Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

ÚCHOP

Termická desorpce s propařováním tuhých kontaminovaných materiálů využívající klasický a mikrovlnný ohřev

Ing. Pavel Mašín

Ing. Jiří Hendrych, PhD

Ing. Jiří Kroužek

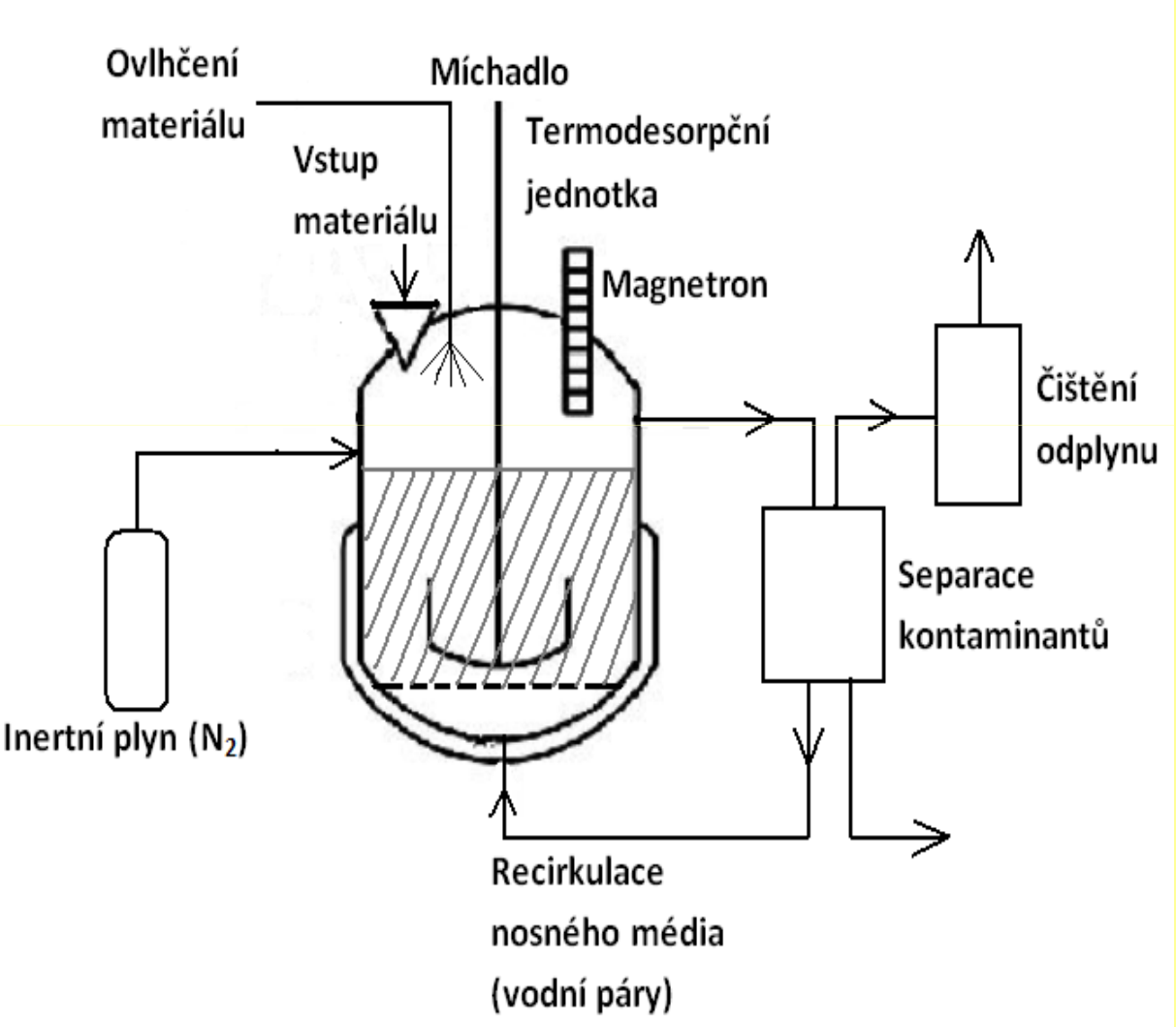
Ing. Lucie Kochánková

Doc.Dr.Ing. Martin Kubal

Cíle práce

- Ověřit teoretický model transportu kontaminantů s párou (pesticidy, PAHs) podle Antoineovy rovnice experimenty s klasickým a mikrovlnným ohřevem
- Posoudit vliv propařování vrstvy vsádky materiálů v průběhu procesu termické desorpce z hlediska zvýšení efektivity odstranění kontaminantů při teplotě do 250°C
- Kromě vodní páry vyzkoušet některá polární rozpouštědla (ethanol, ethylenglykol, roztoky hydroxidů)
- Vyvodit závěry o použitelnosti ovlhčování/propařování materiálů ve vsádkovém poloprovozním měřítku

Teoretické schema poloprovozního zařízení



Vlastnosti vybraných kontaminantů

V rámci skupiny netvoří extrémy, nerozkládají se atd.

	hexachlorbenzen	**fenantren**
teplota varu [°C]	325	340
tlak par při 25°C [kPa]	$2{,}4.10^{-6}$	$1{,}6.10^{-5}$
rozp. ve vodě při 25°C [mg/l]	0,0062	1,15
teor. množství v mg odvedené 1 kg páry	5 000 – 10 000	3 000 – 6 000

- Pro každou látku definována Antoineova rovnice v určitém teplotním intervalu.
- Značná závislost množství kontaminantu odvedeného s párou na teplotě varu směsi.
- Teoretický výpočet velmi orientační.

Příprava materiálů pro experimenty

Základní charakteristiky materiálů:

- Jemnozrnné materiály,

Cihla	Zemina
< 0,1 mm	< 1 mm

- Obsah TOC – měřitelný jen u zeminy 9,6 g/kg
- Analýza kontaminantů - sonikační extrakce z tuhých matric
- Chlorované pesticidy (HCB, DDT) → GC – ECD
- PAHs (antracen, chrysen, fenantren, fluoranthen) → GC – MS

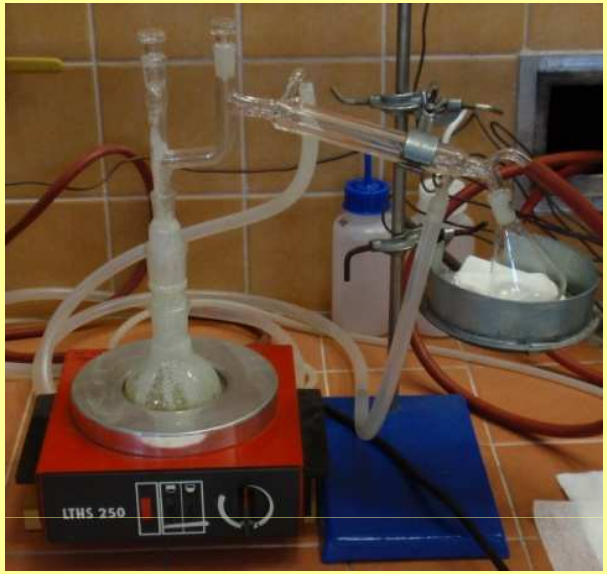
Obsahy kontaminantů v matricích v mg/kg na vstupu :

	HCB	DDT	antracen	fenantren	chrysen	fluoranthen
Cihla	439	20	9	10	22	63
Zemina	455	16	9	13	190	60

Suspenze matric ve vodě

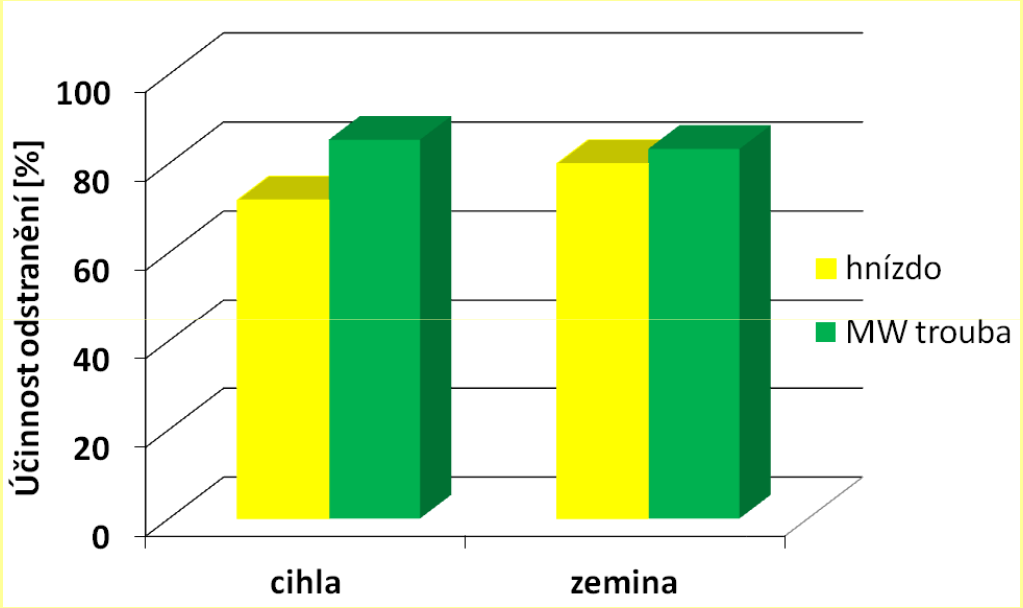
Experimentální podmínky:

- kontaminant HCB
- 25 g materiálu do 50 ml vody
- topné hnízdo, MW trouba
- ohřev na teplotu 100°C, do vyvaření vody
- Bilance HCB:
  vstup a výstup tuhý materiál,
  kondenzát + kond. systém



Suspenze matric ve vodě

- Porovnání odstranění HCB na topném hnízdě oproti MW troubě
- Experimentálně určené množství HCB odvedeného s vodní párou v mg/kg:



mg HCB /kg páry	Topné hnízdo	MW trouba
Cihla	27	31
Zemina	23	32

- Stejná kapacita páry vůči HCB, ovšem rozdílná kinetika ohřevu
- Shoda s modelem Antoineovy rovnice pouhé 0,3 – 0,6 %
- Teoretický výpočet nepoužitelný
- Množství HCB přešlé do parní fáze není ovlivněno způsobem ohřevu

Desorpce s propařováním vrstvy matric

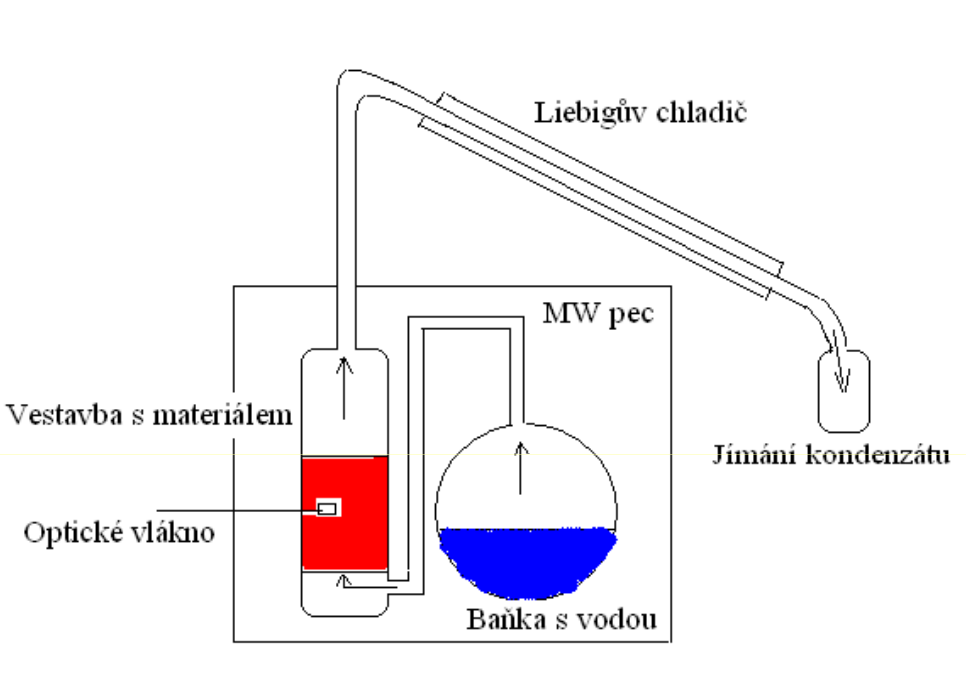
Experimentální podmínky:

- Suché a vlhké matrice (cihla, zemina), porovnáno s průtokem N_2 0,1 l/min

	Hmotnost vsádky [g]	Teplota vsádky [°C]	Doba zdržení [min]	Objem propařené vody [ml]
El.pec	100	110 – 130	100 - 120	200
MW trouba	50	140 – 190	20 - 40	100

- Měření teploty
  - MW trouba – Senzor optické vlákno
  - El. pec – externí termočlánek, nebo interní čidlo pece

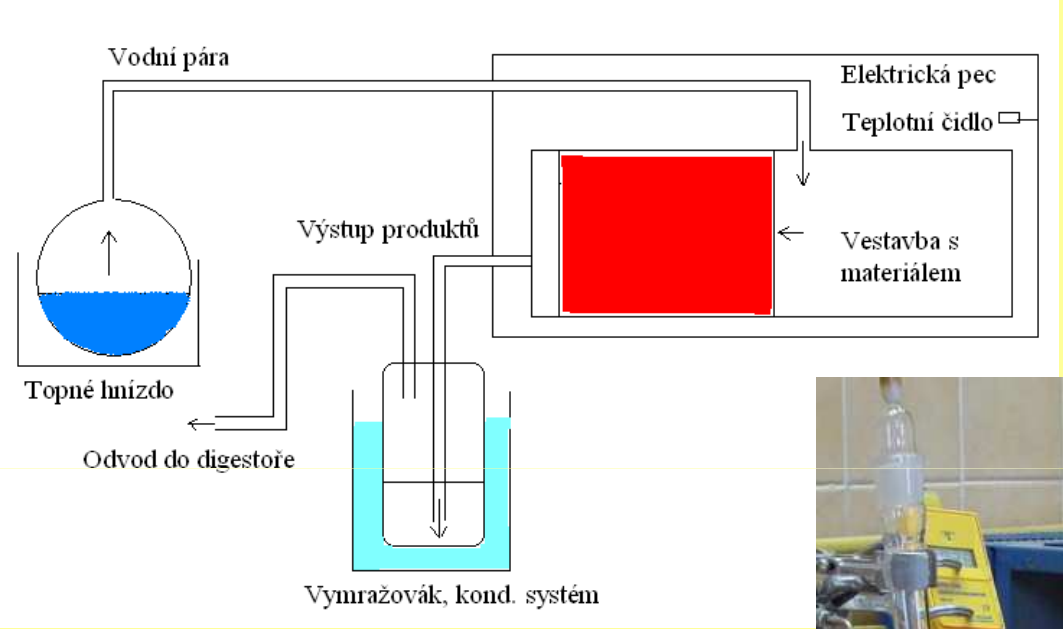
Schéma aparatury s mikrovlnným ohřevem



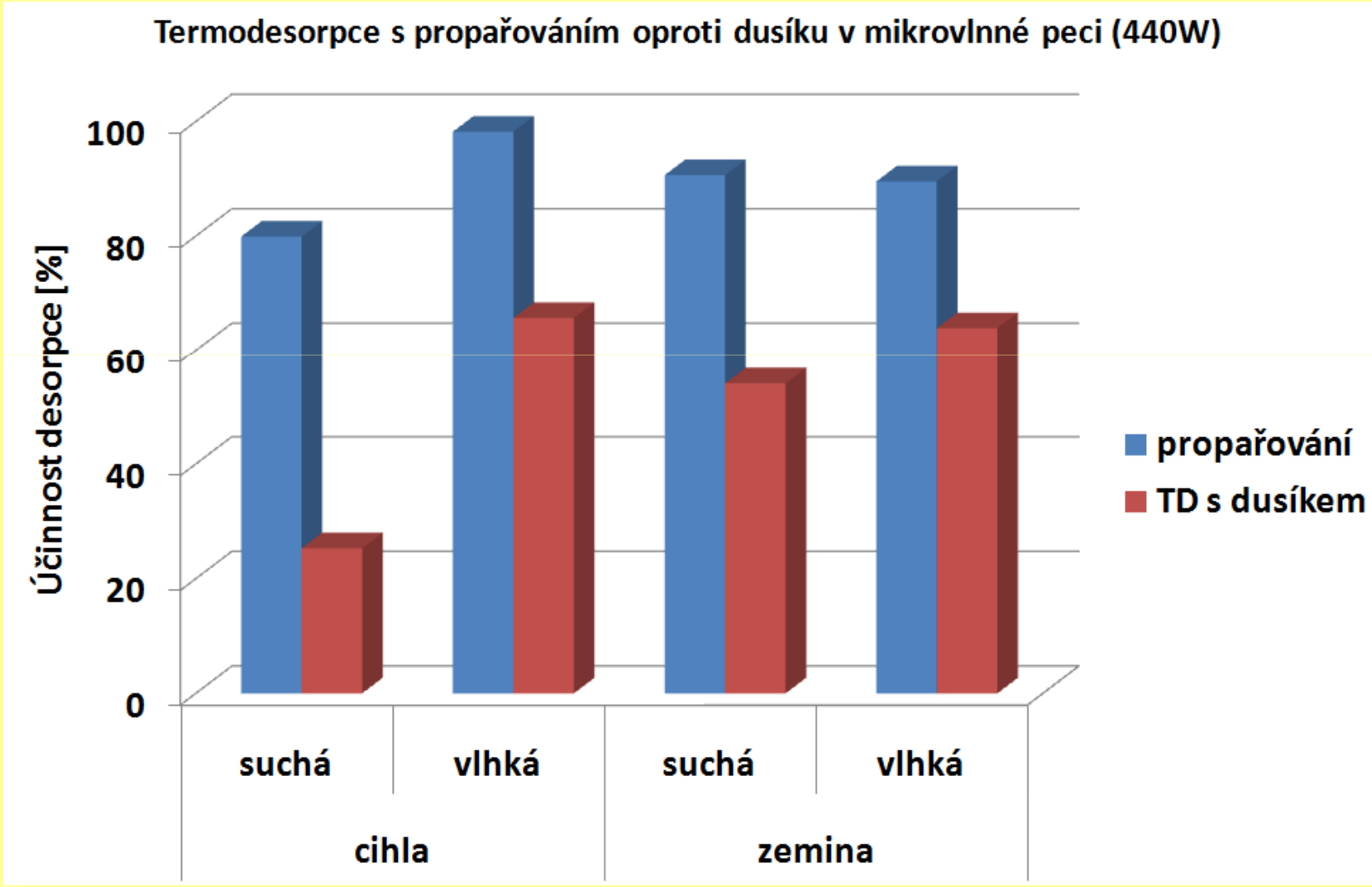
Propařování

Režim s dusíkem

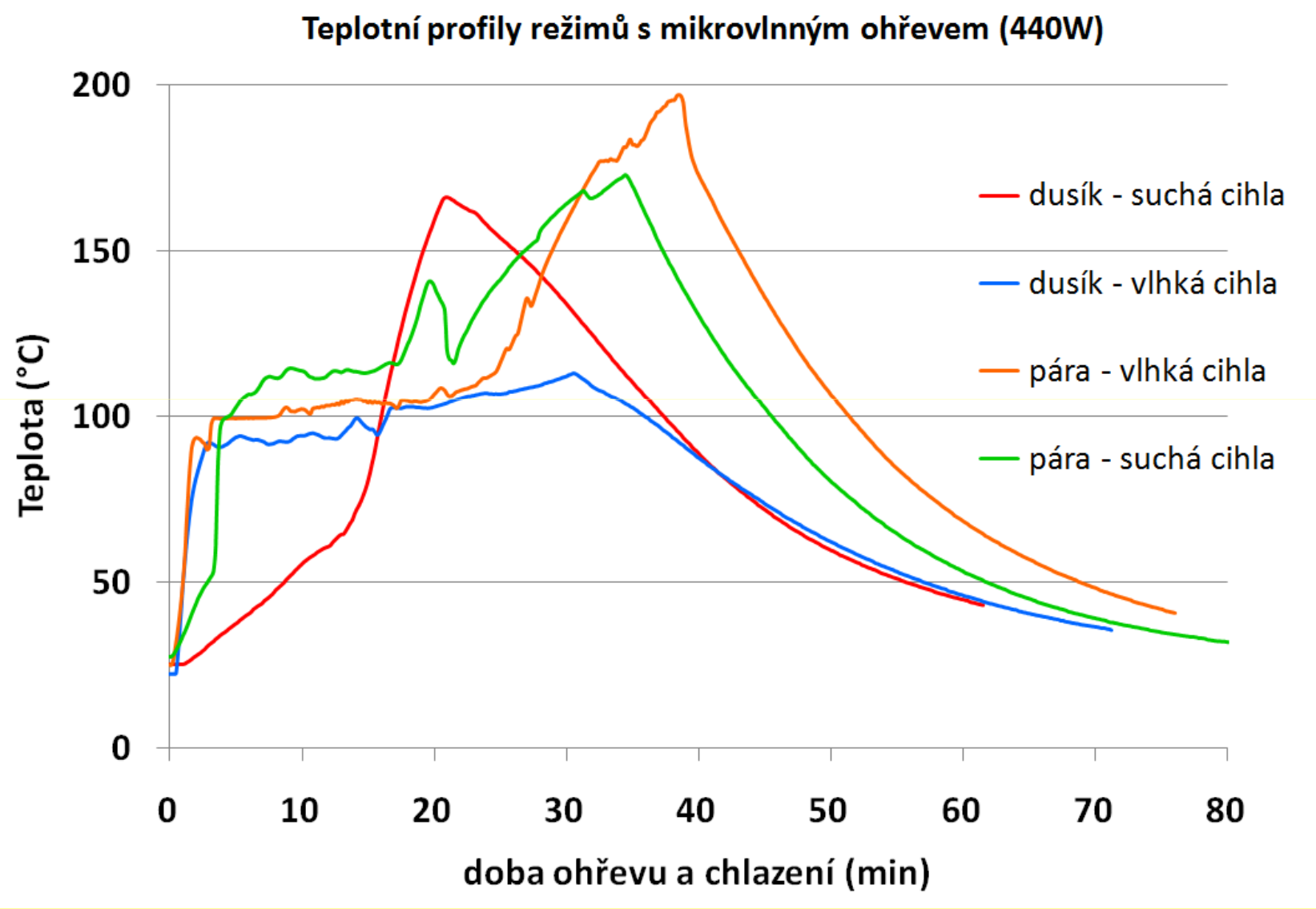
Aparatura s elektrickým ohřevem



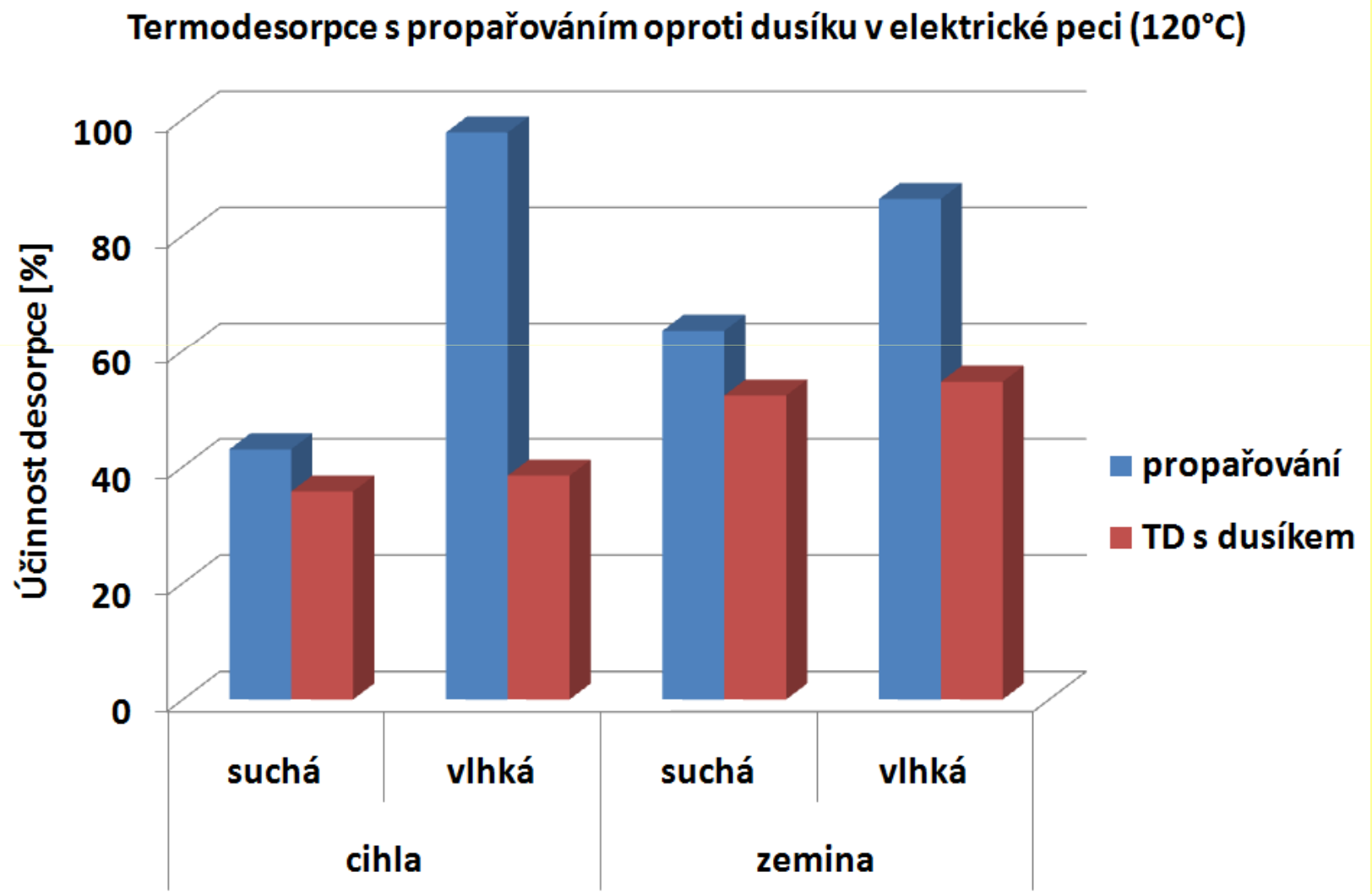
Desorpce s propařováním MW trouba, HCB



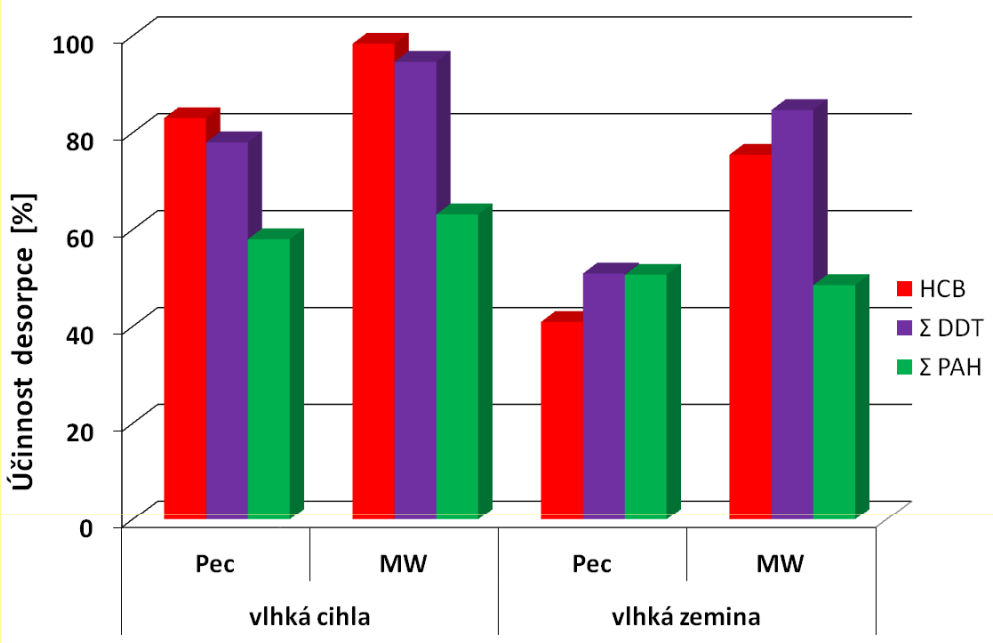
Teplotní průběh desorpce v MW troubě



Desorpce s propařováním el. pec, HCB



Desorpce s propařováním, směsná kontaminace



Odstraněná množství kontaminantů v mg vztažená na 1 kg páry. Suma PAH zahrnuje antracen, fenantren, chrysen a fluoranthen.

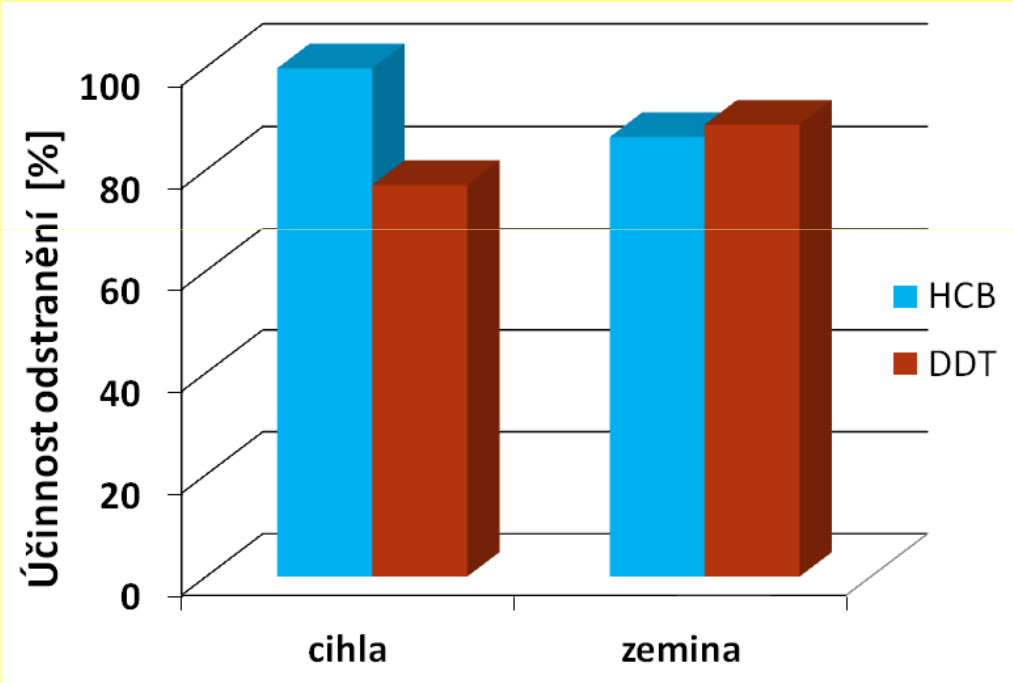
	HCB		Σ DDT		Σ PAH	
	El. pec	MW	El. pec	MW	El.pec	MW
Vlhká cihla	96,5	77,7	0,9	6,3	1,1	2,1
Vlhká zemina	84,0	78,3	0,8	1,2	0,5	1,5

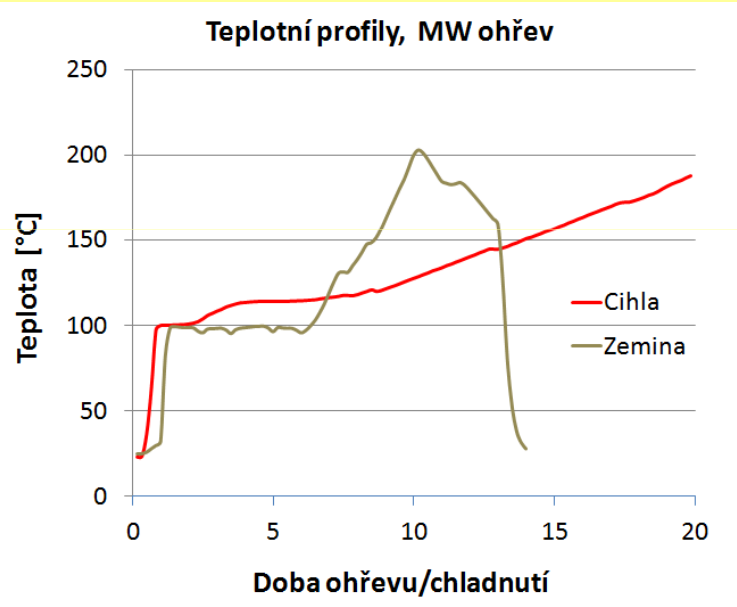
Shoda s Antoineovou rovnicí asi 1 – 2 %

Desorpce s ovlhčením vsádky roztokem NaOH, MW trouba

- Kromě vody zkoušeno ovlhčení/propaření dalšími polárními rozpouštědly ethanol, ethylenglykol – se ukázaly být nevhodné

Vsádka 50 g ovlhčena 10 ml roztoku NaOH o konc. 1,4 mol/l,





- Extrémní absorpce mikrovlnného záření,
- Problém s nehomogenitou teplotního pole, hot - spot efekty
- Rychlý průběh desorpce, doba zdržení do 20 min

Závěry

- Experimenty se systémy s tuhou fází ukázaly nevhodnost modelu Antoineovy rovnice pro předpověď transportu kontaminantů s párou
- Kinetika ohřevu nemá vliv na odstranění kontaminantů
- Desorpce s propařováním vrstvy materiálů ukazuje, že společný transport kontaminantů s vodní parou je ovlivněn:
  - vstupní vlhkostí materiálu
    lepší smáčivost pórů, vyšší absorpce mikrovlnného záření
  - FCH vlastnostmi kontaminantů
    polaritou, teplotou varu
- Nejochotněji odcházel HCB resp. DDT (účinnost > 84 %), nejhůře PAHs
- Desorpce s propařováním vykazuje pro mikrovlnný i konvenční ohřev vyšší účinnosti odstranění sledovaných kontaminantů (HCB, DDT, PAHs) oproti „identickému“ teplotnímu režimu s N_2.

Závěry

- Režim desorpce s propařováním materiálu z hlediska poloprovozního zařízení:
  - Při teplotě do 250°C prakticky nedochází k rozkladu huminových látek
  - Nevýhodou velké objemy zpracovávaného kondenzátu
  - Pára má oproti kapalné vodě výrazněji menší schopnosti absorbovat mikrovlny
  - Obtížná separace kontaminantů z parní fáze
- Pro polárnější kontaminanty bude ovlhčování vsádky technologicky výhodné také v poloprovozním měřítku
- Velmi perspektivní bazicky reagující činidla (roztok NaOH), která budou předmětem dalšího výzkumu

Děkuji za pozornost

Příspěvek byl připraven v rámci projektu TAČR ev.č. TA01020383

a s podporou výzkumného záměru MSM6046137308 a specifického výzkumu (Rozhodnutí č.21/2011)