

# Zkušenosti s pyrolýzou čistírenských kalů na ČOV Trutnov

Ing. Jaroslav Fuka



---

HYDROSYSTÉMY

## VÝCHOZÍ SITUACE

- **LEGISLATIVA** EVROPSKÁ  
ČESKÁ
- **EKONOMIKA** NAKLÁDÁNÍ S ODPADEM  
SOBĚSTAČNOST  
NEZÁVISLOST
- **EKOLOGIE** GREEN DEAL  
NET
- **ODPOVĚDNOST** CIRKULÁRNÍ EKONOMIKA

## LEGISLATIVNÍ RÁMEC

- Vyhláška 273/2021 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě = **HYGIENIZACE KALŮ**
- Zákon 541/2020 Sb. v platném znění = **DEFINICE ODPADU, SKLADOVÁNÍ, UKLÁDÁNÍ ODPADU. VYUŽITÍ ODPADU**
- Vyhláška 474/2000 Sb. – novelizace platnost od 1.10.2021 – o stanovení požadavků na hnojiva **HNOJIVA A POMOCNÉ PŮDNÍ LÁTKY**
- Nařízení Evropského parlamentu a rady 0084/2016 = **POTŘEBA RECYKLACE FOSFORU**
- Směrnice 86/278/EHS = **OBSAH TĚŽKÝCH KOVŮ, PATOGENŮ A ORGANICKÝCH POLUTANTŮ**
- Zákon 201/2012 Sb. a vyhláška 415/2012 Sb. = **EMISE**

ŘEŠENÍ:



Přeměna čistírenských  
kalů na  
**KARBONIZÁT / KARBOCHAR**  
= produkt POMOČNÁ PŮDNÍ  
LÁTKA s vysokým  
obsahem fosforu.

# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## VÝCHOZÍ PARAMETRY:

- ČOV: 52.000 EO  
(současné zatížení cca 45.000 EO)
- Množství odvodněného kalu:  
max. 2500 t/rok (23-25% sušiny)
- Odvodňování kalu: původně kalolis,  
nově odstředivka Andritz
- Produkce bioplynu:  
cca 1500 Nm<sup>3</sup> / den
- Zdroje tepelné energie:
  - Kogenerační jednotky Motorgas,  
průměr 202 kW
  - Plynový kotel 280 kW
  - Horkovod
  - PYREG



# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## PROJEKT PRO ÚZEMNÍ ŘÍZENÍ / STAVEBNÍ ROZHODNUTÍ:

- vypracování projektu ve stupni DÚR / DSP na základě výsledků studie v roce 2017.

### Technické řešení :

- Navrženo zpracování kalu sušením a následným zpracováním sušeného kalu pomocí pyrolýzy na karbonizát využitelný jako **hnojivo nebo pomocná půdní látka, případně jeho spalování nebo spalování usušeného kalu**
- Novou technologii se podařilo umístit do **stávající budovy odvodnění kalu**. Z tohoto důvodu bylo možné projednat rovnou stavební povolení **bez územního řízení**
- Linka je řešena jako kontinuální s automatickým řízením a sledováním, s periodickým provozem
- Bylo zpracováno oznámení záměru EIA. Výsledkem projednávání bylo platné stanovisko, že **není nutné provádět zjišťovací řízení**.
- Byl vypracován **Posudek ovzduší a rozptylová studie**. Krajský úřad, odbor životního prostředí, na základě tohoto posudku zařadil pyrolýzní jednotku podle přílohy č.2 zákona 201/2012 Sb. jako vyjmenovaný zdroj 2.1 - **Tepelné zpracování odpadů ve spalovnách**.
- Sušárna byla kolaudována jako součást vyjmenovaného zdroje 2.7 **ČOV nad 10 000 EO**
- Stavební povolení bylo vydáno v **únoru 2018**

PROJEKT:  
ČOV TRUTNOV  
BOHUSLAVICE –  
KALOVÁ  
KONCOVKA



# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## POPIS TECHNOLOGIE:

- odvodněný kal se sušinou cca 24 % je dopravován do násypky sušárny Eliquo NT16, pro případ odstávky sušárny je zřízen výpad odvodněného kalu přímo do kontejnerů.
- vytápění sušárny horkou vodou převážně z výměníku horké vody z horkovodu, případně v létě odpadním teplem z kogenerace a/nebo teplem z kotle na bioplyn. Dalším zdrojem teplé vody je odpadní teplo z pyrolyzéro, které zabezpečuje až 50 % potřebného tepla pro sušárnu
- rekuperační výměník vzduch/vzduch za sušárnou využívá teplotu odplynu cca 60 °C pro předehřívání čerstvého vzduchu nasávaného do sušárny z místnosti.
- za výměníkem je umístěna mokrá pračka vzduchu s kyselým praním, která odstraňuje především amoniak.
- sušený kal je šnekovým dopravníkem transportován do násypky pyrolyzéro PYREG P500 KSF.





# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## POPIS TECHNOLOGIE:

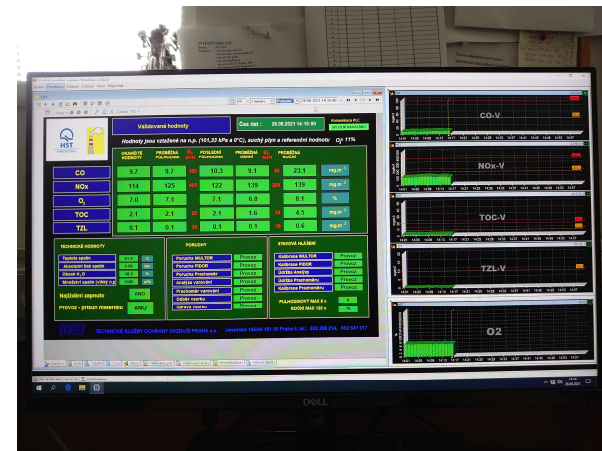
- Sušený kal vstupuje prostřednictvím lopatkového hermetického podavače do reaktorů pyrolýzní jednotky
- Reaktor je tvořen vnitřní a vnější částí:
  - ve vnitřní části je kal pomocí šnekového dopravníku posouván a tepelně rozkládán,
  - ve vnějším plášti proudí spaliny o teplotě 800–900°C, které zajišťují kritickou teplotu karbonizace (550 – 700°C) ve vnitřním prostoru reaktoru
- Při této teplotě karbonizace dochází k volatilizaci prchavých podílů hořlaviny a zbytkové vody a vzniká tzv. primární pyrolýzní plyn, který je spalován ve spalovací komoře FLOX®. Unikátním uspořádáním je docíleno, že pyrolýzní jednotka **nepotřebuje** ke své funkci další dodatečnou energii – vyjma elektrické energie pro pohon zařízení (cca 10 kW)

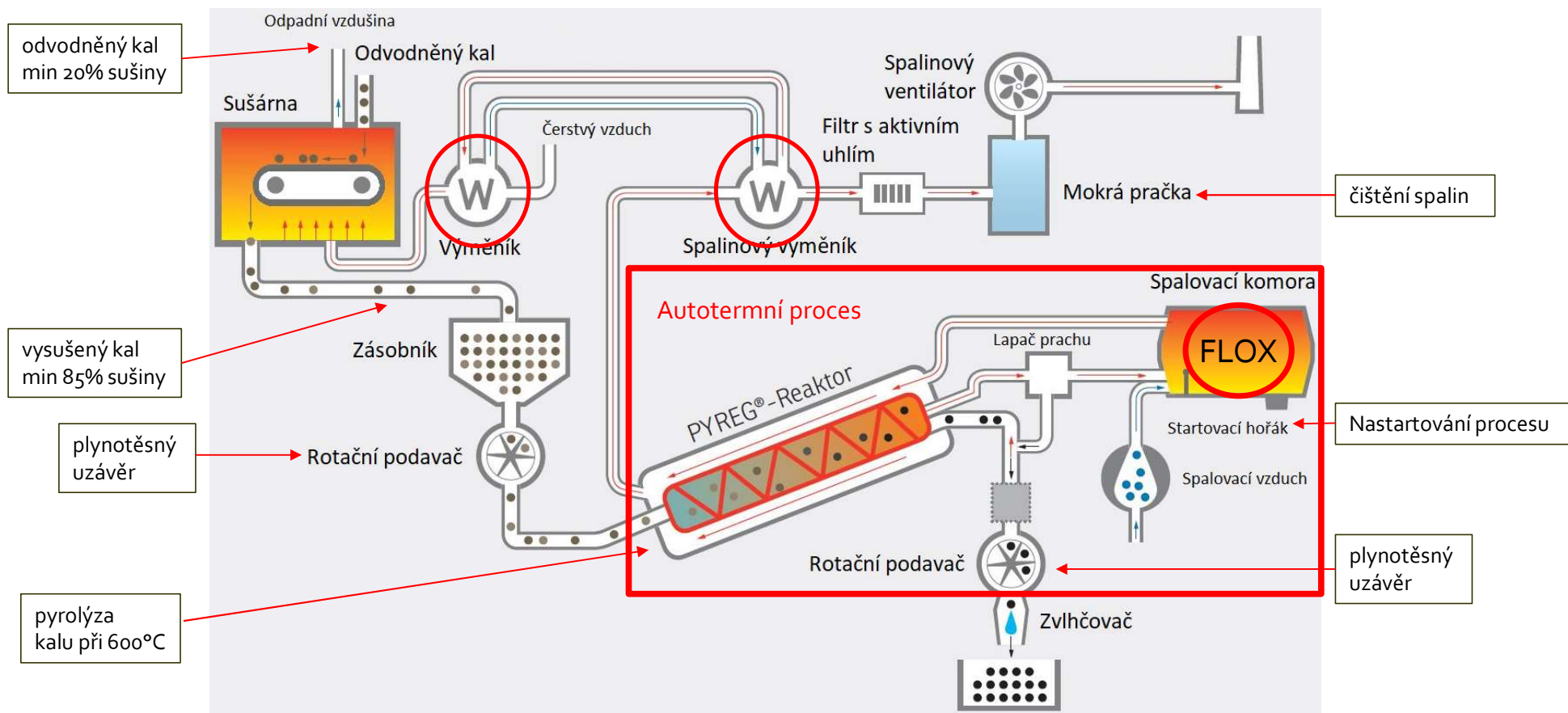


# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## POPIS TECHNOLOGIE:

- Zavedením primárního pyrolýzního plynu přímo do spalovací komory FLOX® se zabraňuje snížení teploty pyrolýzního plynu pod rosný bod, **zabraňuje se tedy vzniku pyrolýzního kondenzátu**, tzv. bio-oleje, na rozdíl od ostatních typů pyrolyzérů.
- Spaliny jsou čištěny třístupňově: za vysokoteplotním výměníkem je umístěn tkaninový filtr, následuje mokrá vypírka s roztokem NaOH a třetí stupeň je filtr s aktivním uhlím. Výstupní vyčištěné spaliny **nepřekračují limity** stanovené vyhláškou č. 415/2012 Sb
- Výsledný produkt (**KARBOCHAR**) je následně z technologie PYREG vynášen pomocí lopatkového hermetického podavače a zvlhčován z důvodu bezpečnosti, teplota produktu ve vynášecím dopravníku dosahuje hodnotu mezi 50 a 60°C. Sušinu materiálu lze nastavovat intenzitou skrápění na výstupu, obvyklý rozsah je 80–90 % sušiny.





# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## PRŮBĚH ZKUŠEBNÍHO PROVOZU 27.10.2020 – 27.10.2021:

- Zahájení zkušebního provozu v **říjnu 2020**, problémy na začátku:
  - od listopadu 2020 komplikace spojené s epidemiologickou situací COVID-19
  - v únoru 2021 poškození pyrolyzátoru prasklou vodou v důsledku velkých mrazů
  - v dubnu 2021 poškození šneku odstředivky na odvodnění kalu,
- Během zkušebního provozu byly vyzkoušeny různé provozní režimy, provedena optimalizace nastavení jednotlivých zařízení a **realizovány požadované garanční zkoušky**.

### **Sušárna Eliquo NT16, 4500 t odv. kalu 23 % sušiny/rok**

- Sušárna pracovala bezporuchově po celou dobu zkušebního provozu a prokázala schopnost sušení hodně nad rámec katalogových údajů.
- Zásadní vzhledem k nízkým teplotám topné vody z horkovodu, kdy byla sušárna schopná sušit dostatečné množství kalu na sušinu přes 85 % i při teplotě **topné vody okolo 75 °C** (minimální teplotní spád požadovaný výrobcem je 80/60 °C).
- V průběhu zkušebního provozu pracovala sušárna s výkonem cca 450 kg/h odvodněného kalu. Při zajištění teploty topné vody přes 80°C byla sušárna schopná pracovat s výkonem přes 550 kg/hod.
- Garance dodavatele min. 870 kWh/t odpařené vody a 78 kWh/t odpařené vody.
- Výsledky garančních zkoušek (autorizovaná osoba):
  - tepelná energie **824 kWh/t odpařené vody**
  - elektrická energie **51,9 kWh/t odpařené vody**

# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## PRŮBĚH ZKUŠEBNÍHO PROVOZU 27.10.2020 – 27.10.2021 :

### Pyrolyzér P500 KSF

- Pyrolyzér, jako mnohem složitější zařízení, vykázal po dobu zkoušek poruchy, které byly postupně odstraněny:
  - drobné závady strojních zařízení, - měření hodnoty lambda,
  - tkaninový filtr – dosahoval a dosahuje výborných výsledků TZL, problémy s odprášením, byl doplněn bypass pro beztlakové oklepání prachu z filtru
- V průběhu zkoušek byl vyzkoušen provoz při různém výkonu – **90 – 130 kg/hod**. Bylo ověřeno, že pyrolyzér je schopen si do vyhovující míry poradit s kolísáním sušiny kalu na vstupu.
- Dodávka tepla pro sušárnu se podle výhřevnosti kalu a výkonu pyrolyzéro pohybovala od cca **90 do 140 kW**
- Hodnoty emisí splňují parametry zákona 201/2012 Sb. a **vyhlášky 415/2012 Sb.** Viz tabulky č.1 a 2
- Hodnoty výstupního KARBOCHARU splňují v každém měřeném vzorku parametry pro pomocnou půdní látku dle **vyhlášky 474/2000 Sb.** Viz tabulka 3

V současné době je vyvinuta **nová generace pyrolyzérů PX500 a také PX750 a PX1500** s větší kapacitou a zlepšením parametrů (předané teplo, filtrace, údržba, apod.). V provozu již jsou v Německu 2 instalace PX750, v Basileji pak PX1500 pro biomasu.

# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

Tabulka 1 – Emisní limity pro znečišťující látky a denní průměry sledovaných polutantů zjištěné kontinuálním měřením dle vyhlášky č. 415/2012 Sb.

Střední hmotnostní koncentrace v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), přepočtené na referenční kyslík 11 %					
Emisní limit		Stanovené emisní limity – rozhodnutí			Výsledek sledování
Látka	Rozměr	Denní průměr	Půlhodinové průměry		Denní průměr
			97 %	100 %	
Tuhé znečišťující látky TZL	mg.m <sup>-3</sup>	10	10	30	2
NO <sub>x</sub>	mg.m <sup>-3</sup>	200	200	400	150
Těkavé organické látky jako celkový organický uhlík TOC	mg.m <sup>-3</sup>	10	10	20	3
CO	mg.m <sup>-3</sup>	50	–	–	15

Tabulka 2 – Emisní limity pro znečišťující látky a střední koncentrace sledovaných polutantů zjištěné jednorázovým měřením dle vyhlášky č. 415/2012 Sb.

Střední hmotnostní koncentrace v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), přepočtené na referenční kyslík 11 %			
Látka	Rozměr	Emisní limit	Zjištěné střední koncentrace
SO <sub>2</sub>	mg.m <sup>-3</sup>	50	< 8
HF	mg.m <sup>-3</sup>	1	0,08
HCl	mg.m <sup>-3</sup>	10	3
Σ As Co Cr Cu Mn Ni Pb Sb V	mg.m <sup>-3</sup>	0,5	0,021
Σ Cd Tl	mg.m <sup>-3</sup>	0,05	< 0,005
Hg	mg.m <sup>-3</sup>	0,05	0,009
PCDD / PCDF	ng.m <sup>-3</sup>	0,1 TEQ	0,0018

Výsledné měření prokázalo splnění všech stanovených ukazatelů dle rozhodnutí Královehradeckého kraje č.j. KUKHK-19331/ZP/2020-5 a vyhlášky č. 415/2012 Sb., a to výrazně pod stanovenými emisními limity.

# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

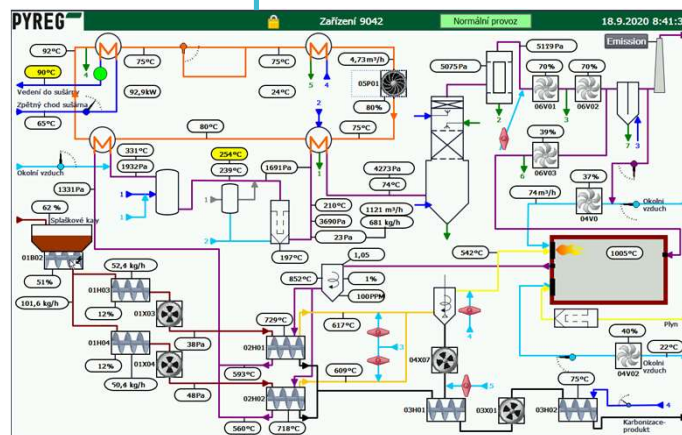
Tabulka 3 – Koncentrace prvků v sušeném kalu a karbocharu

Parametr	Rozměr	Sušený kal	karbochar	Vyhláška č. 273/2021 Sb.	Vyhláška č. 474/2000 Sb. Tab. 1 d) popele a produkty pyrolýzy
P	mg.kg <sup>-1</sup>	21400	39400	–	–
K	mg.kg <sup>-1</sup>	1550	2860	–	–
Na	mg.kg <sup>-1</sup>	670	1070	–	–
Ca	mg.kg <sup>-1</sup>	29500	47200	–	–
Mg	mg.kg <sup>-1</sup>	6200	10800	–	–
As	mg.kg <sup>-1</sup>	5,06	4,01	30,0	30,0
Cd	mg.kg <sup>-1</sup>	1,48	2,16	5,00	5,00
Cr	mg.kg <sup>-1</sup>	49,2	78,3	200	100
Cu	mg.kg <sup>-1</sup>	279	493	500	–
Hg	mg.kg <sup>-1</sup>	1,62	0,009	4,00	0,50
Ni	mg.kg <sup>-1</sup>	20,5	21,7	100	–
Pb	mg.kg <sup>-1</sup>	42,2	62,9	200	100
Zn	mg.kg <sup>-1</sup>	1030	1680	2500	–
Fe	mg.kg <sup>-1</sup>	30900	50800	–	–
Al	mg.kg <sup>-1</sup>	8080	16400	–	–

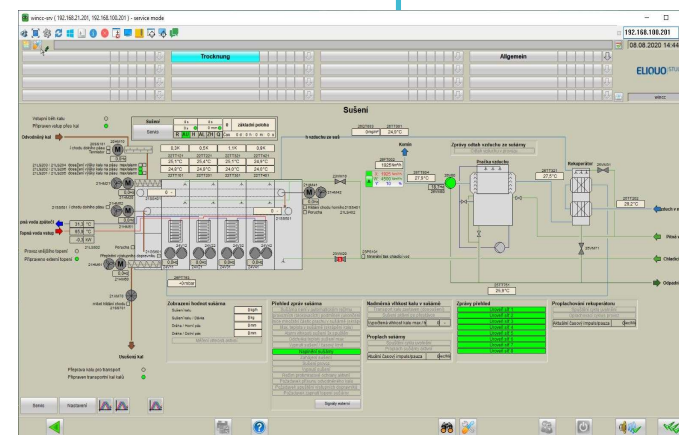
# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## OBSLUHA LINKY:

### VELÍN



PYROLÝZNÍ JEDNOTKA



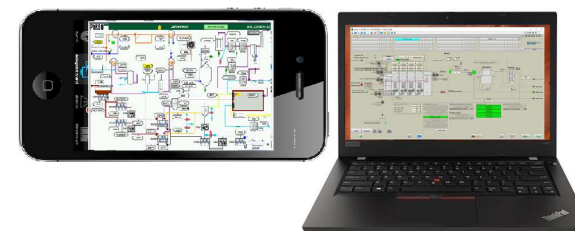
SUŠÁRNA



# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## OBSLUHA LINKY:

- Automatický režim, kalová linka je začleněná do automatického řízení ČOV
- 3 různé provozní módy pro zpracování kalu:
  - odvodnění – vysušení – karbonizace
  - odvodnění – vysušení
  - odvodnění
- Ruční (manuální) ovládání jednotlivých celků je možné prostřednictvím monitorpanelu v místě instalace zařízení
- Nastavení provozních parametrů prostřednictvím monitorpanelu v místě instalace zařízení
- Obsluha – **1 technik ČOV na denní směně**, občasný dohled
- Možnost vzdáleného monitoringu a ovládání přes vzdálenou plochu / VPN



# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## ÚDRŽBA, SERVIS:

Údržba je prováděna podle **údržbového plánu** v pro každé zařízení zvlášť v rozsahu:

- Nízkoteplotní sušárna ELIQUO NT16
  - denní kontrola zařízení 1 technik ČOV / 1 hodina
  - 14-ti denní cyklus čištění 1 technik ČOV / 4 hodiny
  - roční servis zařízení 1 technik výrobce / 2 x 8 hodin
  
- Pyrolýzní jednotka PYREG 500KSF
  - denní kontrola zařízení 1 technik ČOV / 1 hodina
  - týdenní cyklus čištění 1 technik ČOV / 8 hodin  
*(pro některé činnosti jsou potřeba 2 osoby)*
  - Týdenní cyklus výměny spotřebního materiálu 1 technik ČOV / 1 hodin  
*(v rámci čištění)*
  - kvartální servis zařízení 2 technici výrobce / 2 x 8 hodin
  
- Ostatní zařízení – pračka vzduchu, dopravníky atd.
  - denní kontrola zařízení 1 technik ČOV / 0,5 hodiny
  - měsíční servis / čištění 1 technik ČOV / 1 hodiny
  
- Monitorovací systém emisí
  - Údržbu provádí autorizovaná společnost

# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## REKAPITULACE – ČASOVÉ MILNÍKY:

- Rozhodnutí VaK Trutnov o vybudování nové nízkoteplotní sušárny a pyrolyzéro, zadání dokumentace pro územní rozhodnutí v r. **2017**
- Dokumentace pro územní řízení byla dopracovaná na dokumentaci pro stavební povolení v **9/2017**
- Stavební povolení vydané v **2/2018**
- Žádost o přidělení dotace z SFŽP, osa 3, specifický cíl 3.2.3 Výstavba a modernizace zařízení na energetické využití odpadů v **2/2018**
- Oficiální rozhodnutí o přidělení dotace v **11/2018, 25 % z uznatelných nákladů**
- Zpracování soutěžní dokumentace pro soutěž „na řešení“ (Yellow Fidic) **9/2018**
- Kontrola soutěžní dokumentace ex ante na SFŽP **12/2018**
- Veřejná soutěž na dodávku **1/2019**
- Výběr zhotovitele **5/2019**
- Zahájení stavby **8/2019**
- Ukončení stavby **8/2020**
- Uvedení do zkušebního provozu **10/2020**
- Kolaudace **10/2021**

# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## ZÁVĚR:

Na základě zkušebního provozu technologické linky na termické zpracování čistírenského kalu zahrnující nízkoteplotní sušárnu a pyrolýzní jednotku na ČOV Trutnov – Bohuslavice lze konstatovat:

- Kalová koncovka (odstředivka, sušárna a pyrolyzér) je schopná s dostatečnou rezervou zpracovat roční množství kalu z ČOV Trutnov Bohuslavice
- akreditovaným měřením bylo prokázáno splnění podmínek provozu z hlediska kvality emisí, ve smyslu požadavků povolujícího orgánu, tj. dle vyhlášky č. 415/2012 Sb. a v rozsahu rozhodnutí Královehradeckého kraje č.j. KUKHR-19331/ZP/2020-5
- bylo dosaženo významné snížení hmotnosti finálního výstupu kalového hospodářství, karbochar představuje pouze 13,7 % původní hmotnosti odvodněného kalu
- pokrytí tepelné potřeby sušárny odpadním teplem z pyrolýzy je vyšší, než předpokládal projekt. Pokrytí tepelné spotřeby nízkoteplotní sušárny dosáhlo cca 43,8 %, projekt garantoval 30 %.
- **registrace karbocharu jako pomocné půdní látky umožňuje převedení odpadu vstupujícího do kalové koncovky na výrobek a tím ukončení jeho cyklu na čistírně (zařízení využívající odpad), což znamená kromě ekonomického efektu i definitivní řešení likvidace kalu**

# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## CO PŘINESE LINKA NA ZPRACOVÁNÍ KALŮ INVESTOROVÍ/PROVOZOVATELI:

- řešení splňuje veškeré současné legislativní požadavky
- řešení (pyrolýza 600 °C) splňuje i známé budoucí legislativní požadavky, např. likvidace mikropolutantů, mikroplastů, hormonů, destrukce léčiv apod.
- redukce objemu kalu/karbocharu na cca 15% původního objemu odvodněného kalu
- využití energie organické sušiny kalu prostřednictvím pyrolýzní jednotky (z pyrolyzéru lze získat při plném výkonu až cca 50 % tepelné energie potřebné pro sušení v nízkoteplotní sušárně)
- uplatnění karbocharu podle situace na trhu - karbochar z ČOV Trutnov splňuje bezpečně limity těžkých kovů i zkoušku toxicity a **byl zaregistrován jako pomocná půdní látka u ÚKZÚZ pod číslem 5422.**
- v současné době probíhá příprava žádosti u Krajského úřadu o ukončení cyklu odpadu na čistírně, a tedy použití karbocharu jako **výrobku-pomocné půdní látky** s definitivním vyřešením likvidace kalů z čistírny včetně pozitivních ekonomických dopadů

# PROJEKT: ČOV TRUTNOV BOHUSLAVICE – KALOVÁ KONCOVKA

## CO PŘINESE LINKA NA ZPRACOVÁNÍ KALŮ INVESTOROVÍ/PROVOZOVATELI:

- zajišťuje nezávislost likvidace kalů z čistírny na vnějších okolnostech a v neposlední řadě umožňuje udržení ceny vodného a stočného pod kontrolou
- typický příklad cirkulární ekonomiky  
Nejedná se o likvidaci materiálu ale o jeho přeměnu a využití
- garantuje snížení resp. konzervaci CO<sub>2</sub> v rámci celosvětové iniciativy tzv. GREEN DEALu
- Technologie Pyreg karbonizuje kal na vysoce porézní KARBOCHAR bez znečišťujících látek. Na rozdíl od fermentace nebo spalování neuvolňuje uhlík, ale stabilně jej váže v KARBOCHARU. Díky tomu je výroba KARBOCHARU uznávána jako technologie negativních emisí (NET)
- Po rozvinutí trhu s CO<sub>2</sub> kredity v ČR možný příjem za prodej těchto kreditů (v Německu v současnosti přes 2500 Kč za tun CO<sub>2</sub>).
- V Trutnově se jedná o cca 400 t CO<sub>2</sub> za rok



PROJEKT:  
ČOV TRUTNOV  
BOHUSLAVICE –  
KALOVÁ  
KONCOVKA

**DĚKUJI ZA POZORNOST**

Kontakt Ing. Jaroslav Fuka  
[fuka@hydrosystemy.cz](mailto:fuka@hydrosystemy.cz)  
606 101 733