



Biochar z pyrolýzy čistírenského kalu, možnosti a problémy jeho využití na ČOV

Zábranská J.¹, Stránský D.¹, Pokorná D,¹ Heřt A.², Moško J.², Pohořelý M.²

¹ Ústav technologie vody a prostředí a ² Ústav energetiky VŠCHT Praha

Biochar

Pevná fáze výstupů z procesu pyrolýzy

Vlastnosti závisí na

- **vstupujícím materiálu**
různé typy odpadní biomasy, hlavně lignocelulózového charakteru
(dřevní odpad, rostlinné odpady, slupky apod.)
- **podmínkách pyrolýzy** (teplota, tlak, typ technologie a zařízení)

Nejdůležitější vlastnosti biocharu

vzhledem k jeho využití v anaerobii

Pórovitost:

poskytuje specifický povrch pro mikrobiální kolonizaci,
zvyšuje počet funkčních skupin v uhlíkové části,
absorbuje inhibiční vedlejší produkty (NMK, amoniak),
stimuluje enzymatické aktivity zapojené do hydrolýzy, acidifikace a methanogeneze,
celkově zvyšuje výtěžek plynu, obsah methanu a stabilitu fermentoru

Vodivost:

posiluje symbiotické interakce mezi syntrofními bakteriemi a methanogeny,
podporuje přenos elektronů mezi mikroorganismy prostřednictvím přímého
mezidruhového přenosu elektronů (DIET)

Současný stav poznání

Velké množství experimentů potvrzující **pozitivní vliv** přidavku biocharu do anaerobní fermentace

Většina experimentů prováděna v **jednorázových testech** produkce bioplynu

Porovnání komplikuje fakt, že **není shoda na optimální dávce** ani jak dávku vyjádřit – na objem fermentoru, na sušinu nebo organickou sušinu kalu

Biochar z různých typů biomasy s vysokým podílem organických látek – významný **účinek se projevuje až při vyšších dávkách**

Význam přidavku biocharu je při **vysokých hodnotách zatížení**, kdy je bakteriální systém na hranici možností a hrozí snižování pH, nadměrná tvorba mastných kyselin a tím snížení produkce i kvality bioplynu

Biochar ze stabilizovaného čistírenského kalu (sludgechar)

Pyrolýza kalu řeší problémy co s kalem, pokud nesplňuje podmínky aplikace na půdu

Sludgechar

- snižuje vyluhování těžkých kovů z kalu,
- tvoří nové stabilní krystalické fáze v minerální složce,
- ale má **nižší podíl uhlíkové složky** než biochar z biomasy

Přídavek sludgecharu do anaerobní fermentace

- v jednorázových pokusech zvyšuje produkci bioplynu
- v semikontinuálních pokusech výsledky rozporuplné
- je kladen důraz na zvýšení produkce bioplynu,
- ale méně na **procesy v anaerobní kultuře a**

na změny kvality anaerobního kalu

Experimentální zjištění možnosti zvýšení účinnosti anaerobní fermentace čistírenského kalu kontinuálním přidáváním sludgecharu

Zkoumaný sludgechar byl vyroben pyrolýzou anaerobně stabilizovaného čistírenského kalu ČOV Trutnov

Vlastnosti sludgecharu:

Specifický povrch $45 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$

Objem mikropórů $13 \text{ mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$

Obsah **uhlíku 22,3 hm. % v sušině**

Obsah **popela 76,2 hm. % v sušině**

Prchavá složka 7,62 hm. % v sušině

pH 11,7

Experimenty

Dva laboratorní míchané bioreaktory (**experimentální a kontrolní**)

- **kontinuálně** provozované **při stejném zatížení**,
to bylo postupně zvyšováno z 3,2 na 4,5 g/L·d (CHSK)
- do **experimentálního bioreaktoru** byl **dávkován sludgechar**
v množství 0,4 – 1,3 g/L·d, to odpovídalo 12 – 28 % přidané CHSK
- provozovány v mezofilních podmínkách 40 °C
- parametry podobné ČOV Trutnov

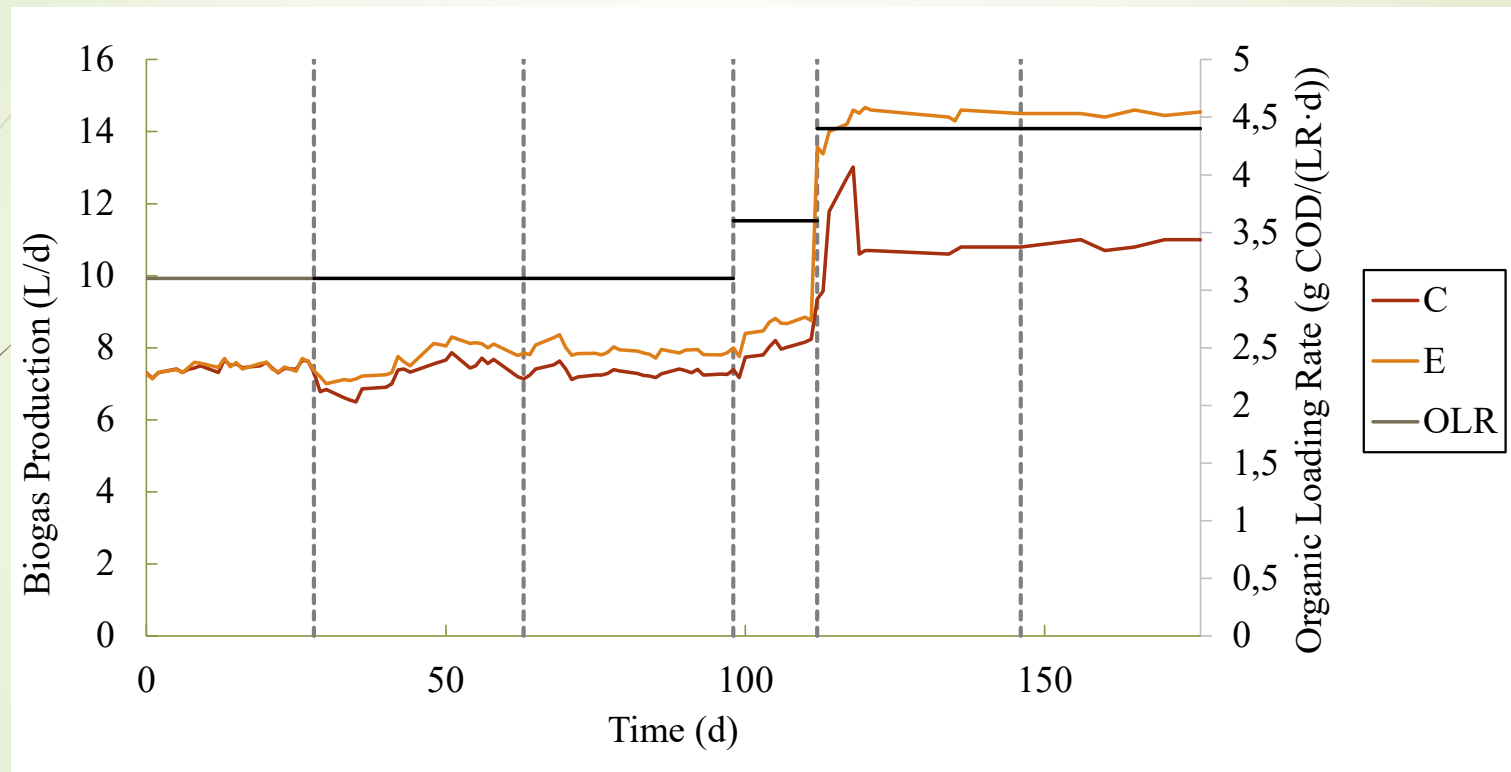


Parametry experimentů

Fáze pokusu		1	2	3	4	5	6
Bv (CHSK)	g/L _r .d	3,1	3,2	3,4	3,8	4,4	4,5
Bv (VLzž)	g/L _r .d	1,8	1,9	2,0	2,8	3,3	3,4
SCH	g/d	0	5,1	10,2	10,2	10,2	15,0
SCH/ VL dávka/d	%	0	20	40	40	40	60
θ	d	22	22	20	19	17	17

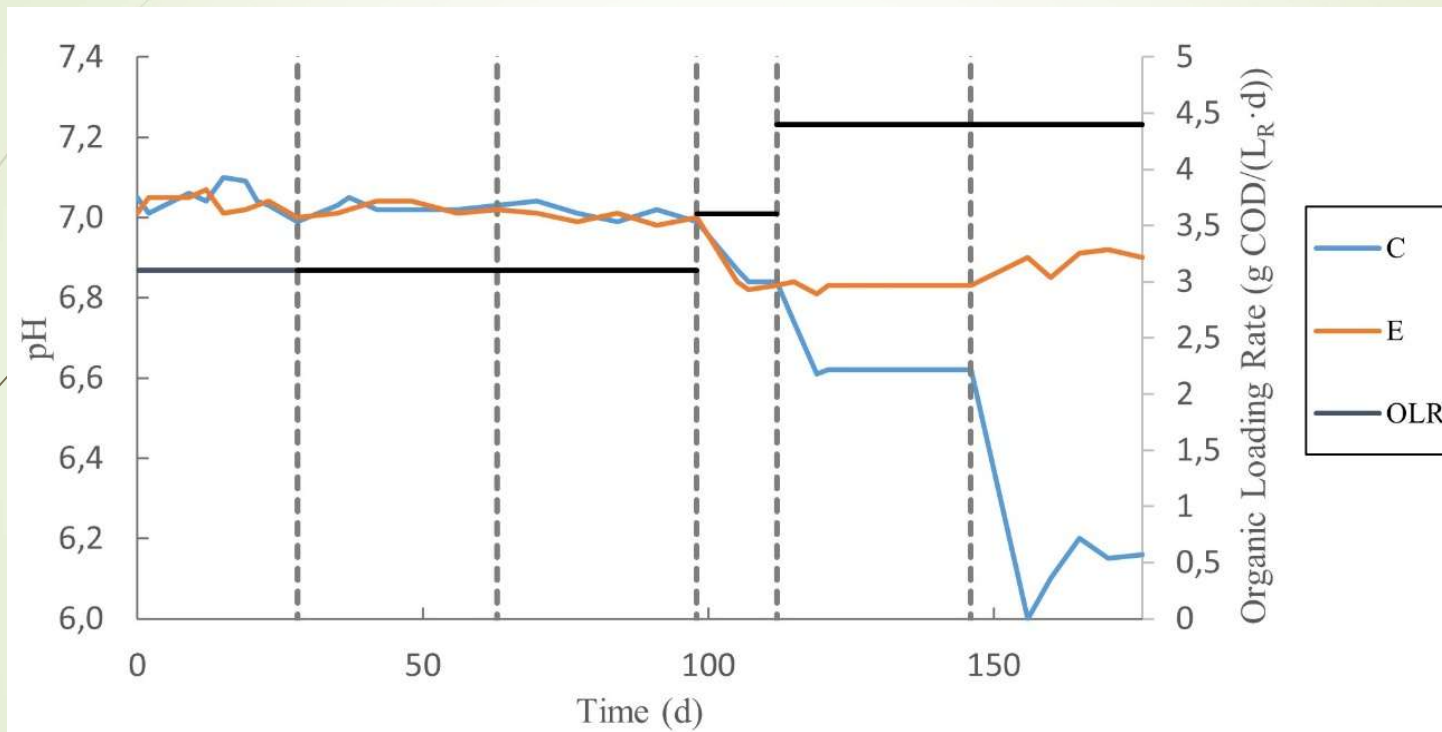
Počáteční fáze – oba reaktory adaptované na stejné podmínky – stabilní provoz
Vstupy – primární a zahuštěný přebytečný aktivovaný kal z ČOV

Produkce bioplynu



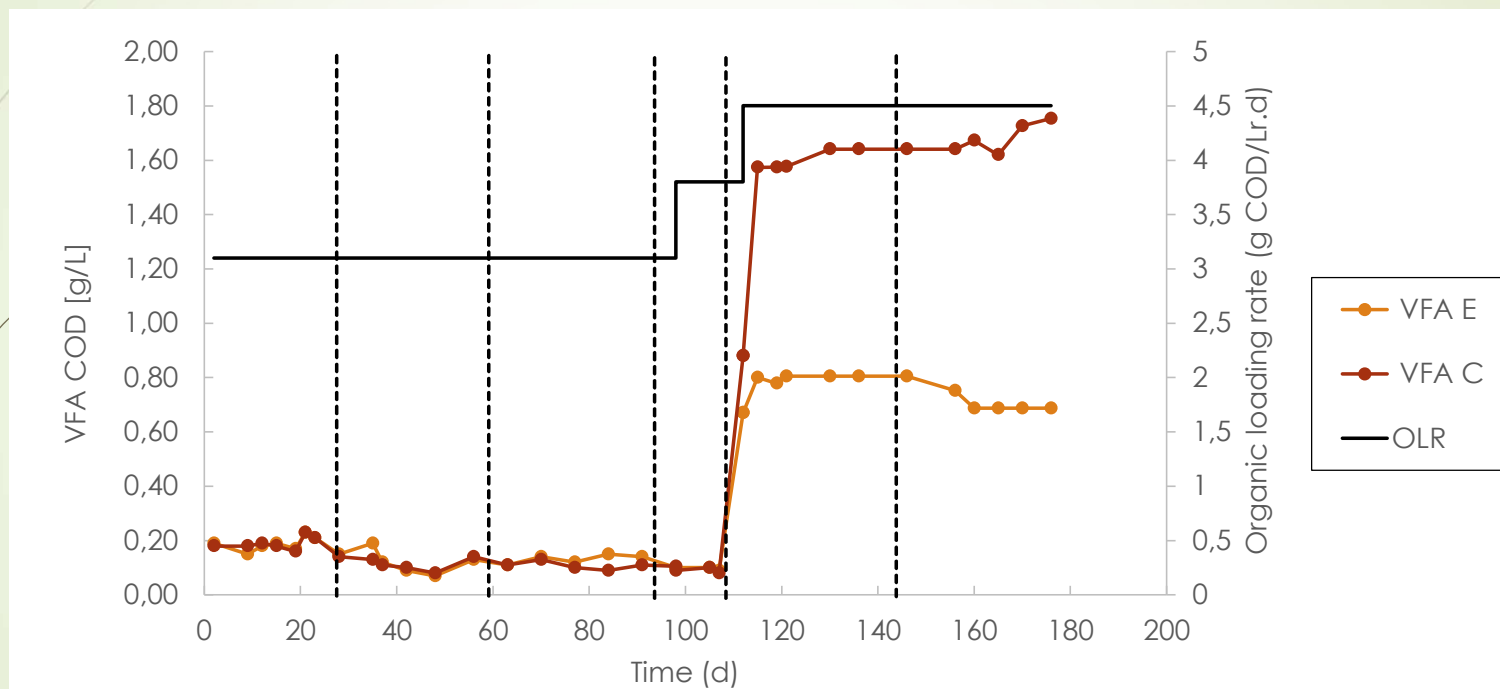
Zvýšená produkce bioplynu u reaktoru se sludgecharem při vyšším zatížení

Průběh pH



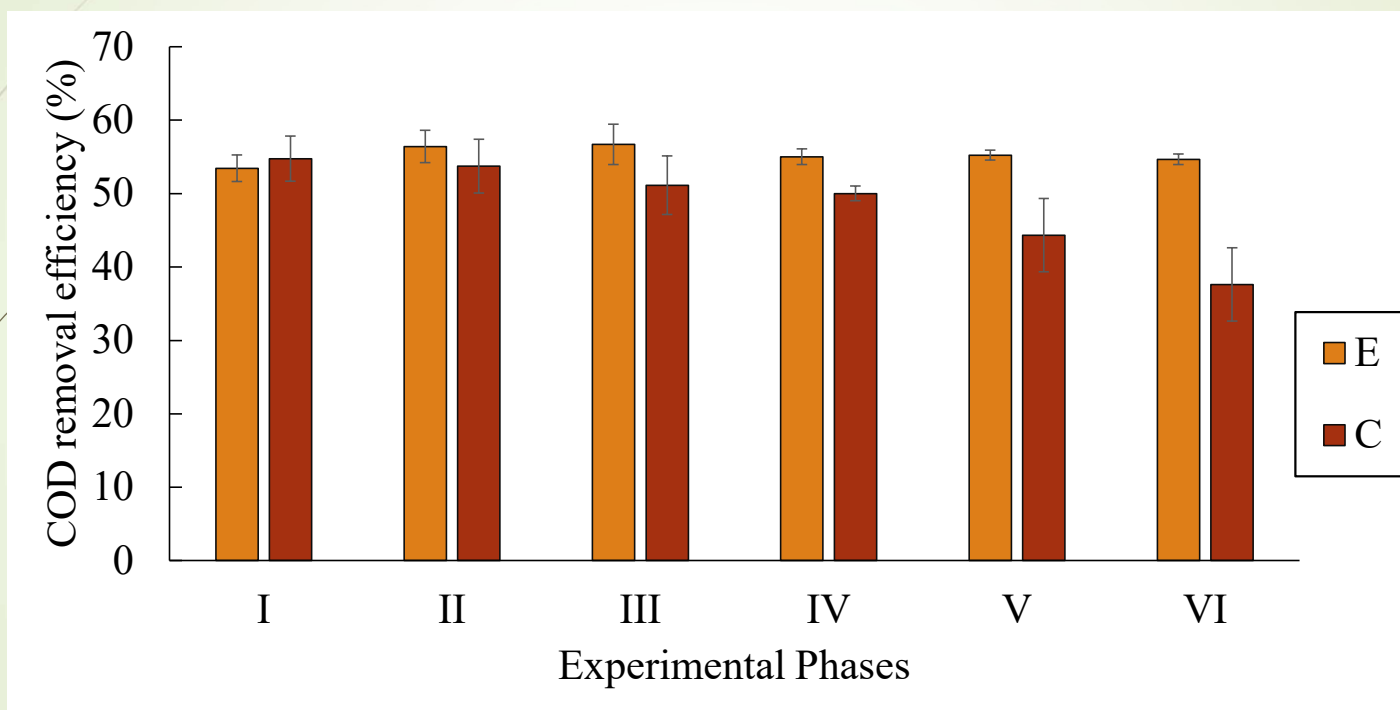
Pokles pH v kontrolním reaktoru při vyšších zatíženích

Produkce mastných kyselin



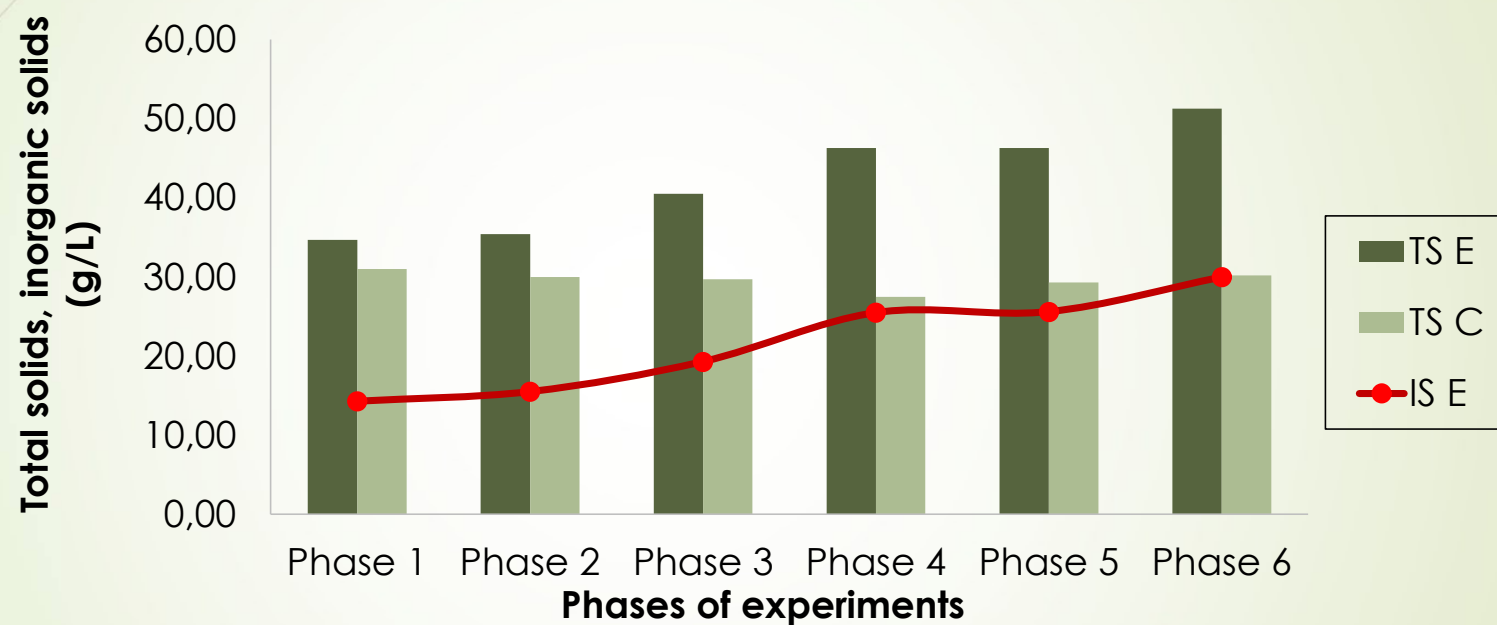
Výrazně vyšší koncentrace mastných kyselin v kontrolním reaktoru

Účinnost odstranění CHSK



Snižování účinnosti v kontrolním reaktoru při vyšších zatíženích
Stabilní účinnost při dávkování sludgecharu

Složení kalu v reaktorech



Výrazné zvýšení anorganické složky ve fermentačním kalu se sludgecharem

Závěry z experimentů

Provedené kontinuální experimenty s anaerobní fermentací čistírenského kalu potvrdily, že **přidání biocharu vyrobeného ze samotného stabilizovaného kalu je schopno usnadnit provoz při vyšším zatížení**, které by bez jeho přidání způsobilo kolaps procesu.

Zvýšení produkce bioplynu v experimentálním fermentoru v etapě 2 bylo **8,1 %**, v etapě 4 dosáhlo **20,9 %** proti kontrolnímu fermentoru, obsah **CH₄** stejný **63 %**.

Kontinuální přidávání sludgecharu do anaerobního fermentoru **zvýší produkci bioplynu**, ale také **zvyšuje anorganický podíl v kalu** a tím jeho koncentraci, což může působit problémy provozu.



Biochar z pyrolýzy čistírenského kalu (**sludgechar**) má některé specifické vlastnosti, jako je **menší specifický povrch a vyšší podíl anorganické složky**, které **limitují jeho využití pro zvýšení produkce bioplynu při kontinuálním dávkování.**

Uhlíková složka sludgecharu působí stimulačně, doprovodná **anorganická složka** nemá negativní účinky na produkci ani kvalitu bioplynu, působí jako inert a **imobilizuje těžké kovy**, obsahuje nově vytvořené **stabilní krystalické fáze.**

Výsledek našich experimentů – sludgechar není vhodný pro kontinuální přidávání do fermentoru, ale **zásoba sludgecharu** jako záloha pro **rychlé řešení** náhlého **problematického stavu fermentoru** je vhodné řešení pro jeho použití

Diskuse dalších možností

Biochar z pyrolýzy **různých typů biomasy** s vysokým podílem organické složky mají mnoho pozitivních vlastností, které mají **příznivý vliv na průběh anaerobní fermentace a na produkci bioplynu**, zatím je ale **nedostatek důkazů** účinku dlouhodobého kontinuálního přidavku. **Kontinuální přidávání** biocharu s vysokým obsahem uhlíku by mělo být funkční, ale **ekonomicky nemusí být výhodné**.

Důležité jsou sorpční schopnosti sludgecharu – možnosti jeho využití pro odstraňování NH_4^+ a P z kalové vody po odvodnění kalu (až 86 % dusíku odstr.), což odlehčí vodní linku.

Sorbent pro organické mikropolutanty, patogeny, ARG, barviva, těžké kovy
Selektivní sorpce CO_2 z bioplynu (po chemické aktivaci)

Možnosti zlepšení vlastností sludgecharu pro širší použití

Zvýšení uhlíkové složky sludgecharu – **kopyrolýzou** s materiály organické povahy (lignocelulózové odpady)

Různé úpravy sludgecharu

- aktivace varem s vodou, propláchnutí a vysušení
- aktivace s CO₂ (zahřívání na 750 °C v atmosféře CO₂)
- chemická modifikace s MgCl₂, KOH
- dopování kovy (Fe, Mn, Co, Cu) pro katalytické účinky
- impregnace železem zvyšuje magnetické vlastnosti – aplikace v oxidačních procesech

Biochar i sludgechar mají určitě velký potenciál pro využití v ČOV i jinde



Děkuji za pozornost