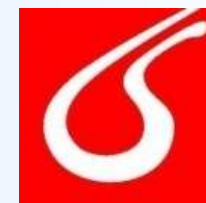




**dekonta**



# VYUŽITÍ AKTIVÁTORŮ ABSORPCE MIKROVLNNÉHO ZÁŘENÍ PŘI TERMICKÉ DESORPCI

Pavel Mašín - Dekonta, a.s

Jiří Hendrych,

Jiří Kroužek,

Martin Kubal



VŠCHT Praha

Jiří Sobek - ÚCHP AV ČR

**Inovativní sanační technologie V, Praha 2012**

# Obsah prezentace

- Teorie ohřevu pevných látek v mikrovlnném poli,
- Popis a vlastnosti vybraných aktivátorů absorpce MW záření, (dále jen aktivátorů),
- Ohřev nekontaminovaných matric s aktivátory,
- Netepelné účinky aktivátorů,
- Závěr

# Ohřev pevných materiálů v mikrovlnném poli

Interakce pevných látek s mikrovlnami → ztrátový tangent  $\tan \delta$ , permitivita, permeabilita

Důležitou veličinou charakterizující průnik MW záření materiálem je penetrační hloubka. Kolmá vzdálenost od povrchu vrstvy, kde výkon mikrovlnného záření klesne o 36%. Závisí na

- Druhu a zrnitosti materiálu (pórovitost)
- Teplotě (např. sklo)
- Frekvenci mikrovlnného záření (konst. 2,45 GHz)

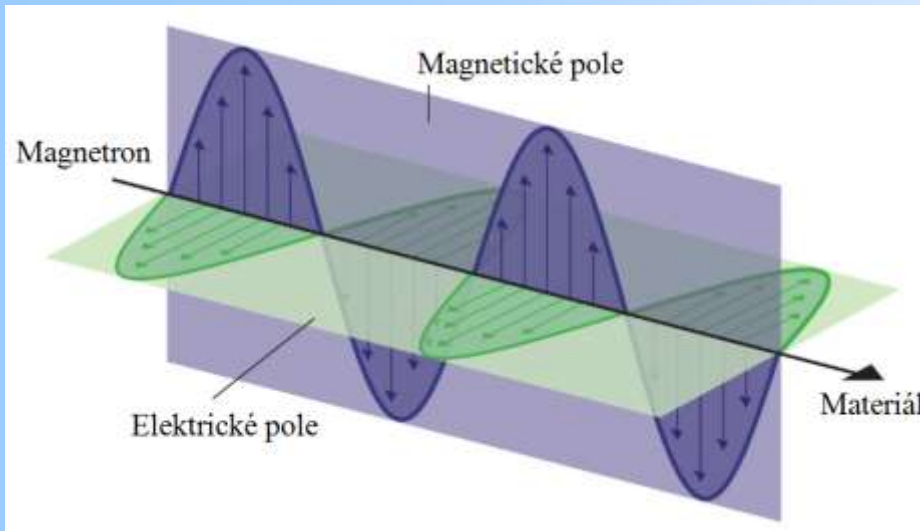
Pevná dielektrika - absorpce MW záření roste se zrnitostí

Kovy opačné chování :

- kusové kovy → malá penetrační hloubka (řádově  $\mu\text{m}$ ), odraz záření (odraz záření poškození magnetronu)
- práškové kovy – vynikající absorpce MW záření

# Ohřev pevných materiálů v mikrovlnném poli

Uplatnění obou - elektrické a magnetické složky elektromagnetické vlny.  
Lze připravit látky (aktivátory) o vhodném poměru absorpce obou složek.



látka	[°C/min]	absorpce
$\text{Fe}_3\text{O}_4$	457	obě složky
Co	230	magnetická
V	550	obě

Poměr absorpce obou složek MW záření (elektrická, magnetická) během ohřevu závisí zejména na teplotě.

Gradient ohřevu kovů není vždy úměrný jejich penetrační hloubce.

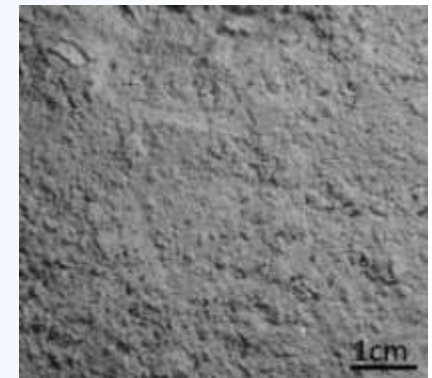
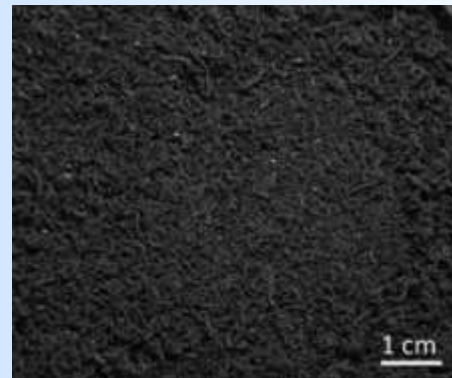
# Výběr aktivátorů mikrovlnného záření

Idealizované požadavky kladené na aktivátory, pro přidávání do vsádky materiálu při procesu termické desorpce:

- Vysoká absorpce MW záření a přeměna na teplo
- Destrukční účinky vůči kontaminantům (dehalogenace)
- Netoxické (vzhledem k deponování materiálu po desorpci.)
- Dostupné ve větším měřítku
- Cenově přijatelné

Na základě rešerše a požadovaných vlastností byly pro účely termické desorpce na ÚCHP AV ČR vybrány:

- Expandovaný grafit
- Dastit® (na bázi popílku)
- Čedič



# Základní FCH vlastnosti vybraných aktivátorů

Expandovaný grafit - Prakticky čistý uhlík, s vysokou absorpcí MW záření, extrémně nízká sypná hmotnost, hydrofobní, vynikající sorpční schopnosti vůči kontaminantům POPs, obtížná manipulovatelnost.

Dastit ® - Na bázi elektrárenského popílku, sorpční schopnosti vůči kontaminantům, vhodné alkalické složky CaO, MgO

Čedič – Hojně dostupný minerál, dobrá absorpce MW záření

	čedič	Dastit	exp. grafit
Sypná hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	2 500	700	21
Velikost částic > 95% [μm]	< 100	10 - 40	50 - 200

Obsah [%hm.]	čedič	Dastit
SiO <sub>2</sub>	51,18	36,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,79	18,69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,92	7,25
CaO	7,63	20,85
Na <sub>2</sub> O	4,08	0,27
K <sub>2</sub> O	3,86	0,91
MgO	2,71	3,16

# Metodika laboratorních experimentů

## I. Testování zmíněných aktivátorů z hlediska vlivu na gradient ohřevu nekontaminovaných materiálů.

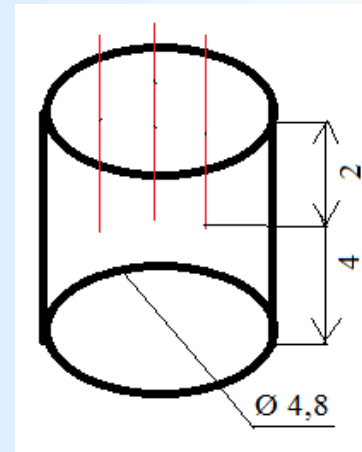
Zvolena prachovitá frakce ( $< 0,1$  mm) suché cihly s nejpomalejším ohřevem a dva druhy aktivátorů Dastit, exp. grafit.:

Exp. grafit [% hm.]	0	0,1	0,4	0,7	1,1	100
Dastit [% hm.]	0	4,1	7,9	14,6	100	/

- Konstantní hmotnost vsádky cihly 70 g a různé hmotností přísady aktivátorů.
- Doba ohřevu do dosažení teploty  $250^{\circ}\text{C}$ , měřeno optickým vláknem ve 3 bodech vrstvy materiálu – průměrná hodnota
- Výkon magnetronu 440 W

Umístění optovláknových sond viz obr.,  
rozměry v cm

absence míchání, „hot spot“ efekty



# Metodika laboratorních experimentů

## II. Testování Dastitu jako katalyzátoru s předpokládanými dehalogenačními účinky.

Dastit spikován HCB (obsah HCB 211 mg/kg),  
Ohřev v uzavřeném systému PTFE vzorkovnicích  
Výkon magnetronu 440W → 250°C



- a) Testována kinetika ohřevu – ohřev do 250°C ,  
různě dlouhé izotermy

Čas izotermy [min]	3	5	10	15	20
--------------------	---	---	----	----	----

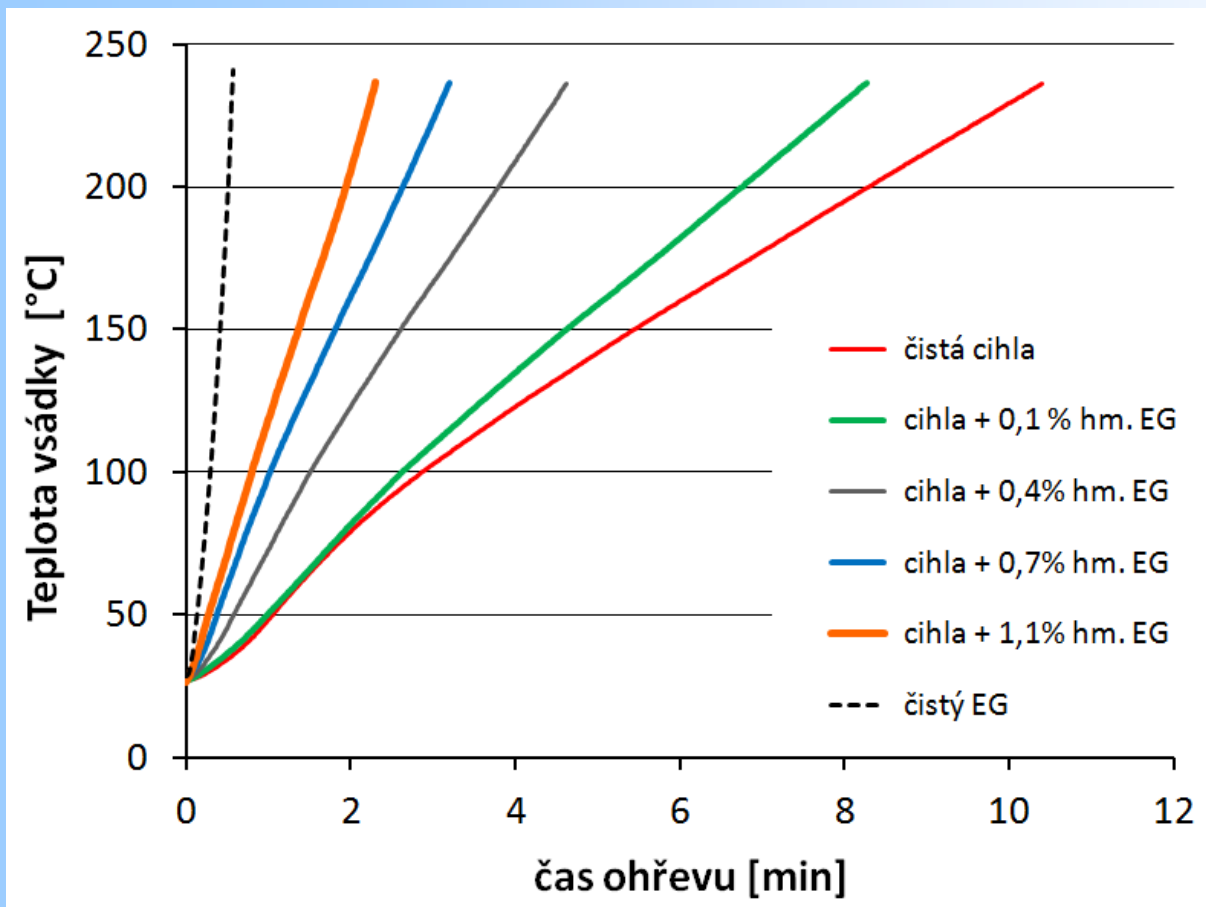
- b) Zkoumány různé hmotnostní poměry (přídavky) exp. grafitu, pro nalezenou optimální izotermu 10 min.

Exp. grafit [% hm.]	0,1	0,25	0,5	0,75	1
---------------------	-----	------	-----	------	---



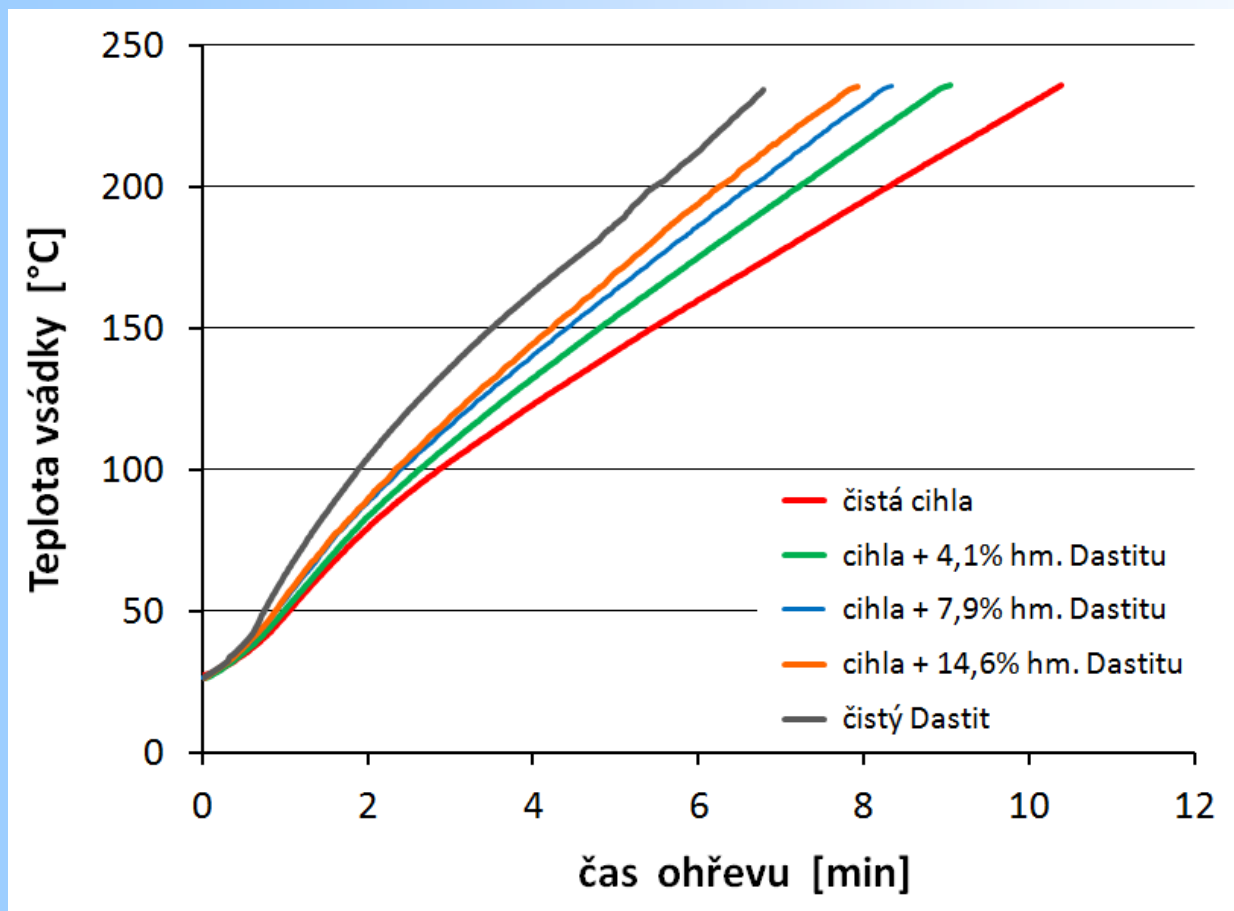
# Vliv přísadků exp. grafitu na gradient ohřevu

Exp. grafit - extrémní absorpce MW záření, gradient ohřevu  $420^{\circ}\text{C}/\text{min}$   
Optimální přísadek kolem 0,5 % hm. EG.



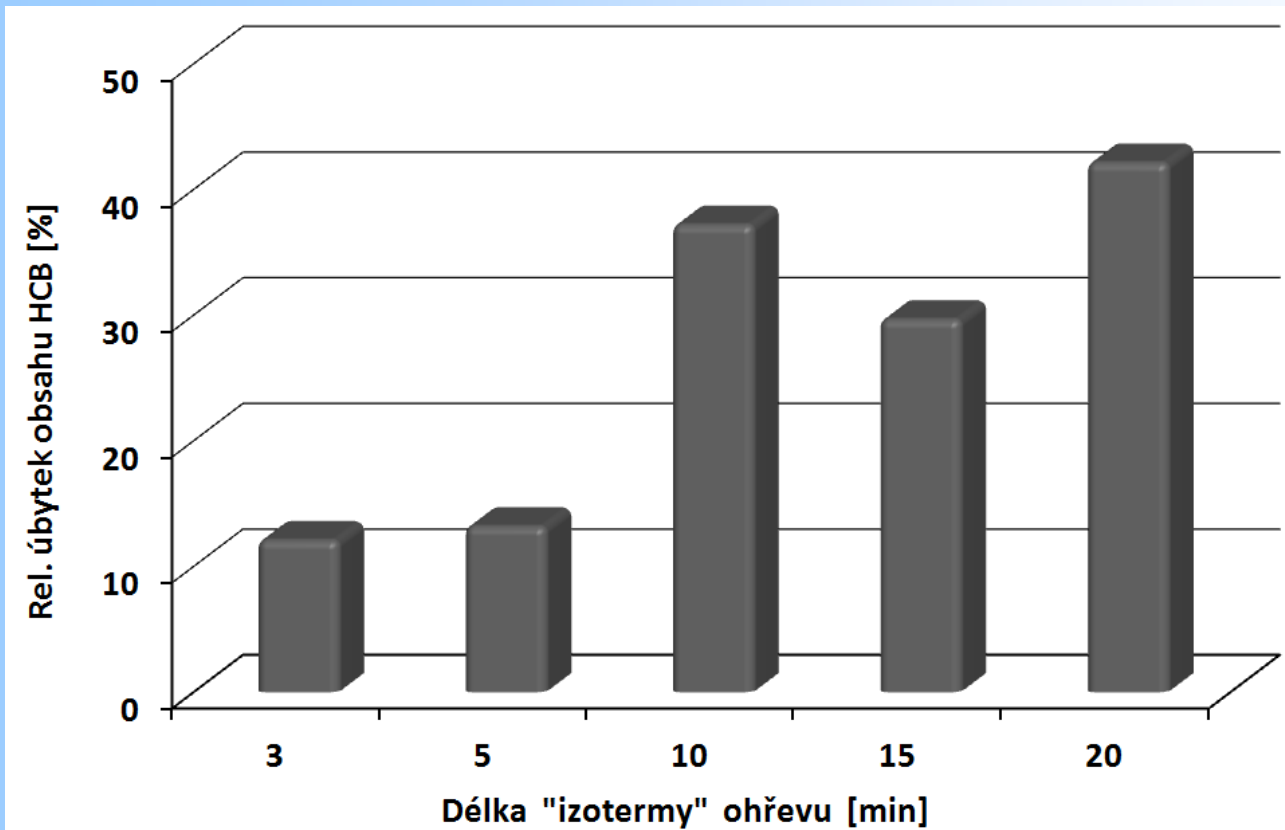
# Vliv přísadků Dastitu na gradient ohřevu

Dastit – průměrná absorpce MW záření, význam pouze pro podporu materiálů velmi špatně absorbujících MW záření - jemnozrnné suché frakce, viz cihla



# Kinetika ohřevu Dastitu kontaminovaného HCB

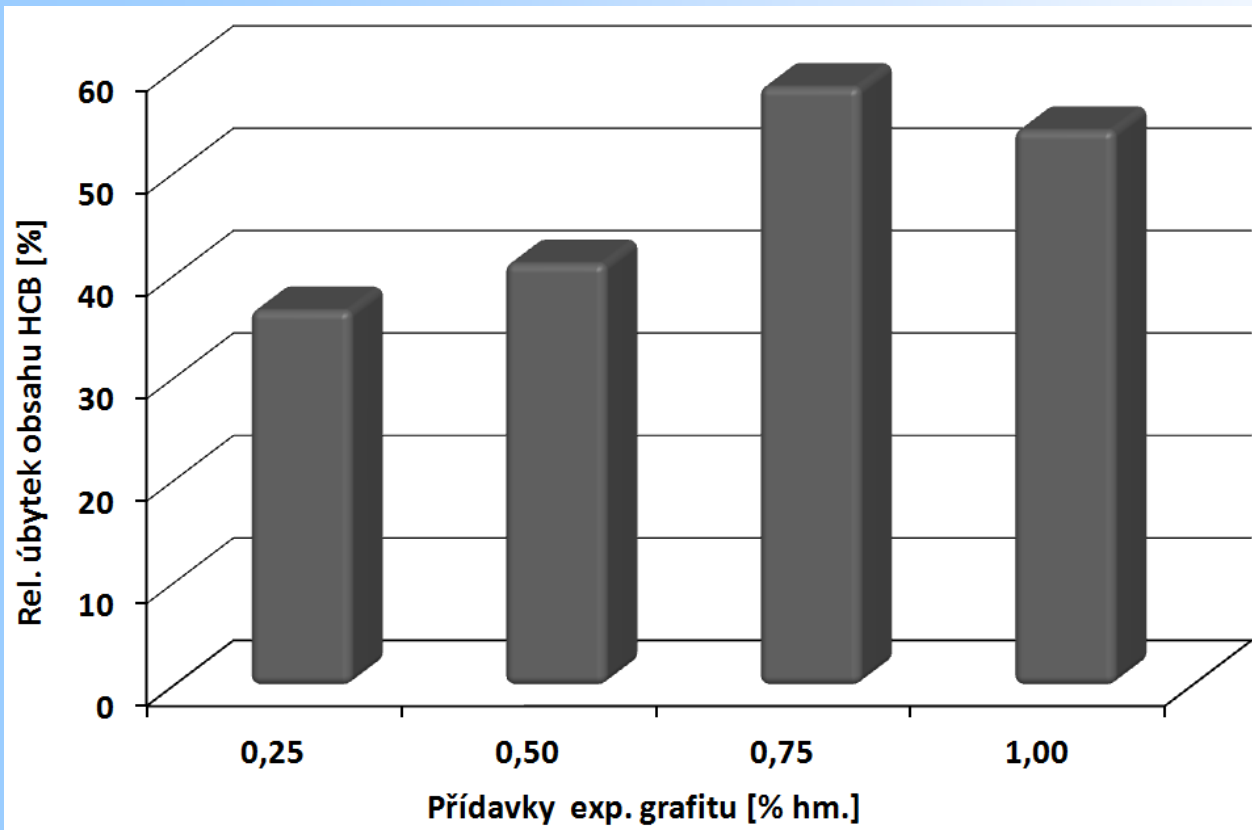
- Teplota ohřevu do 250°C, teplotní „izoterma“  $\pm 30^\circ\text{C}$
- Rozklad HCB x ireverzibilní vazba do struktury Dastitu?
- Nenalezeny degradační produkty – tri, tetra a penta chlorbenzeny
- Optimální izoterma – 10 min



# Vliv přísávků exp. grafitu do Dastitu kont. HCB

Zkoumány možné vlivy neteplotních účinků exp. grafitu na úbytek HCB: sorpční vlastnosti, redukční účinky

Dodržení teplotní izotermy ještě obtížnější než u samotného Dastitu



# Závěr

- ❑ Mikrovlnný ohřev pevných materiálů může být podpořen vhodnými aditivami.
- ❑ Vybrány tři typy aktivátorů absorpce mikrovlnného záření:
  - Expandovaný grafit - vysoká absorpce MW záření,
  - Dastit® - modifikovaný el. popílek průměrná absorpce,
  - Čedič – zatím netestován,
- ❑ Aditiva mohou působit také neteplotními efekty vůči kontaminantům.
  - Průměrný úbytek HCB v Dastitu kolem 40% v uzavřeném systému během 10 až 15 min ohřevu, stejný efekt prokázán také s přísávkou exp. grafitu.
  - Rozklad kontaminantů x ireverzibilní sorpce do struktury aktivátorů – zatím neprokázáno.
  - Problematické dodržení teplotní izotermy zejména s přísávkou exp. grafitu.
  - Nebylo možné zaručit spolehlivou reprodukovatelnost experimentů.
- ❑ Pokračování v experimentech → prokázání reakčních mechanismů a potvrzení či vyvrácení katalytických účinků aktivátorů.

# Děkuji za pozornost

Poděkování:

**Projekt TAČR „Termodesorpce“ TA01020383**