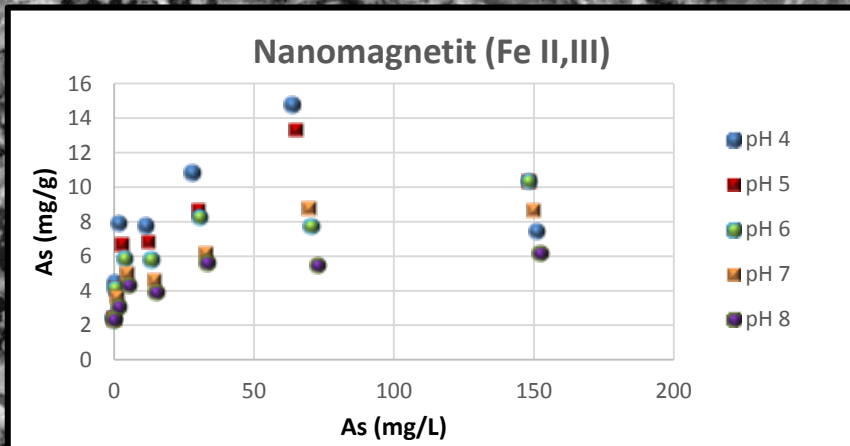
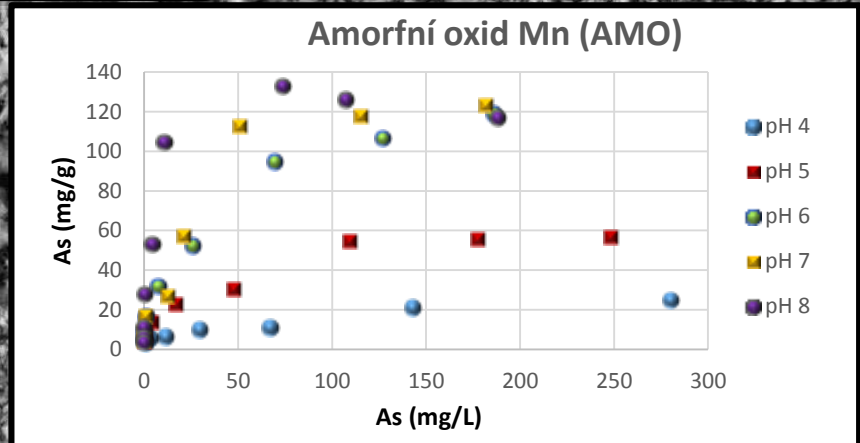
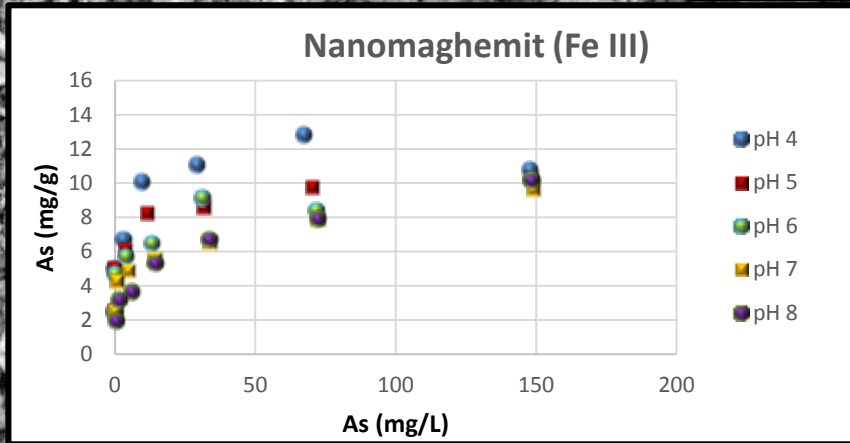
# Adsorpce



Modelovaná maximální sorpční kapacita (mg/g)					
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
Fe III	11	10	8	7	7
Fe II,III	10	10	8	8	5
AMO	28	61	123	134	134



# Adsorpce

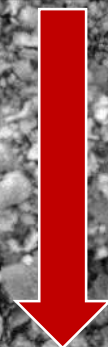


## Modelovaná maximální sorpční kapacita (mg/g)

	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
Fe III	11	10	8	7	7
Fe II,III	10	10	8	8	5
AMO	28	61	123	134	134

# *Adsorpce*

XPS analýza

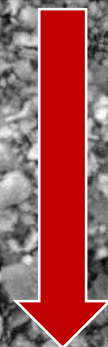


Specifická adsorpce  
As(V) na povrch  
amorfního oxidu Mn  
(AMO)



# Adsorpce

XPS analýza



Specifická adsorpce  
As(V) na povrch  
amorfního oxidu Mn  
(AMO)

AMO: v rámci  
materiálů na bázi  
Mn extrémně  
vysoká adsorpční  
kapacita pro As

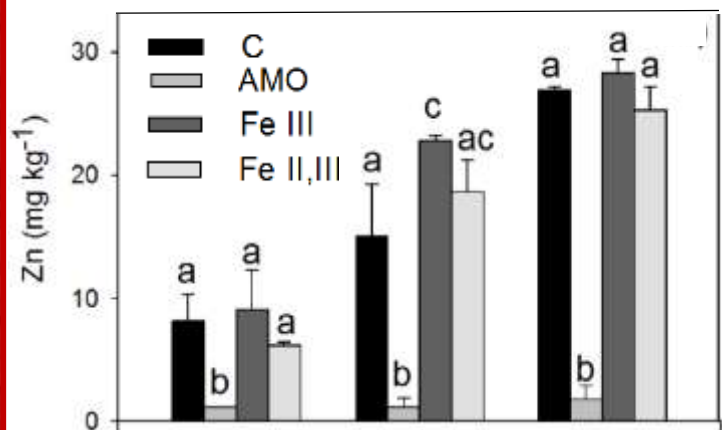
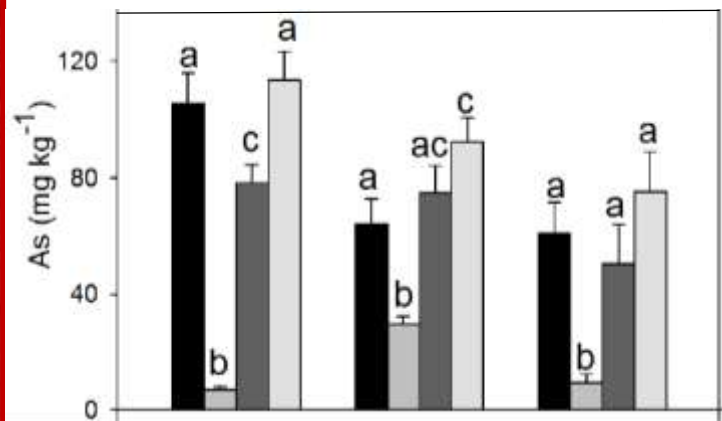


- Relativně velký specifický povrch (157 m<sup>2</sup>/g)
- Neobvykle vysoké pH<sub>zpc</sub>

# *Inkubace v kontaminovaných půdách*

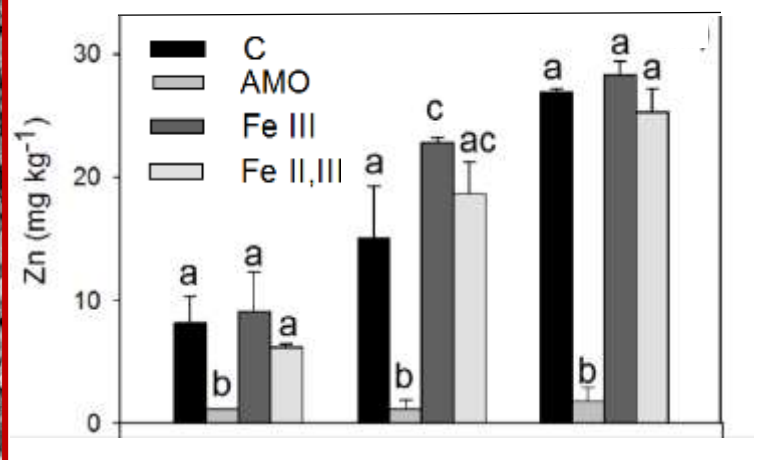
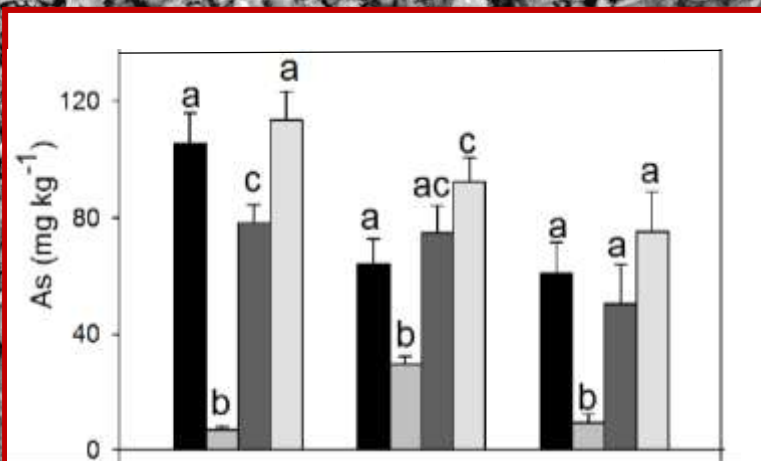
	<b>Fluvizem</b>	<b>Kambizem</b>	<b>Černozem</b>
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	5.95	6.05	8.01
$\text{pH}_{\text{KCl}}$	4.97	4.43	7.05
<b>Původ kontaminace</b>	<b>antropogenní</b>	<b>geogenní</b>	<b>umělá</b>
<b>Celkové koncentrace kovů (<math>\text{mg kg}^{-1}</math>) (n = 3)</b>			
<b>As</b>	<b>332 ± 20</b>	<b>878 ± 26</b>	<b>1046 ± 9</b>
<b>Pb</b>	<b>4234 ± 429</b>	12 ± 1.9	28 ± 0.1
<b>Cd</b>	<b>42 ± 2.1</b>	2.95 ± 0.3	2.04 ± 0.1
<b>Zn</b>	<b>4107 ± 179</b>	65 ± 7	86 ± 3
<b>Fe</b>	36 563 ± 1120	40 104 ± 4381	24 991 ± 1117
<b>Mn</b>	4785 ± 581	690 ± 67	665 ± 18

# *Inkubace v kontaminovaných půdách*



**1 týden 4 týdny 8 týdnů**

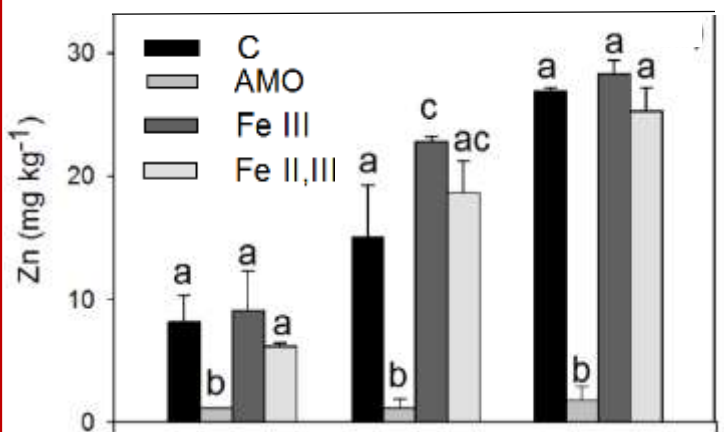
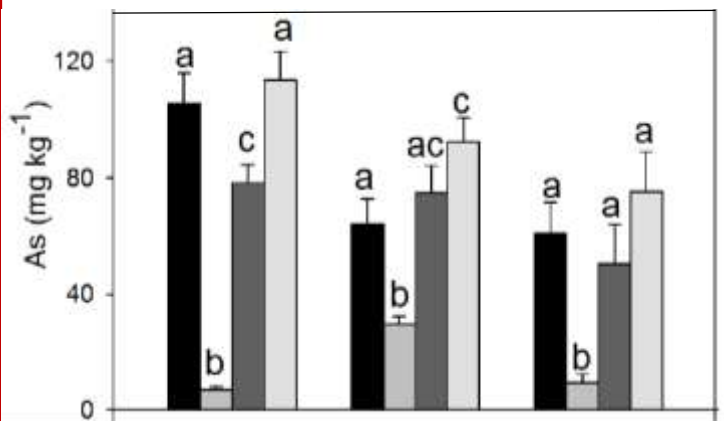
# *Inkubace v kontaminovaných půdách*



Amorfní oxid Mn (AMO) nejefektivnější pro stabilizaci As v uměle kontaminované půdě

**1 týden 4 týdny 8 týdnů**

# *Inkubace v kontaminovaných půdách*

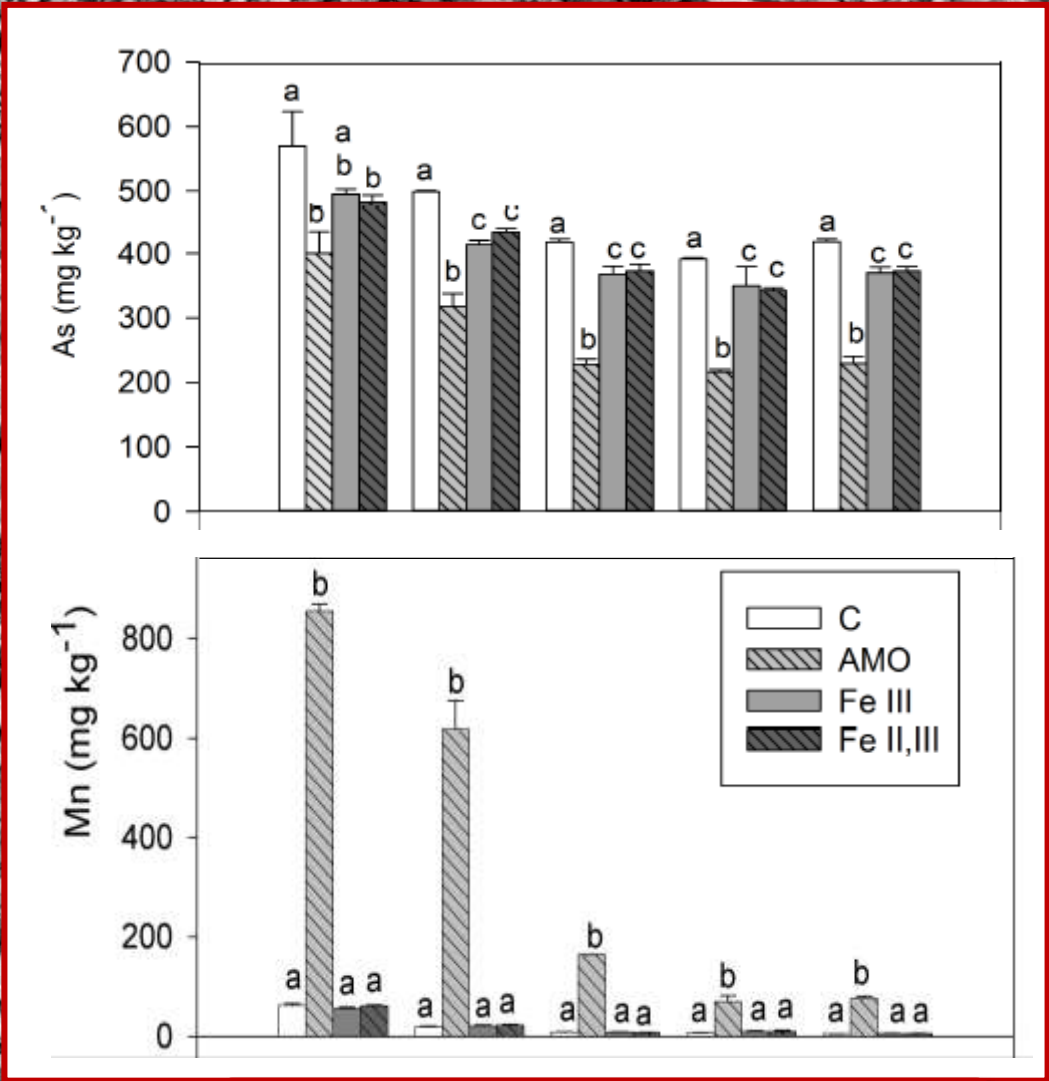


**1 týden 4 týdny 8 týdnů**

Amorfní oxid Mn (AMO) nejefektivnější pro stabilizaci As v uměle kontaminované půdě

Amorfní oxid Mn (AMO) nejefektivnější též pro stabilizaci Zn a Cd v antropogenně kontaminované půdě

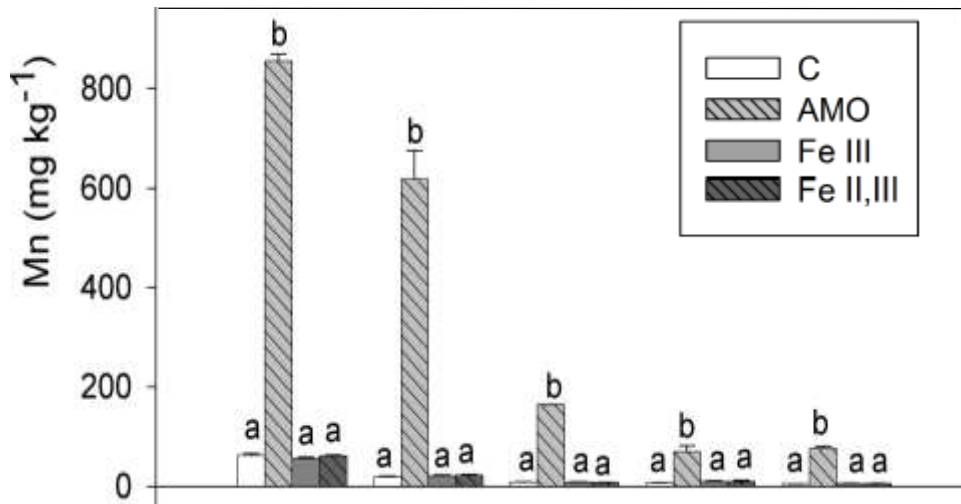
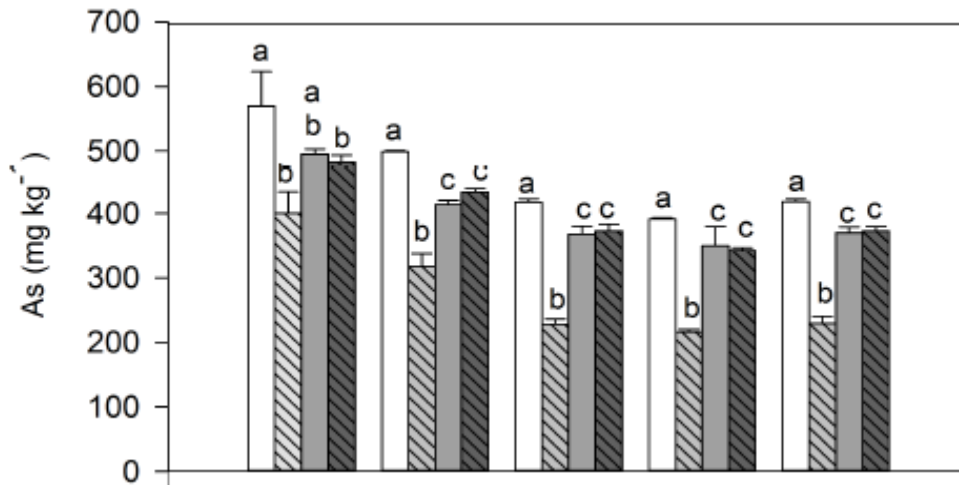
# *pH-statický loužící experiment*



**pH 4 pH 5 pH 6 pH 7 pH<sub>natur</sub>**

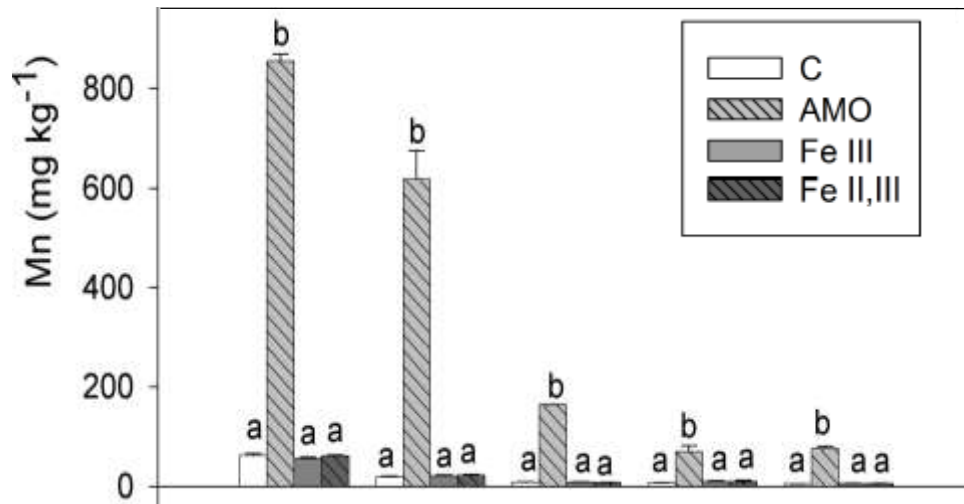
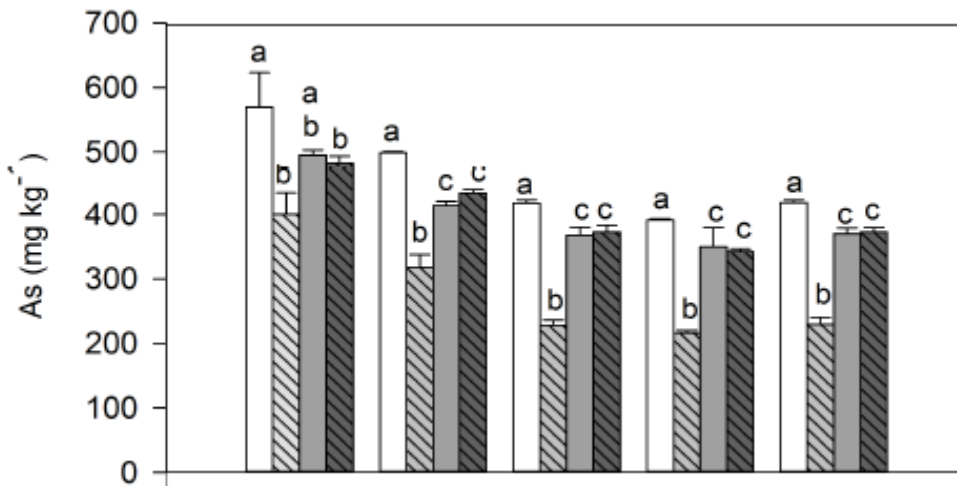
# *pH-statický loužící experiment*

Amorfní oxid Mn (AMO)  
nejefektivnější  
pro stabilizaci As v  
uměle  
kontaminované  
půdě



**pH 4 pH 5 pH 6 pH 7 pH<sub>natur</sub>**

# *pH-statický loužící experiment*



**pH 4 pH 5 pH 6 pH 7 pH<sub>natur</sub>**

Amorfní oxid Mn (AMO) nejefektivnější pro stabilizaci As v uměle kontaminované půdě

Významné rozpouštění v podmínkách nižšího pH



# Závěr

▪ Amorfni oxid Mn (AMO) má významnou sorpční kapacitu pro As(V), která roste s pH



✓ ideální, As v alkalických podmínkách mobilnější

## Závěr

- Amorfní oxid Mn (AMO) má významnou sorpční kapacitu pro As(V), která roste s pH



✓ ideální, As v alkalických podmínkách mobilnější

- AMO byl efektivní i při imobilizaci As přímo v kontaminovaných půdách

# Závěr

- Amorfni oxid Mn (AMO) má významnou sorpční kapacitu pro As(V), která roste s pH



✓ ideální, As v alkalických podmínkách mobilnější

- AMO byl efektivní i při imobilizaci As přímo v kontaminovaných půdách

- Potenciální nedostatek – vyšší rozpustnost v kyselém pH, nehraje v alkalických půdách takovou roli

# *Poděkování*

❖ *školiteli doc. RNDr. Michaelu Komárkovi, Ph.D.*

❖ *kolegům z katedry geoenvironmentálních věd*

❖ *Grantové agentuře České republiky (projekt GAČR 15-07117S)*

❖ *Grantové agentuře České zemědělské univerzity (projekt CIGA 20154202)*

The background of the slide is a close-up, black and white photograph of gravel or crushed stone. The particles are of various sizes and shapes, creating a textured, granular appearance. A white rectangular box with rounded corners and a red border is centered horizontally across the middle of the image.

***Děkuji za pozornost***