

Úprava vlastností zemin vápnem a volné vápno obsahujícími produkty

*Projekt TIPs názvem FR-TI4/714
Výzkum a inovace úprav horninového
prostředí vápennými aditivami*

**Fyzikálně mechanické, fyzikálně chemické a chemické
vlastnosti zemin. Interpretace výsledků. Analýza
souvislostí. Závěry, návrhy a doporučení.**



Cílem prací je navrhnout doplnění laboratorních testů problémových zemin tak, aby ještě ve fázi příprav stavby bylo možno co nejlépe stanovit chování zeminy jak během stavby tak zejména již v dokončeném díle při jeho plném zatížení.

V rámci prací na projektu byly prověřovány možnosti doplnění:

- 1. Chemické rozbory o některá další stanovení (TOC, $\text{CaO}_{\text{vol.}}$, $\text{SiO}_2_{\text{akt.}}$)**
- 2. Podrobnější analýzy organických příměsí se zaměřením na huminové látky**
- 3. Při vyšším obsahu reaktivního SiO_2 provedení zkoušky pucolanity**
- 4. U všech neupravovaných zemin provést stanovení iontové výměnné kapacity**
- 5. Stanovení mineralogického složení zeminy se zaměřením na jílové minerály a amorfní složky u původních i vápněných zemin**
- 6. U neupravených i vápněných zemin provést termické analýzy (u vápněných zemin po zvolené době zrání)**
- 7. V případě potřeby zhotovit snímky na elektronovém mikroskopu, případně doplněné o mapping rozložení jednotlivých chemických prvků**

Kromě toho byla dále laboratorně prověřována možnost nahrazení vápna odprašky z by-passu na cementářských rotačních pecích (BPD). Tento materiál se svými vlastnostmi podobá hydraulickému vápnu.

Chemické rozbory:

Standardní postupy (chemický rozbor silikátů) byly doplněny o stanovení obsahu volného vápna ($\text{CaO}_{\text{vol.}}$), reaktivního oxidu křemičitého ($\text{SiO}_2_{\text{akt.}}$) a veškerého organického uhlíku (TOC).

Volné vápno vstupuje do chemických reakcí s reaktivními formami SiO_2 . Organické látky (TOC) tyto pucolánové reakce mohou rušit.

Pucolánová reakce

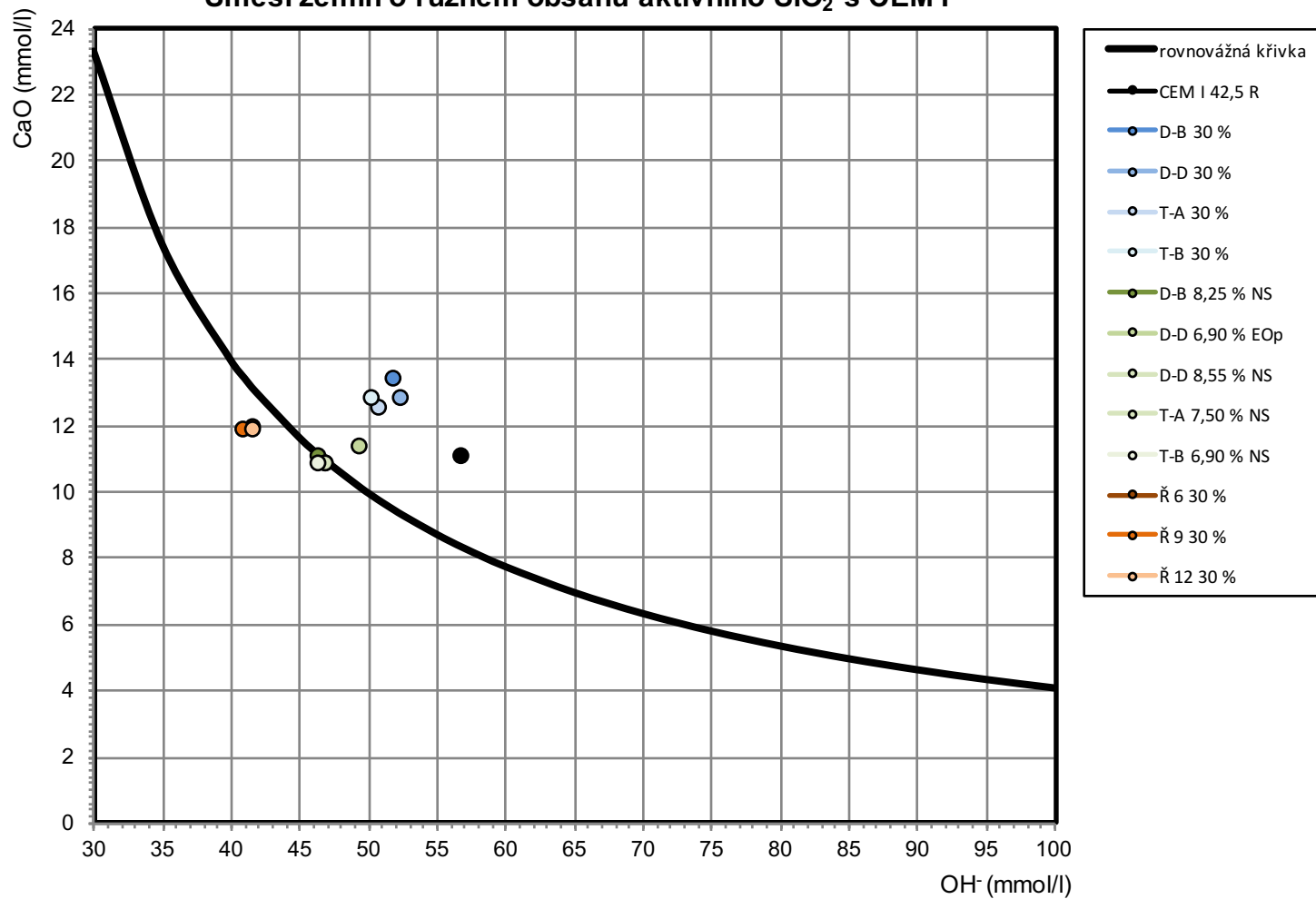
Je jasné, že čím více reaktivního SiO_2 zemina obsahuje, tím významnější bude její pucolánová reakce. Během zkoušek bylo zjištěno, že při zkoušce podle ČSN EN 196-5 se pucolanita projevuje při obsahu reaktivního SiO_2 ve výši cca 25 % hm. a vyšší. Nezáleží, zda je reaktivní SiO_2 přírodního původu nebo zda byl dodán uměle.

Chemické rozborý – doporučená stanovení

zemina	jednotka	CaO _{vol.}	SiO ₂ akt.	TOC (mg/kg suš.)
Dobřenice B	% hm. suš.	< 0,10	16,73	9740
Dobřenice D	% hm. suš.	< 0,10	19,09	9290
Třebovice A	% hm. suš.	0,28	24,49	7380
Třebovice B	% hm. suš.	0,28	24,93	10100
Řehlovice 6	% hm. suš.	< 0,10	41,24	< 500
Řehlovice 9	% hm. suš.	< 0,10	42,71	< 500
Řehlovice 12	% hm. suš.	< 0,10	40,80	< 500
Planá S3-1	% hm. suš.	< 0,10	37,20	2970
Planá S4-1	% hm. suš.	< 0,10	31,39	3240
Spořice S1-4	% hm. suš.	0,56	29,32	1910
Lipník S1-9	% hm. suš.	0,56	18,29	2440
Sokolnice S1-1	% hm. suš.	0,56	9,02	2970

Pucolánová aktivita

Pucolanita podle ČSN EN 196-5
Směsi zemin o různém obsahu aktivního SiO₂ s CEM I



Iontově výměnná kapacita zemin

neboli sorbční kapacita

Úzce souvisí s obsahem jílových minerálů, zejména montmorillonitu, a také s obsahem amorfních složek. Amorfní složky a především montmorillonit mají velmi vysokou sorbční schopnost a zeminy, které se vyznačují vysokým obsahem těchto látek, se vyznačují i vysokou iontově výměnnou kapacitou.

Z testovaných zemin mají nejvyšší iontově výměnnou kapacitu vzorky z lokality Řehlovice. Tyto vzorky se vyznačují také nejvyšším obsahem reaktivního SiO_2 a také nejvyšší obsah montmorillonitu.

Výsledky stanovení sorbční kapacity analyzovaných vzorků

označení vzorku	SZ [mmol/100 g vzorku]	SS [mmol/100 g vzorku]	SK [mmol/100 g vzorku]
Dobřenice B (2013/27)	10,9	0,68	10,2
Dobřenice D (2013/28)	9,8	0,79	9,0
Řehlovice 6 (2013/33)	22,3	0,26	22,0
Řehlovice 9 (2013/34)	23,6	0,23	23,4
Řehlovice 12 (2013/35)	22,0	0,25	21,8
Třebovice A (2013/30)	10,1	0,49	9,6
Třebovice B (2013/31)	8,8	0,44	8,4
2014/1 D3 Planá n. L. S3-1, F7 MV	16,1	0,24	15,9
2014/2 D3 Planá n. L. S4-1, F7 MV	13,8	0,16	13,6
2014/3 R7 Spořice S1-4, F8 CE	14,3	0,36	13,9
2014/4 270 Lipník S1-9	15,7	0,75	14,9
2014/5 300 Sokolnice S1-1	10,3	0,66	9,6

SS: množství iontů rozpustných solí (mmol/100g vzorku)

SZ: sorbčně vázané zásady (mmol/100 g vzorku)

Sorbční kapacita SK = SZ – SS (mmol/100g vzorku)



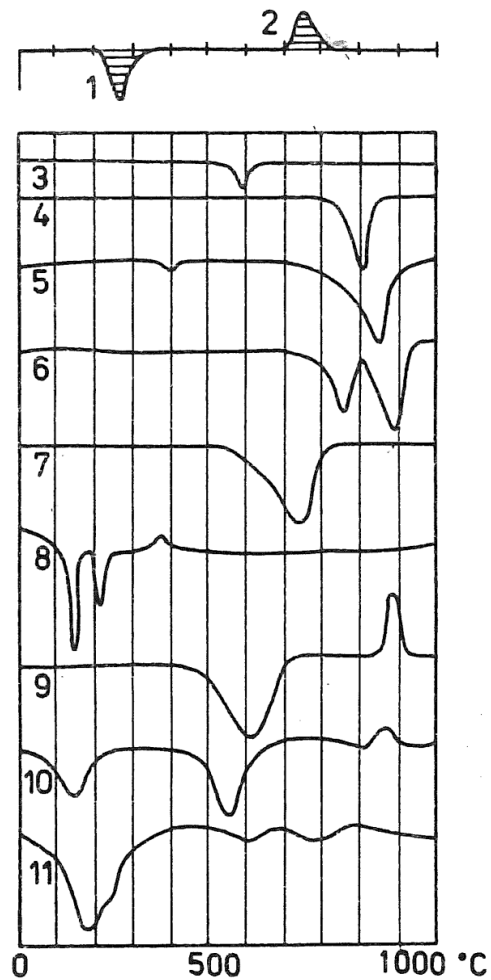
Termické analýzy

Termické analýzy byly provedeny částečně v návaznosti na zkoušky s 56-denním zráním vzorků upravených přídavkem vápna a přídavkem BPD. Při měřeních byla použita standardní kombinace – diferenční termická analýza (DTA) a vážková termická analýza (TG), u níž byl později proveden výpočet derivační křivky (DTG) pro lepší názornost.

Termické analýzy byly provedeny u všech odebraných vzorků zemin. Protože zobrazovat všechny křivky by znamenalo nesmírně zvětšit počet snímků prezentace, omezím se jen na nejvýznamnější výsledky.

1. Zeminy s vysokým obsahem TOC se liší od ostatních, mají velký exotermní extrém při teplotách mezi 200 a 500 °C
2. Zeminy s vysokým obsahem křemene mají na křivce DTA výrazné minimum při teplotě 574 °C, které nemá odezvu ve změně hmotnosti vzorku, jedná se o modifikační přeměnu křemene na cristobalit
3. U zemin upravovaných pomocí BPD přibylo teplotní minimum při teplotě okolo 320 °C.

Ukázka křivek DTA některých běžných minerálů.



Obr. 1.6. DTA – gramy některých minerálů (Jesenáková, 1985)

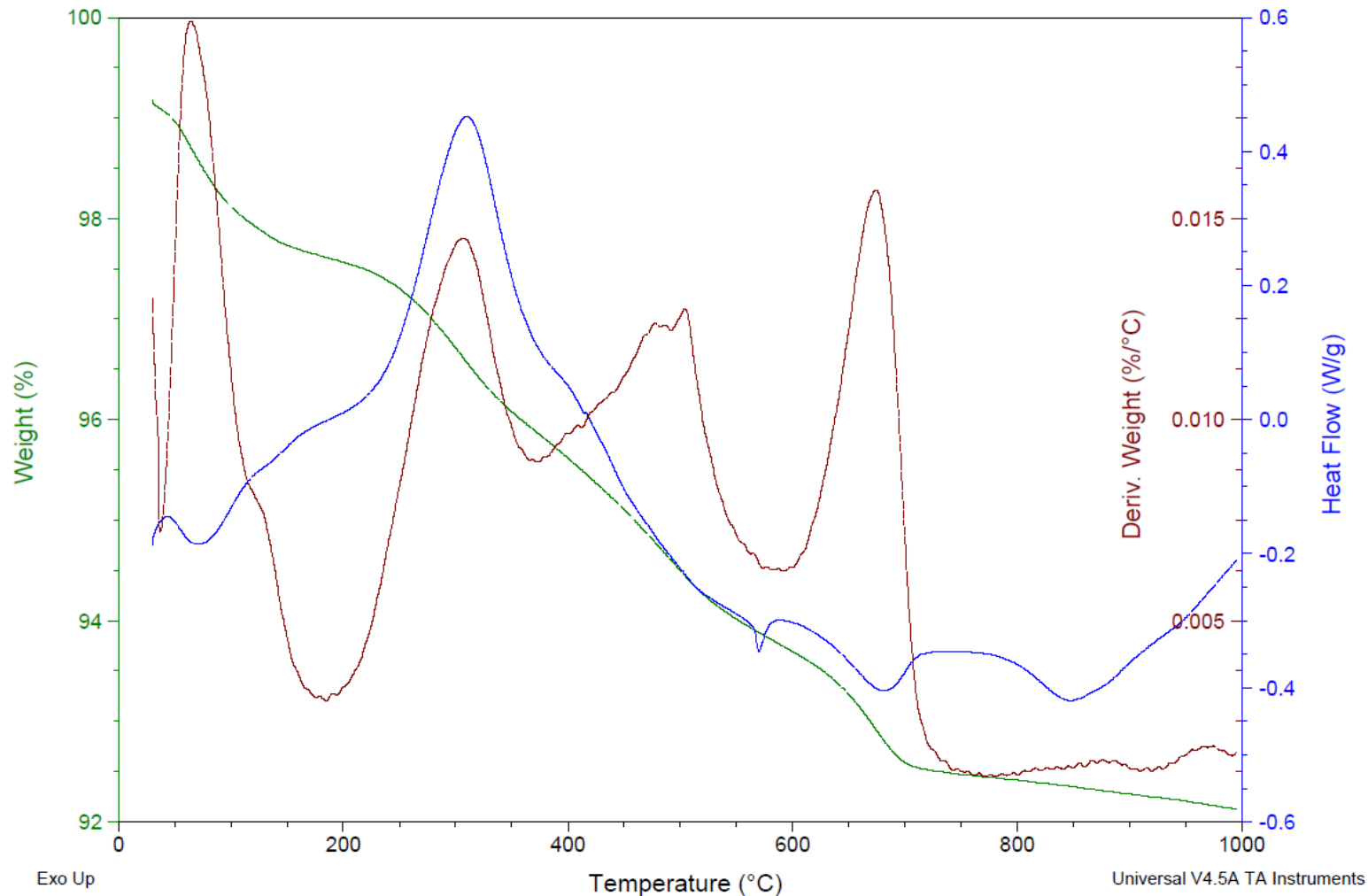
- 1 – endotermní reakce,
- 2 – exotermní reakce, 3 – křemen,
- 4 – kalcit, 5 – aragonit,
- 6 – dolomit, 7 – magnezit,
- 8 – sádrovec, 9 – kaolinit, 10 – illit,
- 11 – montmorillonit

Zemina s obsahem TOC, křemene a kalcitu

Sample: Dobřenice D 2013-28
Size: 67.6430 mg
Method: Temperature

DSC-TGA

File: C:\...\Dobřenice D 2013-28.001
Operator: CMV
Run Date: 02-Feb-2016 07:01
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20

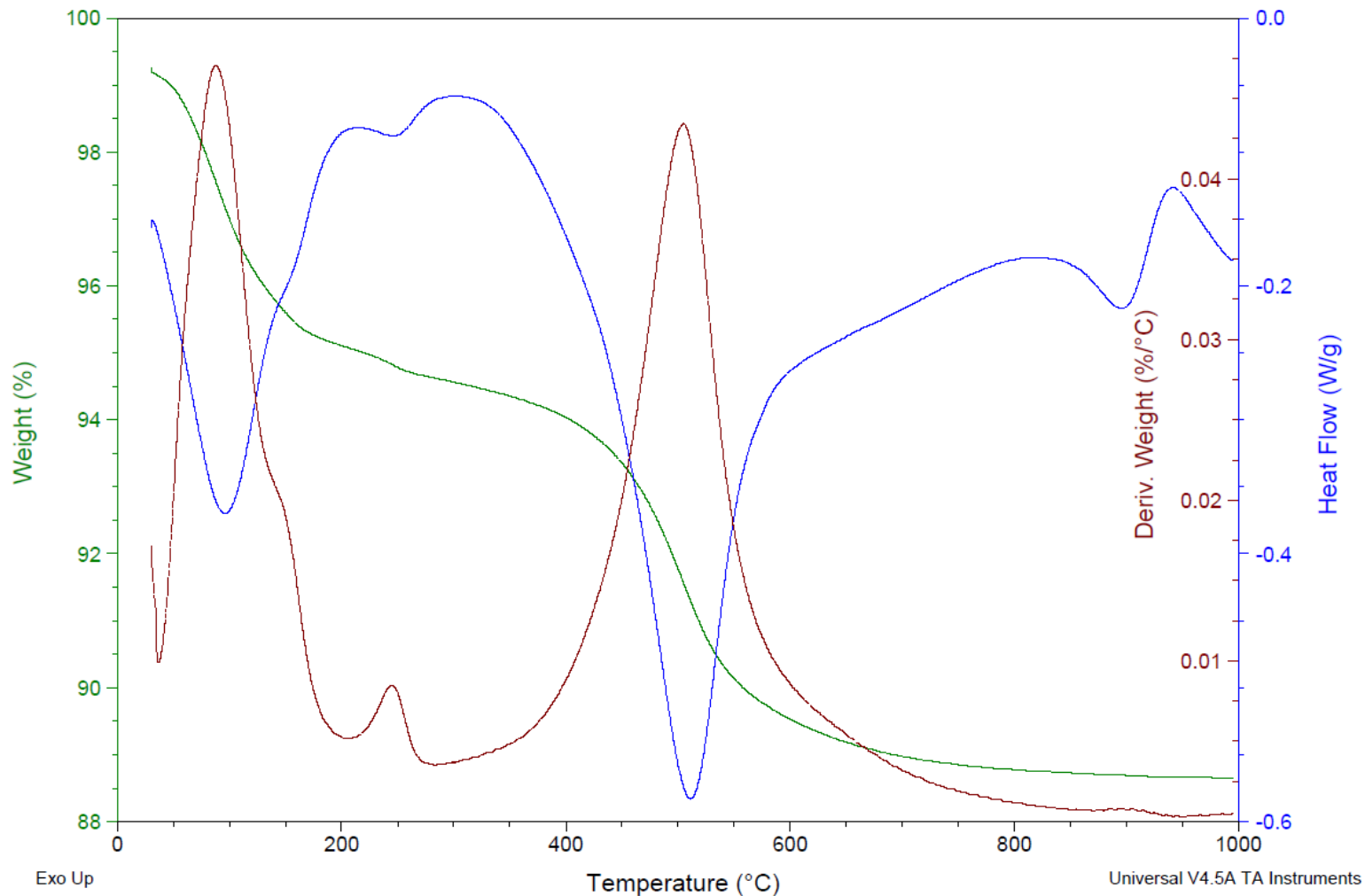


Zemina s vysokým obsahem illitu

Sample: Spořice S1-4 2014-3
Size: 88.0300 mg
Method: Temperature

DSC-TGA

File: C:\...\Spořice S1-4 2014-3.001
Operator: CMV
Run Date: 01-Feb-2016 09:03
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20

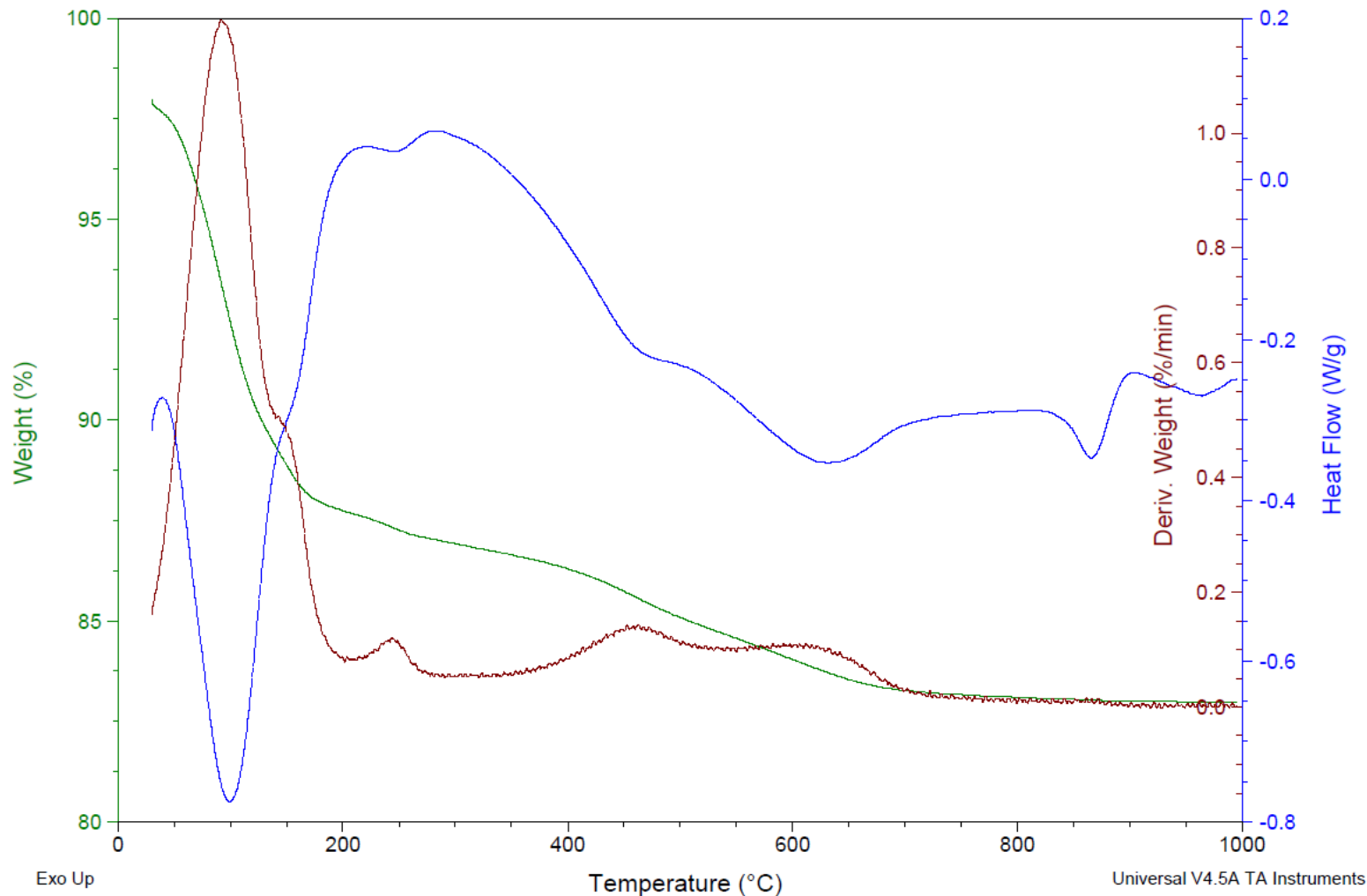


Zemina Řehlovice 9 nevylepšovaná

Sample: Řehlovice 9
Size: 45.3860 mg
Method: Temperature

DSC-TGA

File: C:\...Data Q600\ŘEHLOVICE 9.001
Operator: CMV
Run Date: 26-Oct-2015 12:51
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20

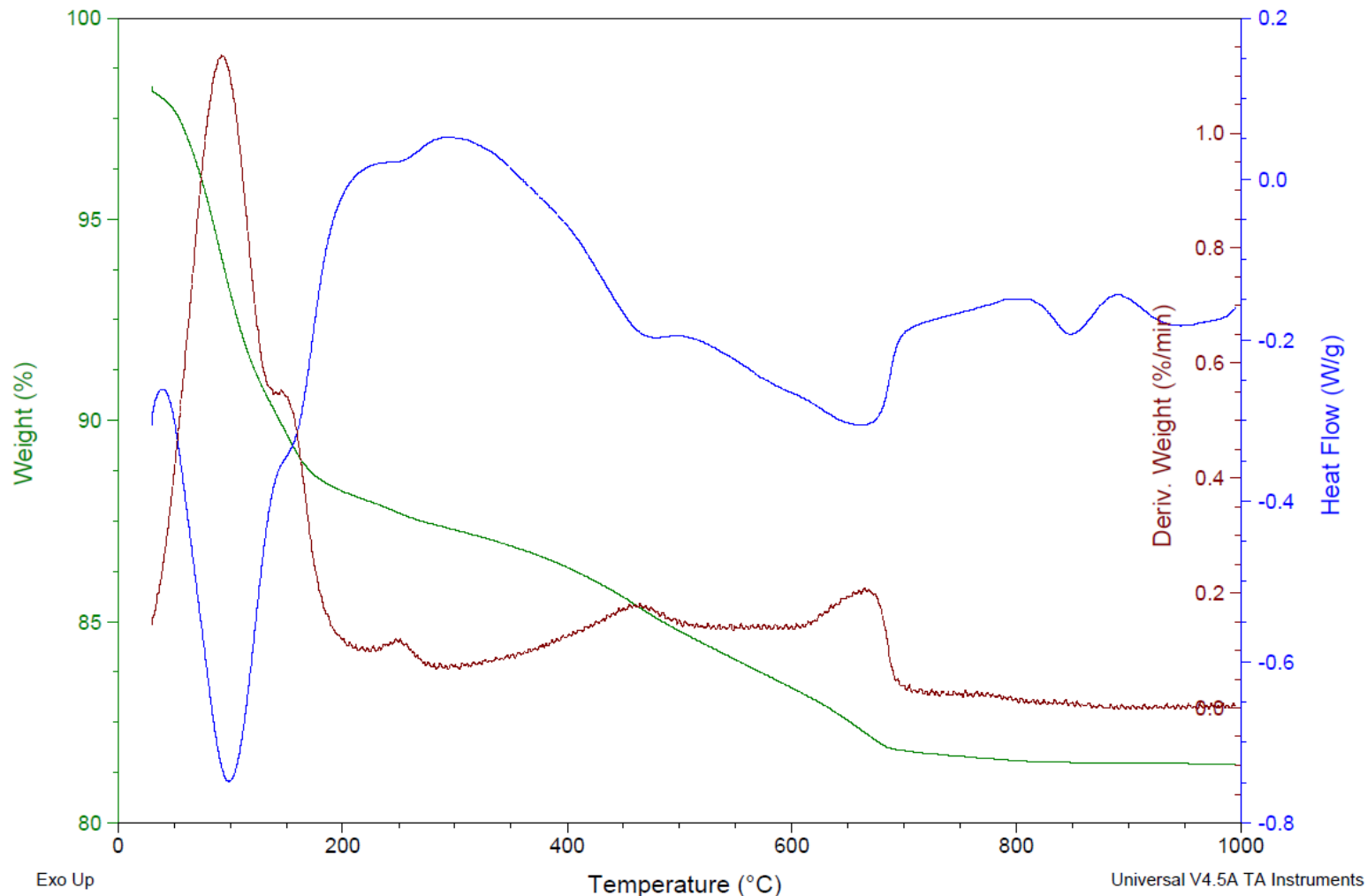


Zemina Řehlovice 9 + 5 % CaO z vápna VČS

Sample: vz 4 Řehlovice 5% CaO
Size: 45.1240 mg
Method: Temperature

DSC-TGA

File: C:\...\\VZ 4 ŘEHLOVICE 5% CAO.001
Operator: CMV
Run Date: 21-Oct-2015 08:23
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20

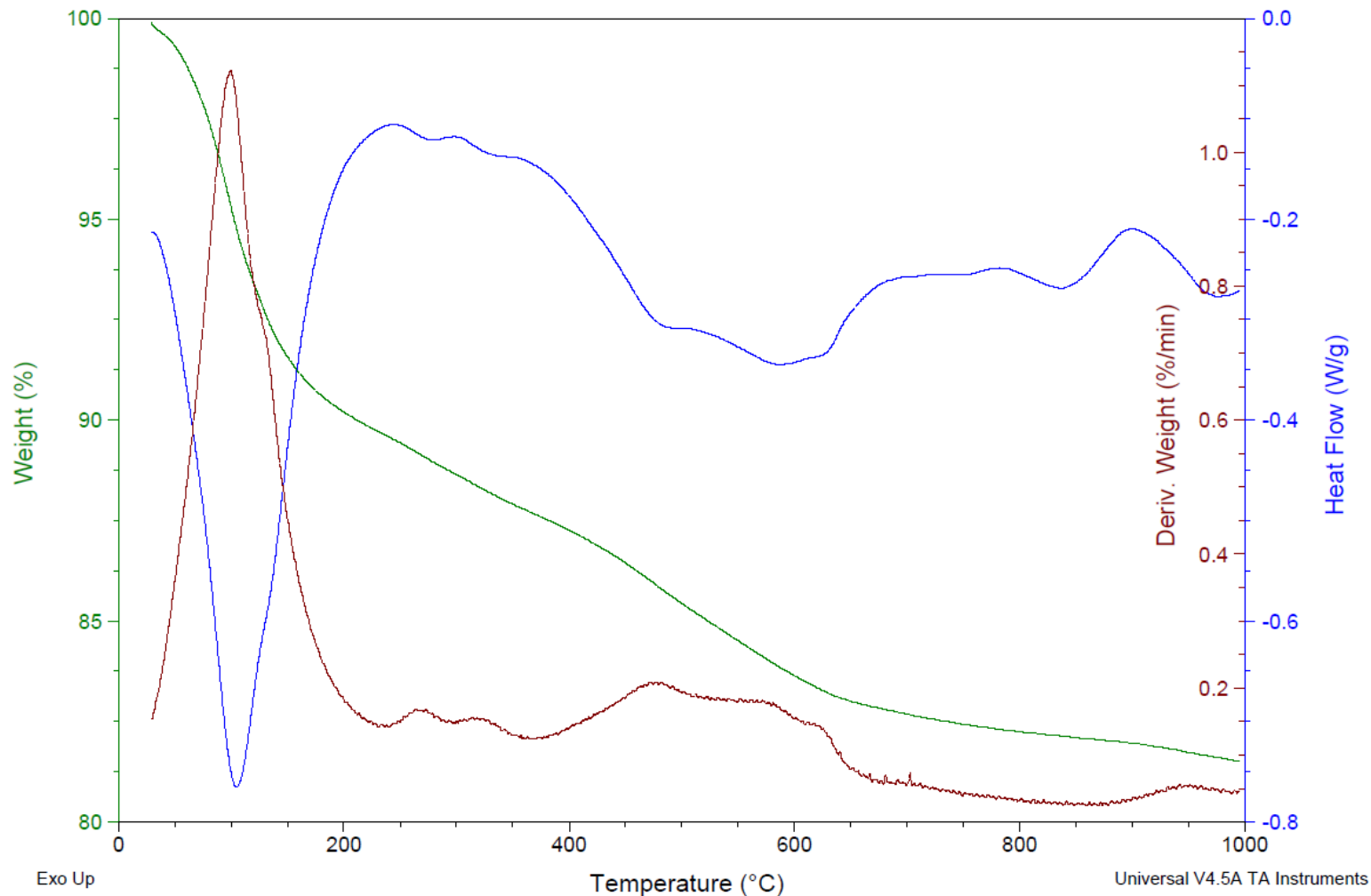


Zemina Řehlovice 9 + 5 % CaO z BPD

Sample: Řehlovice 5% CaO v BPD
Size: 70.1460 mg
Method: Temperature
Comment: vzduch

DSC-TGA

File: C:\...\Řehlovice 5% CaO v BPD.001
Operator: CMV
Run Date: 09-Nov-2015 17:09
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Exo Up

Universal V4.5A TA Instruments



Použití BPD místo vápna

Odprašky z by-passu z cementářských rotačních pecí se svými vlastnostmi podobají hydraulickým vápnům. To znamená, že kromě uvolňování iontů Ca^{2+} do vody obsažené v zemině je samo schopno hydraulicky (jako cement) tvrdnout. Od hydraulického vápna se liší vyšším obsahem alkálií, což může ovlivňovat chování zeminy při zrání. Při laboratorních zkouškách zeminy ztvrdly a nerozmáčely se ani při úplném nasycení vodou.

Tyto pozorované změny vlastností zemin byly později potvrzeny výsledky geomechanických zkoušek – došlo k výraznému zlepšení únosnosti zemin (CBR) a dalších vlastností. Dávky BPD byly vždy voleny tak, aby odpovídaly přídavku 3 – 5 % páleného vápna. BPD byl používán čistý, bez ředění pecní surovinou.

Využití BPD při úpravách vlastností zemin se tak ukazuje jako jedna z možností využití tohoto produktu .

DĚKUJI ZA POZORNOST