

Termochemické zpracování čistírenských kalů

Miroslav Kos

Racionální zpracování čistírenských kalů je již delší dobu jedním z mnoha kontroverzních ekologických problémů. Procesy biologického čištění odpadních vod zajišťují transformaci znečišťujících látek na biomasu aktivovaného kalu či na jiné chemické látky, a to za současného působení sorpčních procesů. Dochází tak ke zkonzentrování znečištění do čistírenských kalů (směs primárního a přebytečného kalu). Na kaly se na čistírně odpadních vod v prvé řadě pohlíží jako na možný energetický zdroj (díky anaerobní stabilizaci s produkci energeticky využívaného bioplynu), následně pak jako na odpadní produkt čistírenského procesu. Anaerobně stabilizovaného kalu je možné se zbavit při splnění určitých kvalitativních požadavků a případné úpravy (hygienizace) aplikací na půdu (přímo i nepřímo např. přes kompost), uložením na skládku (kaly se musí před uložením na skládku tepelně nebo mechanicko-biologicky zpracovávat, ale obvykle se to dělá jako součást institutů jako je technologické zabezpečení skládek, využití odpadu na rekultivaci skládek) nebo přímo či po sušení spalováním nebo spoluspalováním. Zpracování kalů musí, podobně jako čištění odpadních vod, naplňovat celou řadu stále zpřísňovaných pravidel a limitů.

Je potřeba si uvědomit, co je ve formě odvodněného anaerobně zpracovaného (stabilizovaného) čistírenského kalu odvázeno z ČOV [1]. Tak především přibližně 50 % původního množství organického podílu kalu před anaerobní stabilizací, okolo 2 % fosforu v sušině vyhnilého kalu, celá řada škodlivin (polulantů), z nichž některé jsou legislativně limitovány (např. patogenní mikroorganismy, kovy, perzistentní organické látky) a některé jsou zatím bez stanovených limitů (endokrinní disruptory – látky s endokrinními účinky – dále také jako LEU, rezidua léčiv a kosmetických prostředků). Zpracování čistírenských kalů bude vystaveno stále přísnějším standardům pro životní prostředí a jednoznačně se jeví, že dnes používané (i zneužívané) postupy pro finální zpracování kalů budou omezovány legislativou a stanoviskem veřejnosti.

Odpadová politika EU potlačuje ukládání odpadů a podporuje zabránění vzniku odpadů, jejich minimalizaci a recyklaci. Ukládání kalů na

skládky (a to i ve formě technických vrstev či tzv. rekultivací skládek), které je pro některé kaly v Evropě hlavním výstupem, je obecně považováno za neudržitelné. A tak zbyvající možnosti jsou recyklace a destrukční metody. Možnosti recyklace zahrnují použití na půdu jako organické hnojivo nebo pro vylepšení kvality zemědělské půdy a pro rekultivace. Ale i tyto metody již některé státy považují za neudržitelné s ohledem na mikropolanty a velmi závažná zjištění o jejich vlivu na živočichy i člověka. Je evidentní, že prostor pro uplatnění kalů v zemědělství se v blízkém výhledu významně zúží. Zajímavý je často výrazně odlišný přístup k hodnocení rizik spojených se zemědělským využitím kalů v různých částech světa. Na jedné straně některé evropské země dovádě do extrému princip předběžné opatrnosti a již zakazují jakoukoli aplikaci kalů v zemědělství.

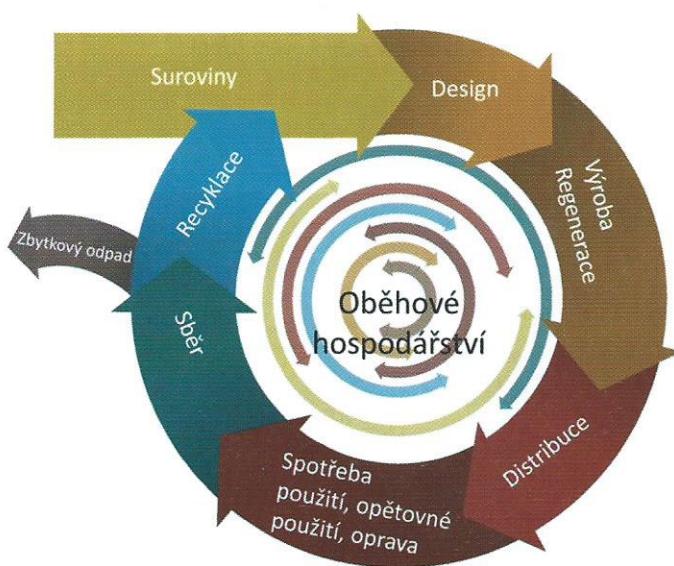
I proto se do popředí zájmu dostávají destrukční technologie a z nich v poslední době (usuzujeme podle investic do výzkumu a vývoje) nejčastěji termolytické procesy jako torefakce, různě rychlé druhy pyrolyzy a zplyňování. Proč tomu tak je? Při posuzování využitelných procesů pro likvidaci kalů z technické a ekonomické stránky se postupně více akcentují energetické aspekty v nejširším pohledu spolu s emisemi skleníkových plynů, dále pak zdravotní pohled na proces finální likvidace, akceptabilitnost veřejnosti, minimalizace zápachů a další dříve opomíjené aspekty. Produkty termolyzy lze totiž využít jako nové zdroje obnovitelných energií (paliva druhé generace), chemikálií, současně nepřispívají ke globálnímu oteplování (možnost negativního uhlíkového cyklu, kdy uhlík je odnímán z jeho cyklu a je ukládán na půdu, tzv. sekvestrace). Současně plně zabezpečují hygienizaci a lze jimi produkovat materiály jednodušeji využitelné opět jako hnojiva, ale již bezpečnější z pohledu některých organických mikropolantů. Pochopitelně se nejedná jen o pracování kalů z čistíren odpadních vod, ale především o zpracování separovaných složek městských odpadů nebo společné zpracování více různých materiálových vstupů do procesu termolyzy.

O čem víme a zatím neřešíme

Řada látek kontaminujících vodní prostředí vykazuje potenciál negativně ovlivňovat funkce a pohlavní vývoj organismů imitováním či antagonismem efektů hormonů nebo narušovat mechanismy jejich přírodní syntézy. V poslední době se v popředí zájmu ocitly látky s endokrinními účinky, které představují širokou skupinu chemických látek, které negativně ovlivňují endokrinní systém a tímto způsobem mohou mít negativní dopad zejména na vodní organismy (ryby) a rovněž na lidské zdraví [2].

Jedním ze skupinových zdrojů je hormonální antikoncepcie, obsahující např. 17 β -estradiol (E2) a 17 α -ethinylestradiol (EE2). Zatímco E2 je odstraňován aktivačním procesem, je EE2 spíše modifikován aktivačním procesem čištění odpadních vod a převážně sorbován na přebytečný aktivovaný kal. Je tak obsažen jak v odtoku z ČOV, tak i koncentrován v kaledech vstupujících do anaerobní stabilizace kalů. EE2 je podle celé řady publikací za anaerobních podmínek jen velmi omezeně degradován [3].

Látky s endokrinními účinky, mezi které se zahrnují nejen látky používané pro hormonální antikoncepci, ale i třeba složky umělých hmot, obalů, náterů, postříků proti hmyzu a plevelům (např. bisfenoly), jsou velmi závažným problémem. V důsledku jejich působení má organismus nejrůznější vývojové defekty, má modifikované rozmnožování a trpí některými vadami z hlediska nemocí. Ne všechny chemikálie s funkcí projevující se jako LEU jsou plně odhaleny. Látky s endokrinními účinky se obává málokdo, protože o jejich účincích laická veřejnost mnoho netuší. Ale aktivity na jejich omezování byly již zahájeny a na úrovni EU má být dokonce roku 2015 rozhodnuto, jak se k tomuto závažnému problému přistoupí. Např. pro EE2 byla navržena EU norma, limitující jeho koncen-



Obr. 1: Schéma oběhového hospodářství (převzato z [2])

Tabulka 1: Palivo energetické vlastnosti čistírenských kalů [10]

Vlastnost, veličina	Jednotka	Praha	Plzeň	Brno
hořlavina, h	hm. %	50,6	49,0	55,4
popel, A	hm. %	49,4	51,0	44,6
prchavá hořlavina, V	hm. %	45,9	41,9	48,3
fixní uhlík, FC	hm. %	4,68	7,10	7,04
spalné teplo, HHV	MJ/kg	11,5	10,7	12,8
výřevnost, LHV	MJ/kg	10,6	9,9	11,8
C	hm. %	26,3	24,6	28,9
H	hm. %	4,03	3,94	4,39
N	hm. %	3,06	3,09	4,10
O	hm. %	16,2	16,2	17,1
S _{celk}	hm. %	1,02	1,16	0,900
S _{spal}	hm. %	0,961	1,04	0,797
Cl	mg/kg	352	336	433
F	mg/kg	218	217	255

traci v odtoku z ČOV 0,035 nanogramu na litr [4]. Jedním z důvodů je prokázaný přímý vliv na ryby. Vyčíslené náklady na zajištění kvality vyčistěných odpadních vod (ozonizace, aktivní uhlí) z hlediska LEU jsou předmětem úvah. Pokud jde o kaly, tak některé evropské státy již přistoupily na principu předběžné prevence k omezení využívání kalů v zemědělství právě kvůli LEU, ale i jiným chemikáliím pocházejícím z léků [5]. Přitom nízkozatěžovaný aktivační proces jich celou řadu je schopen velmi účinně odstranit, ale problémem je, že i velmi nízké koncentrace působí negativně na vodní živočichy.

Směrem k oběhovému hospodářství: program nulového odpadu pro Evropu

V roce 2014 přijala EU strategickou koncepci, která se týká budoucnosti odpadů v EU [6]. Reaguje na skutečnost, že poptávka po omezených a někdy velmi vzácných zdrojích bude nadále stoupat, přičemž tlak na zdroje způsobuje zhoršování životního prostředí a jeho větší zranitelnost. Smyslem je přejít na tzv. Circular economy (oběhové hospodářství), a to velmi rychle a striktně, přičemž celková strategie bude schválena do konce roku 2015 (http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm). Koncepcionální schéma na obr. 1 znázorňuje zjednodušeně hlavní fáze modelu oběhového hospodářství, přičemž každá z nich představuje příležitosti v oblasti snižování nákladů a závislosti na přírodních zdrojích, dále v oblasti stimulace růstu a tvorby pracovních míst, jakož i omezení odpadu a emisí poškozujících životní prostředí. Tyto fáze jsou vzájemně propojeny, jelikož materiály lze použít kaskádovitě. Cílem je minimalizovat objem zdrojů, které tento oběh opouštějí, a zajistit tak optimální fungování celého systému. Při prvním čtení záměru lze konstatovat, že většina opatření se dotýká i oblasti čistírenských kalů:

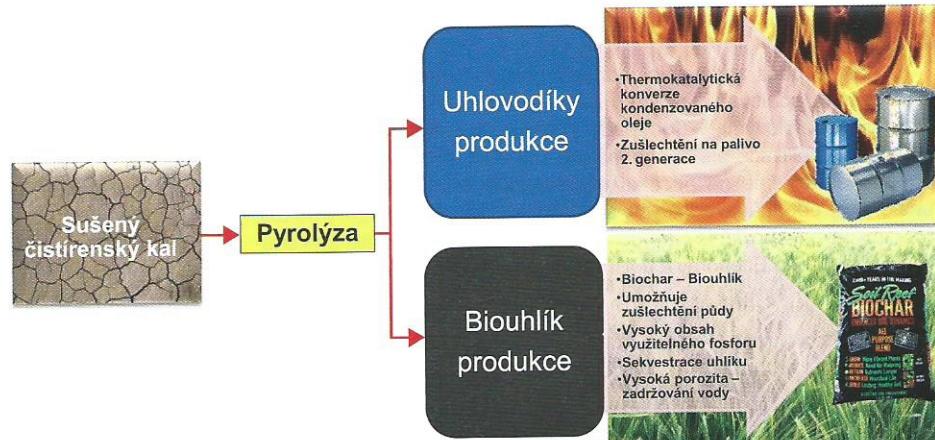
- Komise bude analyzovat případy významných selhání trhu a správy věcí veřejných (zmiňuje se i oblast netransparentního nakládání s čistírenskými kaly v řadě zemí).
- Komise bude začleňovat priority oběhového hospodářství mezi oblasti financované z EU a motivovat členské státy k tomu, aby doступné finanční prostředky EU využívaly v programech a projektech zaměřených na oběhové hospodářství, zejména prostřednictvím evropských strukturálních a investičních fondů.
- Skládkování veškerého recyklovatelného odpadu se má zcela eliminovat do roku 2025.
- Komise se zasadí do roku 2025 o zákaz skládkování recyklovatelných plastů, kovů, skla, papíru, lepenky a biologicky rozložitelného odpadu, přičemž by se členské státy měly snažit skládky do roku 2030 prakticky odstranit (pro čistírenské kaly zmíří možnost uplatnění na rekultivace skládek).
- Skládkování nebo samostatné spalování odpadu by nemělo být podporováno (tedy „stop“ pro spalování kalů, tedy cesta nepovede).
- Komise se zasadí o přísnění všech norem tak, aby se zabránilo poškozování životního prostředí a minimalizoval se tímto způsobem zbytkový odpad (lze očekávat limity pro další kontaminanty v kalech).
- Komise chce zavést každoroční podávání zpráv prostřednictvím jediného kontaktního místa pro všechny údaje o odpadech a zajistit, aby byly statistiky týkající se odpadů v souladu s požadavky právních předpisů EU o odpadech a aby byly vnitrostátní metodiky srovnávány se statistickými normami (odstranit současný chaos v bilancích odpadů).
- Zvažuje vytvořit politický rámec týkající se fosforu v zájmu zvýšení jeho recyklace, na podporu inovací recyklace P, zlepšení tržních podmínek a začlenění jeho udržitelného využívání, a to formou nových právních předpisů EU týkajících se hnojiv, potravin, vody a odpadu (na fosfor v čistírenských kalech se zaměřuje nyní celá řada výzkumných projektů EU). Proč fosfor? Těžitelné zásoby dojdou

kolem roku 2050, nevyváženosť zdroje x spotřeba již nastane kolem roku 2025 [7]. Vedle toho odpadní voda v zemích EU např. roce 2011 obsahovaly 1,14 mil. t P₂O₅, což představuje 34 % z dovozu do EU, který činil 3,4 mil. t P₂O₅.

Jak dále?

Je evidentní, že jako členský stát EU budeme postupně následovat schválené koncepcionální záměry. Ani v záplavě odborných informací o negativním vlivu látek s endokrinními účinky na stav našeho zdraví není třeba propadat zděšení, ale ani bohorovný klid není na místě. Je potřeba omezit jejich užívání (nadužívání) a jejich šíření do životního prostředí. Jednou z možností je znovu uvážit i např. pro a proti nepřímému využívání čistírenských kalů v potravinovém řetězci, kde se nachází v koncentrované formě a v široké škále. Jinou cestou je likvidace těchto látek při zpracování kalů, resp. transformace kalů do takového stavu, který by umožnil jejich bezpečné využití. Okolo čistírenských kalů budou rozvíjeny snahy transformovat fosfor a uhlík do takové podoby, kdy mohou přispívat ke zlepšení kvality půd. Mimochodem fosfor aplikovaný na půdu se uvolňuje postupně a je rovněž prokázáno, že dochází ke zvýšenému zadřžování vody v půdě! Jednou z možností chytré transformace fosforu a uhlíku pro agrochemické účely je použití technologií termochemického zpracování, které se ke zpracování čistírenských kalů doposud používají velmi omezeně. Aktuálně probíhá intenzivní výzkum a jsou ověřovány první provozní aplikace v rámci filosofie cirkulační ekonomiky.

EUREAU ve svém pozicičním dokumentu v roce 2012 vyjádřila názor, že v rámci strategie EU o odpadech a rámcové směrnice o odpadech se sice diskutuje princip „End-of-waste“, ale na čistírenský kal, pokud splní kvalitativní kritéria, musí být pohlíženo jako na užitečné hnojivo. Nyní se však zdá, že řada států preferuje již princip předběžné opatrnosti než posuzování podle konečné kvality výrobku (hnojiva, kompostu) a zakazuje problematické vstupní materiály jako kal.



Obr. 2: Schematické zpracování čistírenských kalů pyrolýzou na produkty



Obr. 3: Pyrolýzní jednotka M3RP (poskytnuto Thersion a. s.)

Jako obor jsme se z hlediska zpracování kalů zakopali a uzavřeli. I proto, že v českém prostředí existují možnosti řešit odpady jinak než moderními technologiemi, více méně mimo kontrolu (viz např. Jarolímová, SOVAK č. 7–8, 2015). Umožňuje to také instituty jako je technologické zabezpečení skládek, využití odpadu na rekultivaci skládek, využití odpadu na povrchu terénu.

Původní idea promítnutá do vyhlášky č. 382/2001 Sb., vycházela z předávání kalů od provozovatele ČOV přímo zemědělcům a postup podle schváleného programu použití kalů z ČOV aplikování na zemědělskou půdu. Základem je kontrola kvality (odpovídající kritériím stanoveným ve vyhlášce) a aplikace takovým způsobem, aby nedošlo k nadmernému zatížení půdy. Dnes je realitou předávání kalů tzv. oprávněným osobám k nakládání s odpady (odpadové společnosti), obvykle provozujícím tzv. mobilní zařízení k nakládání s odpady, ale i skládky. Cesta a kvalita kalů se stává díky dalšímu „zpracování“ netransparentní, dochází k mísení kalů, předávání jiným subjektům, velkoobjemovému skladování před aplikací na půdu či skládku. Neřešen je problém sezónní aplikace na půdu ve vztahu ke skladovací kapacitě. Druhá cesta kalů na půdu vede přes jejich zpracování do kompostu. Udržení vhodných materiálových vstupů je denní provozní rébus kompostáren. I zde je cesta, jak obejít legislativu týkající se aplikace kalů na zemědělský půdní fond. Podle mého názoru tak existují obrovské možnosti, jak lze s odpady prakticky bez velké kontroly nakládat. Obě cesty tak nejsou zcela pod kontrolou, podobně jako biodegradace u komunálních odpadů.

Řešení problematiky čistírenských kalů je a bude úzce spojeno s přístupem ke zpracování odpadů v ČR obecně. Aplikace na půdu a skladování kalů (odpadů) je stále nejlevnější způsob zneškodnění kalů z ČOV. Pod ekonomickým tlakem tak rezignujeme na řešení rizik vyplývajících ze složení kalů, ale i na možnosti materiálového a energetického využití. Pokud chceme nastartovat trh s moderními technologiemi využití kalů (odpadů), musíme udělat ekonomická opatření jako zvýšit poplatky na skládkách a zabránit aplikaci na půdu ve formě (díky škodlivým látkám), která poškozuje lidské zdraví a životní prostředí. Ostatně nás k tomu postupně donutí (a současně budou stimulovat) i záměry cirkulační ekonomiky EU.

U nás je obor zpracování odpadů bohužel vnímám jako souboj skladování a spalování. Tak tomu ale není. Nastává souboj tradičních cest odpadů s novými, kdy odpady již nejsou vnímány jako materiál určený ke stabilizaci, ale k materiálové transformaci. Je vysoce pravděpodobné, že jsme na počátku éry revoluce zdrojů [8]. Materiálové transformaci odpadů se dostává v současnosti mohutné podpory od EU, programy jako Renewable Carbon Sources processing to fuels and chemicals, Bio-Based Economy a další jsou toho dokladem. Je potřeba zmí-

nit, že v této aplikačních koncepcích nejsou spalovny ani v jednom případě nějakým stavebním prvkem, naopak termochemické procesy jako pyrolyza a zplyňování se vyskytují jako základ rozhodujících EU iniciativ.

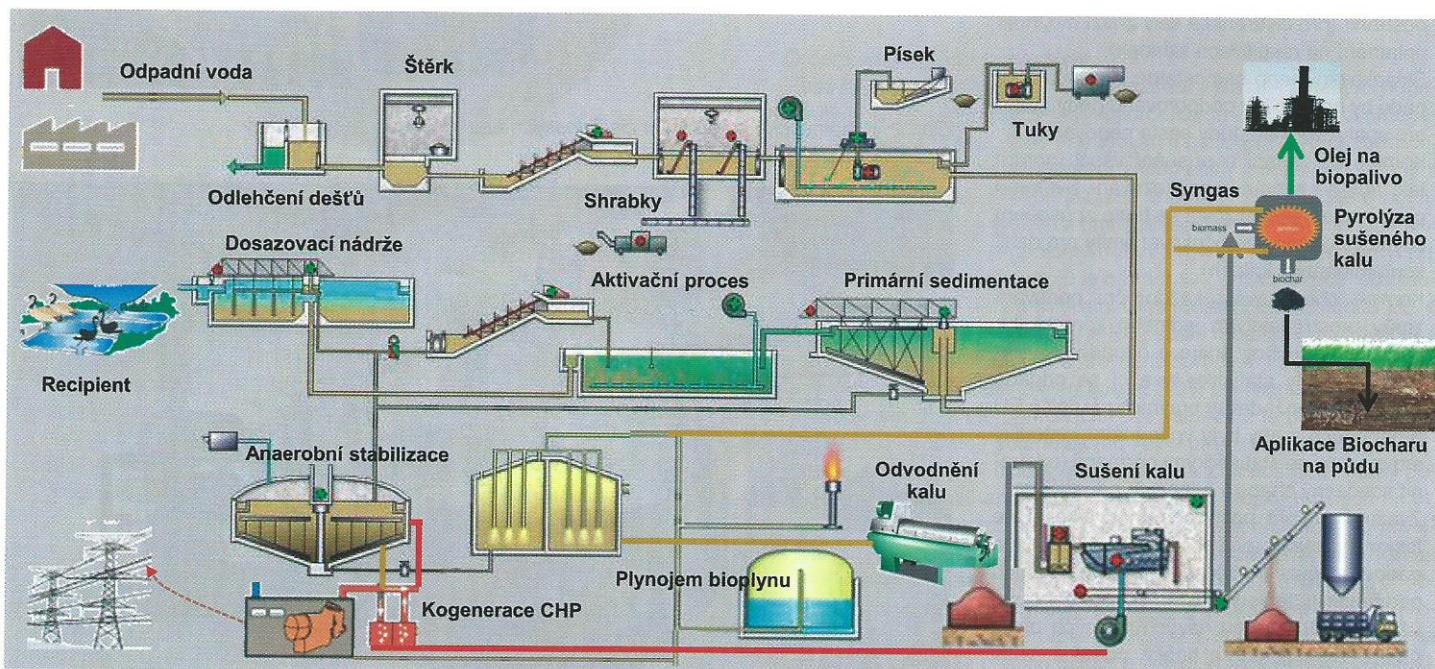
Proč termochemické procesy

Termochemickými procesy (pyrolyza, zplyňování) můžeme transformovat biomasu a organické látky na dále zhodnotitelné chemikálie a materiály. To plně platí i pro případ čistírenských kalů. Všechny koprodukty jsou využitelné, můžeme pomocí různých technologií pyrolyzy a provozních parametrů nastavit produkci žádanějšího produktu a plně se přizpůsobit charakteru vstupující biomasy, na rozdíl od spalování není zde přímá produkce CO₂, produkty (bio-olej, biochar – preferuji toto označení, český ekvivalent „bio-uhlí“ či „biouhlík“ považuji za zavádějící) jsou skladovatelné, pyrolyzní jednotky jsou jednoduché a reálné i v malých velikostech. Termochemické procesy zajistí likvidaci LEU a dalších škodlivin. V případě použití biocharu na půdu dochází (pokud se takto rozhodne) k odejmutí uhlíku z cyklu (sekvestrace) a snižuje se zásadním způsobem uhlíková stopa.

Dopravnodné problémy využití termochemických procesů

Existuje ještě jeden zásadní problém: technologický „nah na bránu“ způsobil, že nejen u nás, ale i v EU vznikl prázdny prostor pro zabezpečení této aktivit v oblasti normalizace, legislativy, tržních nástrojů, politických koncepcí a finančních nástrojů. Ten se EU snaží rychle vykryt v rámci programů FP1 a Horizont 2020 sub-programy jako např. KBBPPS – Knowledge Based Bio-based Products, PreStandardization: Development of a standardization of biobased products, network management and dissemination, (08/2012–07/2015), InnProBio (Forum for Bio-Based Innovation in Public Procurement (03/2015–02/2018) a PyroWiki). V roce 2014 zahájil CEN finální práce na standardizaci specifických termochemických produktů a jejich využití [9]. Existují sice nezávislé certifikační autority jako např. pro biochar jsou to certifikace (standardizace) IBA (<http://www.biochar-international.org/certification>) a European Biochar Certificate (EBC) (<http://www.european-biochar.org/en>), pro bio-olej pak American Society for Testing and Materials (ASTM) – Burner fuel standard D7544 for Pyrolysis Liquid Biofuels, ale certifikace CEN sjednotí certifikaci v EU.

Rychlá pyrolyza např. u dřevní biomasy se blíží úplné zralosti. Řada komerčních instalací pro výrobu paliv druhé generace je právě uváděna do provozu, např. ve Finsku (Fortum Joensuu, <http://www.fortum.com/en/energy-production/fuels/bio-oil>) a v Nizozemsku (Empyro, <http://www.empyroproject.eu>), obdobně je tomu u třídených městských odpadů (např. pro Edmonton, <http://enerkem.com/facilities/enerkem-alberta>–



Obr. 4: Technologické schéma čistírny odpadních vod se zpracováním kalu na suroviny

biofuels). Sušené kaly díky obdobnému složení zde mohou být dalším vstupem. Spalovací zkoušky v průmyslovém měřítku prokazují možnost využití pyrolyzního bio-oleje (fast pyrolysis bio-oil, FPBO) k nahradě těžkého topného oleje např. při centrálním zásobování teplem, komerční kotle, neboť hořáky pro FPBO jsou k dispozici. Nejnadejnejší je ale další přepracování FPBO na paliva pro motory. FPBO je zcela odlišné od minerálních olejů, proto jsou zapotřebí nové standardy. Na ně pak logicky navazují standardy pro alternativní paliva.

Biochar a bio-olej jsou již komoditami, se kterými se běžně obchoduji. Jsou tedy vykupovány za tržní ceny a dále využívány [10]. Pro zajímavost průměrná cena biocharu v USA byla v roce 2013 cca 2 500 US\$/t (pozor, cena závisí na kvalitě), pro bio-olej na projekt Empyro počítá se cenou 300 €/t (18–20 €/GJ).

Pyrolyza kalů na ČOV

Proces pyrolyzy (nebo zplyňování) je dlouhodobě lákavým řešením pro čistírenské kaly, ale zatím se proti zemědělskému využití a skládkování neprosadil. Novým impulsem jsou poznatky z možného přímého využití fosforu a uhlíku z biocharu pro zvýšení kvality půd, výsledky výzkumu a aplikace produkce alternativních paliv druhé generace z bio-oleje a obavy z reziduů obsažených v kalech (obr. 2). Podmínkami provozu pyrolyzy lze upravovat poměry mezi hlavními složkami, zjednodušeně při pyrolyze primárně vzniká uhlíkatý zbytek (biochar) a těkavé plyny, jejich kondenzací pak vzniká bio-olej a zůstává nekondenzovaná část plynu. Existuje celá řada výrobců kompaktních pyrolyzních jednotek vhodných pro zpracování sušených kalů (obr. 3). S čistírenskými kaly jsme provedli s partnery testy a výsledky jsou skutečně motivující, proto se Sweco Hydroprojekt na tuto problematiku zaměřuje, navíc máme možnost využívat výsledků skupiny Sweco z aplikací v severských zemích.

Oproti jiným druhům biomasy (štěpka, odpadní plasty) se však čistírenské kaly zatím nestaly komoditou a stále se za jejich likvidaci platí a bude platit. Proto pohled na ekonomiku využití čistírenských kalů bude ještě dlouho jiný než u jiných typů biomasy. Čistírenský kal je však biomasou se zcela ojedinělými podmínkami pro uplatnění:

- Vzniká každý den, bez ohledu na roční období.
- Má prakticky konstantní (na příslušné lokalitě) kvalitu a významný energetický potenciál [11], viz tabulka 1.
- Obsah fosforu v popelu je cca 6–8 % hmotnosti.
- Nevyžaduje dopravní náklady, vzniká koncentrovaně na jednom místě.

Rovněž podmínky pro aplikaci termochemického zpracování přímo na střední a velké ČOV jsou zcela ojedinělé:

- Je zde k dispozici infrastruktura ČOV, kterou lze využít a termochemické procesy spolu se sušením kalů do ní implementovat a tím významně snížit investiční náklady.
- Plyny lze zavádět do cirkulace bioplynu, a tak zajistit jednoduché čištění nekondenzovatelné části pyrolyzních plynů, směs s bioplynem je pro energetické využití vhodnější než samotný plyn.
- Odpadní teplo z kogenerací a pyrolyzy lze využít k sušení kalů a vytápění využívacích nádrží.
- Odpadní vody vzniklé při čištění bio-oleje lze na ČOV čistit ve vodní linii ČOV.

Celkové schéma takto řešené ČOV je na obr. 4. Co však zatím na většině českých ČOV chybí, je sušení kalu. Je to však první nezbytný krok, který musí být učiněn. Efektivní využití tepla z kogenerace je cestou, kdy se v nízkoteplotních sušárnách lze zbavit vody, a tak otevřít celou řadu možností pro čistírenský kal jako surovinu. Pokud se sušení kalu realizuje v kombinaci s využitím biocharu a plynu při pyrolyze, lze ze značné části energeticky zajistit oba procesy rekuperací z energie obsažené v čistírenském kalu. První vlaštovku nízkoteplotního sušení kalu představuje např. probíhající realizace sušárny na ČOV Karlovy Vary.

Souhrn

Čistírenské kaly budou velmi zajímavou komoditou v rámci filosofie oběhového hospodářství. Důvodů bude vícero, ať už jen princip předběžné opatrnosti z hlediska nově rozehnaných kontaminantů při aplikaci na půdu, nebo opatření EU kolem hospodaření s odpady, či vytvoření trhu s komoditami, na který čistírenský kal může vstoupit při pracování termochemickými procesy umožňující produkci složek využitelných při výrobě paliv druhé generace nebo biocharu jako komponenty hnojiv či pro přímou aplikaci z důvodu vysokého obsahu fosforu. Sekvestrací

biocharu může také velmi pozitivně ovlivňovat globální oteplování a získat ekonomické efekty na trhu emisních povolenek.

Všechna tato řešení jsou již dnes podporována v rámci Operačního programu Životní prostředí 2014–2020 v prioritní ose 3: Odpady a materiálové toky, ekologické zátěže a rizika v rámci specifického cíle: 3.2 Zvýšit podíl materiálového a energetického využití odpadů.

Literatura

1. Dohányos M. Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů, dostupné na <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu, 2006>.
2. Petrović M, Perez S, Barcelo D. Analysis, Removal, Effects and Risk of Pharmaceuticals in the Water Cycle, Elsevier B.V., 2013.
3. Zhangab Z, Gaoa P, Sua H, Zhanb P, Rena N, Fenga Y. Anaerobic biodegradation characteristics of estrone, estradiol, and 17 α -ethynestradiol in activated sludge batch tests, Desalination and Water Treatment, 2015; 53(4):985–993.
4. Draft report on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy (17. 7. 2012).
5. Good practices in sludge management (2012) Project on Urban Reduction of Eutrophication (PURE), c/o Union of the Baltic Cities Environment Commission, FIN-20500 Turku, Finland.
6. Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and Committee of the Regions, COM/2014/0398 (česky na [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0398R\(01\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0398R(01)&from=EN)).
7. Risks and Opportunities in the Global Phosphate Rock Market, The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS), Rapport No 17, 2012.
8. Horská Z. Odpady nejsou sexy, časopis Dotyk – Byznys, 2015;30.
9. Oasmaa A, van de Beld B, Saari P, Elliott DC, Solantausta Y. Norms, Standards, and Legislation for Fast Pyrolysis Bio-oils from Lignocellulosic Biomass, Energy Fuels, 2015;29(4):2471–2484.
10. Jirka S, Tomlinson T. 2013 State of the Biochar Industry, International Biochar Initiative, dostupné na <http://www.biochar-international.org/biochar>, 2014.
11. Pohořelý a kol. Palivo-energetické vlastnosti stabilizovaných čistírenských kalů, Týden výzkumu a inovací pro praxi (TVIP 2015), Hustopeče 18.–20. 3. 2015

Poznámka autora:

Dne 2. 12. 2015 vydala EU první akční balíček k oběhovému hospodářství, který obsahuje akční plán "Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy" a další dokumenty včetně návrhů nových směrnic. Dostupné na <http://ec.europa.eu/priorities/jobs-growth-investment/circular-economy/>.

Ing. Miroslav Kos, CSc., MBA
Sweco Hydroprojekt a. s.
e-mail: miroslav.kos@icloud.com

