



VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE

FLUIDNÍ KOTEL NA MONO-SPALOVÁNÍ VYSUŠENÝCH ČISTÍRENSKÝCH KALŮ – TECHNICKO-EKONOMICKÉ PŘEDSTAVENÍ

Michael Pohořelý

Ústav energetiky VŠCHT Praha

Výsledky projektu
TK05020001 -
**Fluidní technologie pro decentralizované
energetické využití vysušených
čistírenských kalů**

Řešení – 02/2023–12/2025

Poskytovatel projektu – Technologická agentura ČR

Program – TK - Program na podporu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací THÉTA (2022 - 2025)



UCHYTIL s.r.o.



ČVUT Praha



AV ČR



C-energy s.r.o.

Současné nakládání s kaly

SKLÁDKOVÁNÍ



PŘÍMÁ APLIKACE NA ZEMĚDĚLSKOU PŮDU / KOMPOSTOVÁNÍ

- Předběžná opatrnost
- P-recovery

TERMICKÉ VYUŽITÍ

- Pyrolýza
- Mono-spalování
- Spolu-spalování

Katalogové číslo pro čistírenský kal (kaly z čištění komunálních odpadních vod) je dle Katalogu odpadů (vyhláška č. 8/2021 Sb.) 19 08 05

Nakládání s ČK – ČR

Rok		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Způsob využití		tuny DM / rok														
materiálové využití	v zemědělství nebo rekultivace	60 639	61 750	51 912	54 713	47 830	63 061	62 551	75 451	88 883	90 663	63 064	66 082	63 260	63 266	43 067
	kompostování	45 528	45 985	53 222	50 384	60 511	67 065	65 163	60 930	64 515	63 462	84 747	81 903	79 777	80 961	102 493
	skládkování	6 177	9 527	9 340	7 123	5 236	6 513	10 183	11 809	17 728	16 869	15 225	13 753	19 444	16 591	20 862
	<i>suma</i>	<i>112 344</i>	<i>117 262</i>	<i>114 474</i>	<i>112 220</i>	<i>113 577</i>	<i>136 639</i>	<i>137 897</i>	<i>148 190</i>	<i>171 126</i>	<i>170 994</i>	<i>163 036</i>	<i>161 738</i>	<i>162 481</i>	<i>160 818</i>	<i>166 422</i>
termické zpracování	blíže nespecifikováno	3 336	3 538	3 528	3 232	3 400	2 167	4 814	4 736	19 440	15 206	21 330	23 562	25 100	19 270	24 461
	ostatní	55 009	43 018	50 188	38 822	42 185	34 191	30 998	25 151	11 792	10 767	8 027	11 277	10 410	9 151	27 699
suma celkově		<i>170 689</i>	<i>163 818</i>	<i>168 190</i>	<i>154 274</i>	<i>159 162</i>	<i>172 997</i>	<i>173 709</i>	<i>178 077</i>	<i>202 358</i>	<i>196 967</i>	<i>192 393</i>	<i>196 577</i>	<i>197 991</i>	<i>189 239</i>	<i>218 582</i>

Rok		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Způsob využití		%													
materiálové využití	v zemědělství nebo rekultivace	36	38	31	35	30	36	36	42	44	46	33	34	32	32
	kompostování	27	28	32	33	38	39	38	34	32	32	44	42	41	41
	skládkování	4	6	6	5	3	4	6	7	9	9	8	7	10	8
	<i>suma</i>	<i>66</i>	<i>72</i>	<i>68</i>	<i>73</i>	<i>71</i>	<i>79</i>	<i>79</i>	<i>83</i>	<i>85</i>	<i>87</i>	<i>85</i>	<i>82</i>	<i>83</i>	<i>81</i>
termické zpracování	blíže nespecifikováno	2	2	2	2	2	1	3	3	10	8	11	12	13	10
	jiné využití	32	26	30	25	27	20	18	14	6	5	4	6	5	5
suma celkově		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	101	96

Skládkování – *Zákon o odpadech č. 541/2020 Sb.*

§ 40 Zákaz ukládání využitelných odpadů na skládku

- (1) Provozovatel skládky nesmí **od 1. ledna 2030** na skládku ukládat odpady,
- a) jejichž výhřevnost v sušině je vyšší než $6,5 \text{ MJ.kg}^{-1}$,
 - b) které překračují limitní hodnotu parametru biologické stability AT4 stanovenou v příloze č. 10 k tomuto zákonu, nebo
 - c) které je za stávajícího stavu vědeckého a technického pokroku možné účelně recyklovat.

Běžná výhřevnost čistírenského **kalu 9,5 – 15,5 MJ/kg.**

P-recovery – *Směrnice EU 2024/3019 o čištění městských odpadních vod*

Využití kalů a zdrojů (článek 20)

- Evropská komise do **2. 1. 2028** stanoví závaznou minimální míru opětovného využití a recyklace fosforu:
 - z kalů a
 - z městských odpadních vod, které nebyly využity jinak.
- Dle dostupných technologií, ekonomické návratnosti, obsah fosforu v kalech a trhu s fosforem.

Energetická neutralita – *Směrnice EU 2024/3019 ze o čištění městských odpadních vod*

Energetická neutralita (článek 11)

- Celkové roční množství energie z obnovitelných zdrojů vyrobené* na ČOV $\geq$ 10 000 EO, či mimo ně jejich majiteli či provozovateli nebo jejich jménem a bez ohledu na to, zda majitelé nebo provozovatelé těchto čistíren tuto energii využívají v jejich prostorách nebo mimo ně, odpovídala alespoň:
 - a) 20 % celkové roční spotřeby energie v těchto zařízeních do 31. prosince 2030;
 - b) 40 % celkové roční spotřeby energie v těchto zařízeních do 31. prosince 2035;
 - c) 70 % celkové roční spotřeby energie v těchto zařízeních do 31. prosince 2040;
 - d) 100 % celkové roční spotřeby energie v těchto zařízeních do 31. prosince 2045.

***nelze zaměnit za nakoupenou obnovitelnou energii**

Biogenní uhlík v ČK



Ústav energetiky
VŠCHT PRAHA



Ústav technologie vody a prostředí
VŠCHT PRAHA

Parametr	Jednotka	SL 1	SL 2	SL 3	SL 4	SL 5	SL 6	SL 7	SL 8	SL 9	SL 10	SL 11	SL 12	SL 13	SL 14	SL 15
Uhlík, C	hm. %	34.6	15.4	19.4	17.6	26.6	27.7	25.4	17.3	25.7	23.3	24.4	19.6	28.8	23.7	24.7
Biogenní uhlík	% C	64.8	102	101	102	102	102	102	102	102	101	102	102	89.1	101	101
Standardní nejistota *	%	4.7	9	9	8	7	7	8	9	7	8	8	8	6.0	8	8

* Standardní nejistota byla vypočtena s použitím koeficientu $k=1$, což odpovídá intervalu spolehlivosti přibližně 68 %.

Čištění části
průmyslových
odpadních vod

Čištění části
průmyslových
odpadních vod

Moško, J., Hušek, M., Cardová, A., Jeníček, P., Bartáček, J., Bodík, I., Pohořelý, M. Share of biogenic carbon in sewage sludge: prerequisite for thermal treatment CO₂ emission status. Unpublished, in process of submission.

Současné nakládání s kaly

SKLÁDKOVÁNÍ



PŘÍMÁ APLIKACE NA ZEMĚDĚLSKOU PŮDU / KOMPOSTOVÁNÍ

- Předběžná opatrnost
- P-recovery

TERMICKÉ VYUŽITÍ

- Pyrolýza
- Mono-spalování
- Spolu-spalování

Katalogové číslo pro čistírenský kal (kaly z čištění komunálních odpadních vod) je dle Katalogu odpadů (vyhláška č. 8/2021 Sb.) 19 08 05



Cena fosfátové rudy

Range 6m 1y 5y 10y 15y 20y

Apr 2006 - Mar 2026: 96.082 (267.93%)



P-recovery technologie

V provozní nebo ve výstavbě kapacitního zařízení:

Technologie	Produkty	Účinnost	Zařízení	
Ash2Phos (EasyMinig)	fosforečnan vápenatý, chlorid železitý nebo hydroxid hlinitý, koncentrát těžkých kovů, minerální podíl	>85%	loužení v kyselině chlorovodíkové	* 30 000 t/rok popela, Helsingborg, Švédsko (probíhá schvalovací řízení), * 30 000 t/rok popela, Schkopau, Německo (ve výstavbě)
ICL	NPK, PK, superfosfát	>95%	zpracování spolu s apatitem, přimíchávání až 10 % popelu, kyselé loužení	*Amsterdam, Nizozemsko a Ludwigshafen (Německo),
Metawater	fosforečnan vápenatý	30-40%	loužení v hydroxidu sodném nízká účinnost, aby se neuvolňovali při loužení TK	*Gifu a Tottori (Japonsko), produkce okolo 100 t/rok
Tetraphos (Remondis)	kyselina fosforečná (technická kvalita, obsahuje zbytky (Fe a Al), sádra, soli železa a hliníku, minerální podíl	>85%	loužení v kyselině fosforečné a sírové	* 30 000 t/rok popela, Hamburg, Německo (ve výstavbě)

Členství v ESPP



Evropská platforma pro udržitelný fosfor:

- zájmové sdružení řešící problematiku fosforu napříč odvětvími v rámci EU a států v Evropě
- ckeem 55 řádných členů
- dosah v rámci celé Evropy i mimo ni
- pravidelný měsíční newsletter

Co se řeší:

- legislativa v oblasti:
 - čistírenských kalů a čištění odpadních vod
 - hnojiv a kritických surovin,
 - zemědělství
- dostupné technologie
- příklady dobré praxe
- regenerace fosforu a dusíku (nově)
- postup vědy v zájmové oblasti

Jak přispíváme my:

- sdílíme naše vědecké výsledky
- implementujeme naše znalosti do řešené agendy v ESPP
- komentujeme (sdílíme) českou legislativu
- účastníme se konferencí, seminářů a schůzí pořádaných ESPP

Zástupce za Ústav energetiky



- Ing. Matěj Hušek,
 - řešení zájmové agendy
 - účast na akcích ESPP
 - komunikace se stakeholdery

Současné nakládání s kaly

SKLÁDKOVÁNÍ



PŘÍMÁ APLIKACE NA ZEMĚDĚLSKOU PŮDU / KOMPOSTOVÁNÍ

- Předběžná opatrnost
- P-recovery

TERMICKÉ VYUŽITÍ

- Pyrolýza
- Spolu-spalování
- Mono-spalování

Katalogové číslo pro čistírenský kal (kaly z čištění komunálních odpadních vod) je dle Katalogu odpadů (vyhláška č. 8/2021 Sb.) 19 08 05

Biochar Europe

Dr. Jaroslav Moško - spoluautor nového **Odborného stanoviska** organizace Biochar Europe. Dokument, představuje klíčový vědecký podklad pro aktualizaci evropského nařízení o hnojivech (FPR 2019/1009) s cílem bezpečně integrovat **biochar z čistírenského kalu** do tržního prostředí.

PŘÍLOHA II – Kategorie složkových materiálů (KSM) – KSM 14: Materiály z pyrolýzy a zplyňování



25.6.2019

CS

Úřední věstník Evropské unie

L 170/1

I

(Legislativní akty)

NAŘÍZENÍ

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2019/1009

ze dne 5. června 2019,

kterým se stanoví pravidla pro dodávání hnojivých výrobků EU na trh a kterým se mění nařízení (ES) č. 1069/2009 a (ES) č. 1107/2009 a zrušuje nařízení (ES) č. 2003/2003

(Text s významem pro EHP)

Nakládání s ČK – Japonsko

Melting plants

	Municipality	Prefecture	Number of units	Furnace type	Sludge capacity (t.day ⁻¹)	Sludge production (t _{DM} ·year ⁻¹)	Slag production (t _{DM} , FY2020)
1	Takaoka	Toyama	3	surface melting	2 x 16; 12	5,498	933
2	Imizu	Toyama	2	surface melting	9; 12	3,773	406
3	Ibaraki	Osaka	2	coke-bed melting	2 x 110	1,243	267
4	Hirano Ward	Osaka	1	swirling melting	150	3,443	1,109
5	Konohana Ward	Osaka	5	swirling melting	5 x 150	18,544	6,871
6	Himeji	Hyogo	1	coke-bed melting	40	8,637	3,466
			2	pyrolysis + swirling ash melting	33; 14	8,882	

Nakládání s ČK – Japonsko

Carbonization plants

	Municipality	Prefecture	Number of units	Sludge capacity (t.day ⁻¹)	Sludge production (t _{DM} .year ⁻¹)	Char production (t _{DM} , FY2020)
1	Kesennuma	Miyagi	1	23	289	195
2	Daisen	Akita	1	25	1,344	102
3	Odate	Akita	1	22	523	260
4	Maebashi	Gunma	2	2 x 25	1,412	410
5	Koto City	Tokyo	2	2 x 300	8,126	2,972
6	Tsurumi Ward	Kanagawa	1	200	6,964	2,173
7	Kanazawa Ward	Kanagawa	1	150	8,934	3,016
8	Suruga Ward	Shizuoka	3	3 x 75	5,320	932
9	Toyohashi	Aichi	1	x	3,851	2,060
10	Nagaokakyo	Kyoto	1	40	2,174	1,149
11	Minami Ward ⁽¹⁾	Kyoto	1	150	395	182
12	Hirano Ward,	Osaka	1	150	9,189	6,953
13	Nishi Ward	Hiroshima	2	2 x 50	5,150	3,467
14	Hakata Ward	Fukuoka	1	100	5,499	2,700

Nakládání s ČK – Japonsko

Incineration plants

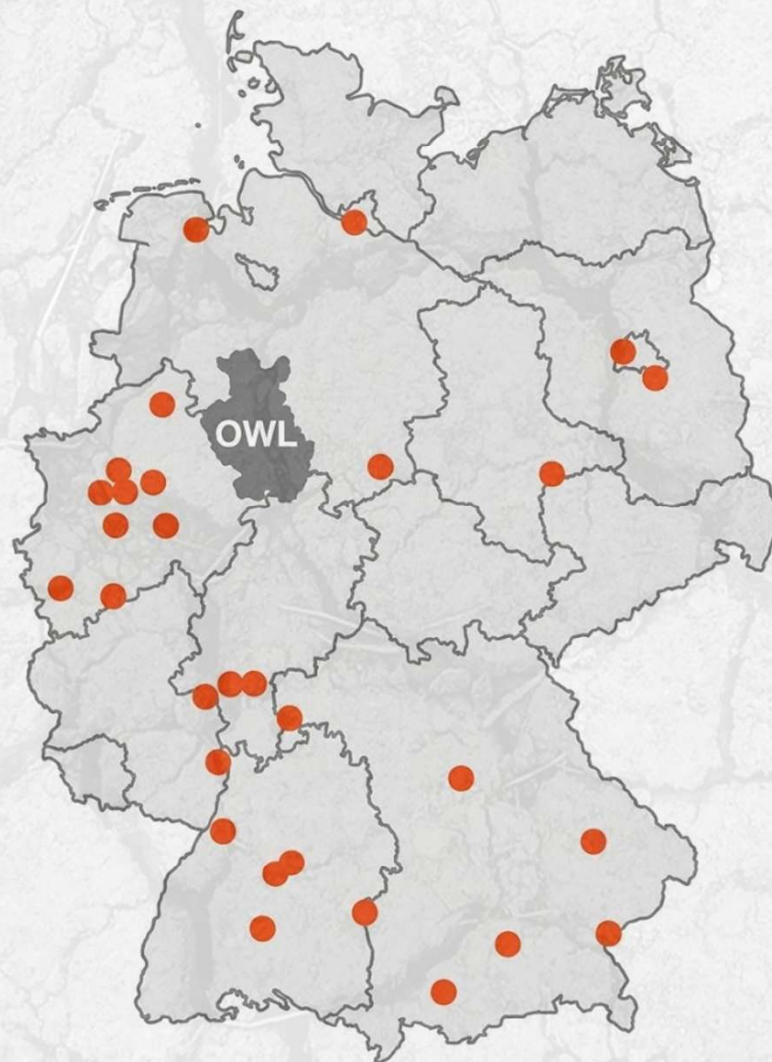
	Municipality	Prefecture	Number of units	Boiler type	Sludge capacity (t.day ⁻¹)	Sludge production (t _{DM} ·year ⁻¹)	Ash production (t _{DM} , FY2020)
1	Shiroishi Ward	Hokkaido	2	fluidised bed	2 x 150	17,304	1,827
2	Teine Ward	Hokkaido	5	grate furnace	4 x 100; 150	30,565	14,296/13,065
3	Otaru	Hokkaido	2	fluidised bed	60; x	2,550	454
4	Asahkawa	Hokkaido	2	fluidised bed	80; 60	6,028	889
5	Hirosaki	Aomori	1	fluidised bed	80	4,587	516
6	Morioka	Iwate	2	fluidised bed	60 ⁽²⁾ ; 50	2,992	671
7	Kitakami	Iwate	1	fluidised bed	45	1,577	219
8	Tagajō	Miyagi	1	fluidised bed	110	3,045	761
9	Sendai	Miyagi	3	fluidised bed	2 x 200; 70	19,136	2,018
10	Mukaihama	Akita	2	fluidised bed	2 x 50	4,323	782
11	Iwaki	Fukushima	1	fluidised bed	50	2,465	278
12	Tsuchiura	Ibaraki	2	fluidised bed	2 x 50	4,974	857
13	Tone	Ibaraki	1	fluidised bed	90	6,440	667
14	Hitachinaka	Ibaraki	2	fluidised bed	2 x 100	8,170	1,082
15	Kamisu	Ibaraki	2	fluidised bed	2 x 60	3,527	880
⋮							
117	Miyazaki	Miyazaki	1	fluidised bed	60	2,135	260

Nakládání s ČK – Německo

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Způsob využití	tuny DM / rok														
materiálové využití	v zemědělství	566 295	567 187	541 935	484 464	470 882	427 736	423 497	311 905	280 325	287 484	259 851	226 747	233 065	204 086
	rekultivace	259 312	254 402	235 439	203 712	216 148	190 127	169 439	171 633	122 615	58 597	25 181	17 576	13 278	12 774
	kopostování	58 052	61 106	58 107	60 692	35 386	33 547	31 064	32 620	33 206	87 642	103 854	91 318	80 593	67 862
	suma	883 659	882 695	835 481	748 868	722 416	651 410	624 000	516 158	436 146	433 723	388 886	335 641	326 936	284 722
termické zpracování	mono spalování, pyrolýza				230 581	425 108	432 516	460 411	478 493	496 463	490 141	507 929	525 763	583 870	656 344
	spoluspalování	1 003 749	1 067 431	1 008 830	250 326	400 115	446 871	615 928	648 108	761 959	768 961	795 819	810 977	727 210	592 265
	blíže nespecifikováno				553 864	252 707	269 292	66 554	63 555	36 766	34 144	31 246	28 150	27 207	41 861
	suma				1 034 771	1 077 930	1 148 679	1 142 893	1 190 156	1 295 188	1 293 246	1 334 994	1 364 890	1 338 287	1 320 434
jiné využití	-	-	-	4 232	2 642	2 998	6 293	6 871	15 896	13 120	16 676	17 272	7 601	12 533	11 313
suma celkově	1 887 408	1 950 126	1 844 311	1 787 871	1 802 988	1 803 087	1 773 186	1 713 185	1 747 230	1 740 089	1 740 556	1 717 803	1 672 824	1 629 897	1 666 268

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Způsob využití	%														
materiálové využití	v zemědělství	30	29	29	27	26	24	24	18	16	17	15	13	14	13
	rekultivace	14	13	13	11	12	11	10	10	7	3	1	1	1	1
	kopostování	3	3	3	3	2	2	2	2	2	5	6	5	5	4
	suma	47	45	45	42	40	36	35	30	25	25	22	20	20	17
termické zpracování	monospalování, pyrolýza, apod.				13	24	24	26	28	28	28	29	31	35	44
	spoluspalování				14	22	25	35	38	44	44	46	47	43	36
	blíže nespecifikováno	53	55	55	31	14	15	4	4	2	2	2	2	3	3
	suma				58	60	64	64	69	74	74	77	79	80	82
jiné využití	-	-	-	0,2	0,1	0,2	0,4	0,4	0,9	0,8	1,0	1,0	0,5	0,8	0,7
suma celkově	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Nakládání s ČK – Německo



Nakládání s ČK – Německo

Příklady používaných typů kotlů:

Místo	Společnost	Výrobce	Provozovatel	Typ kotle
Hamburg	Hamburg Wasser GmbH	AE & E	VERA Klärschlammverbrennung	fluidní kotel
Bergen auf Rügen	Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen (ZWAR)	–	Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen (ZWAR)	fluidní kotel
Bitterfeld-Wolfen	Community Wastewater Company mbH & Co. KG Greppin	Uhde	Community Wastewater Company mbH & Co. KG Greppin	fluidní kotel
Berlin	Berliner Wasserbetriebe	Uhde	Berliner Wasserbetriebe	fluidní kotel
Lünen	Innovatherm GmbH	Raschka	Innovatherm GmbH	fluidní kotel
Bottrop	EGLV	Raschka	EGLV	fluidní kotel
Wuppertal	Wupperverband	Thyssen	Wupperverband	fluidní kotel
Werdohl	WFA Elverlingsen GmbH	–	WFA Elverlingsen GmbH	fluidní kotel
Düren	WVER	Lurgi	WVER	fluidní kotel
Bonn	City of Bonn	Raschka	City of Bonn	fluidní kotel
Altenstadt	Emter GmbH	–	Emter GmbH	roštový kotel
Frankfurt am Main	Stadtentwässerung Frankfurt	Lurgi	Stadt Frankfurt am Main	fluidní kotel
Karlsruhe	Město Karlsruhe	Raschka	Das Klärwerk Karlsruhe	fluidní kotel
Straubing	Klärwerk Straubing	Fa. Zauner	Klärwerk Straubing	roštový kotel
Neu-Ulm	ZVK	Thyssen	Zweckverband Klärwerk Steinhäule	fluidní kotel
München	Münchner Stadtentwässerung	Raschka	Münchner Stadtentwässerung	fluidní kotel
Stuttgart	Stadtentwässerung Stuttgart	Bamag	Hauptklärwerk Stuttgart-Mühlhausen	fluidní kotel
Gendorf	Infraserv	–	Infraserv	fluidní kotel

ROSKOSCH, Andrea a Patric HEIDECHE. Sewage sludge disposal: in the Federal Republic of Germany. Dessau-Roßlau: German Environment Agency, 2019. ISBN 2363–832X].

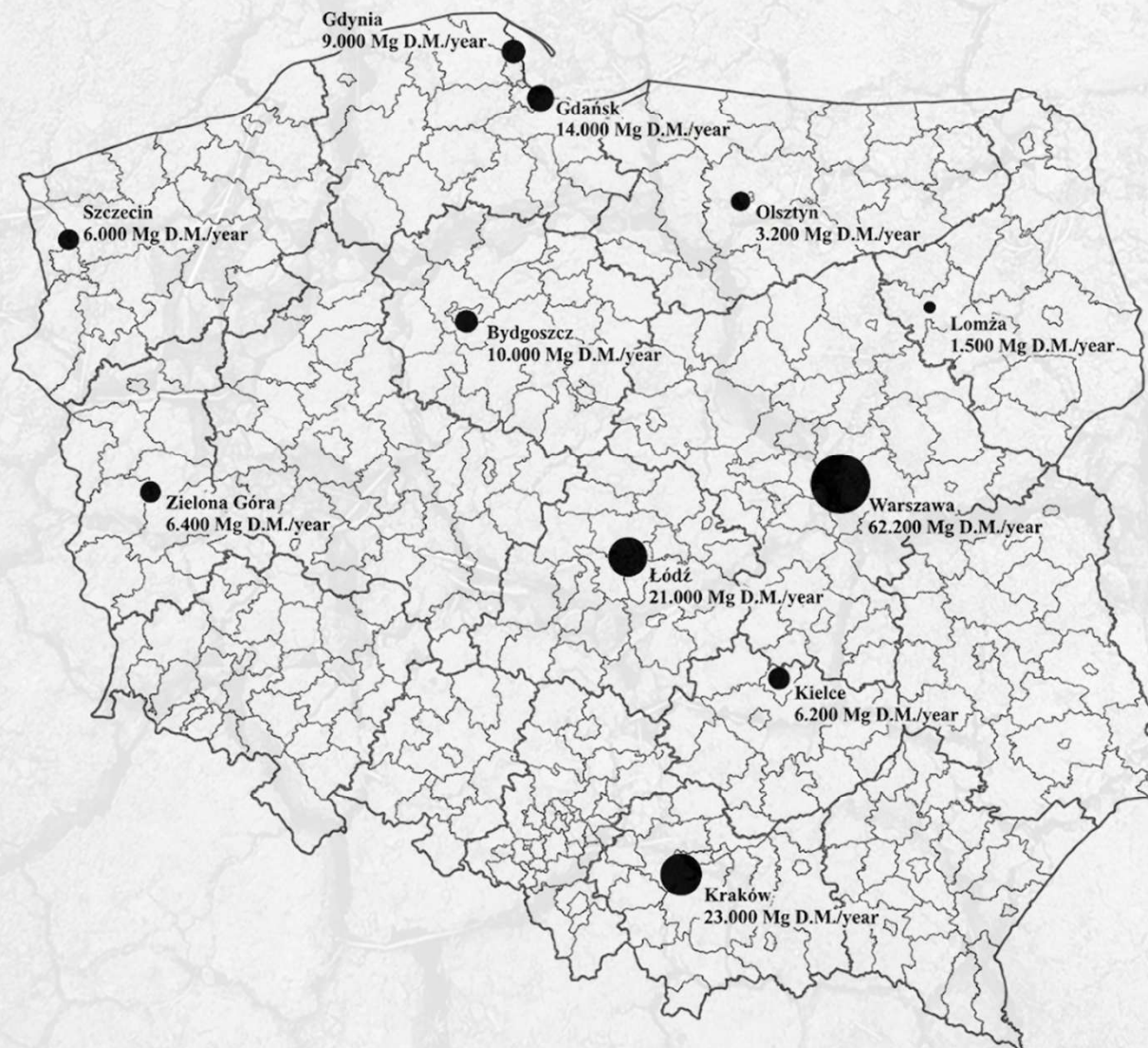
HUŠEK, Matěj. Spalování suchých stabilizovaných čistírenských kalů ve stacionární fluidní vrstvě. Praha, 2020. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta technologie ochrany prostředí. Dostupné z: <https://repositor.vsch.cz/theses/31734->

Nakládání s ČK – Polsko

Rok		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Způsob využití		tuny DM / rok														
materiálové využití	v zemědělství	109 325	116 241	115 024	105 448	107 222	107 536	116 028	108 520	118 333	123 777	137 772	156 000	157 598	147 279	149 309
	rekultivace	54 279	54 386	50 280	29 407	21 961	19 167	20 075	19 695	17 410	15 195	17 503	13 141	19 797	12 729	12 103
	pěstování rostlin pro výrobu kompostu	30 940	30 998	33 335	32 556	46 330	47 103	31 817	25 889	25 196	30 546	29 459	21 414	22 779	22 563	23 012
	dočasně uloženo	68 228	53 103	52 684	70 028	62 192	56 397	47 253	51 325	50 011	50 144	50 063	51 734	54 366	55 942	55 291
	skládkování	58 917	51 447	46 796	31 369	31 503	40 458	20 666	15 250	10 638	9 372	6 951	6 029	8 204	60 460	5 055
	suma	321 689	306 175	298 119	268 808	269 208	270 661	235 839	220 679	221 588	229 034	241 748	248 318	262 744	298 973	244 770
termické zpracování	spalování	19 818	41 629	56 644	72 900	84 237	79 274	101 144	106 158	111 544	70 172	98 576	93 549	105 230	89 800	84 414
jiné využití		185 216	171 386	178 575	198 584	202 537	218 082	231 346	257 617	249 938	282 480	239 978	237 050	216 780	195 981	255 570
suma celkově		526 723	519 190	533 338	540 292	555 982	568 017	568 329	584 454	583 070	581 686	580 302	578 917	584 754	584 754	584 754

Rok		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Způsob využití		%														
materiálové využití	v zemědělství	21	22	22	20	19	19	20	19	20	21	24	27	27	25	26
	rekultivace	10	10	9	5	4	3	4	3	3	3	3	2	3	2	2
	pěstování rostlin pro výrobu kompostu	6	6	6	6	8	8	6	4	4	5	5	4	4	4	4
	dočasně uloženo	13	10	10	13	11	10	8	9	9	9	9	9	9	10	9
	skládkování	11	10	9	6	6	7	4	3	2	2	1	1	1	10	1
	suma	61	59	56	50	48	48	41	38	38	39	42	43	45	51	42
termické zpracování	spalování	4	8	11	13	15	14	18	18	19	12	17	16	18	15	14
jiné využití		35	33	33	37	36	38	41	44	43	49	41	41	37	34	44
suma celkově		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Nakládání s ČK – Polsko



Nakládání s ČK – Polsko

Příklady používaných typů kotlů:

Místo	Společnost	Výrobce	Provozovatel	Typ kotle
Zielona Góra	ZWK	VOMM	Zielonogórskie Wodociągi i Kanalizacja Sp. z o. o	roštový kotel
Łomża	ŁOŚ	Huber	Łomżyńska Oczyszczalnia Ścieków	roštový kotel
Bydgoszcz	MWIK	Hansol (Korea)	Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Bydgoszczy - spółka z o.o	fluidní kotel
Gdańsk	GIWK	Degremont	Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna Sp. z.o.o	fluidní kotel
Kraków	MPWIK Kraków	Veolia Water	Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Spółka Akcyjna w Krakowie	fluidní kotle
Kielce	Wodociągi Kieleckie	Degremont	Wodociągi Kieleckie	fluidní kotel
Łódź	GOP Łodzi	Veolia Water	Grupowa Oczyszczalnia Ścieków w Łodzi	fluidní kotle
Olsztyn	PWIK	VOMM	Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji	roštový kotel
Szczecin	ZWIK	Veolia Water (BioCon)	Zakład Wodociągów i Kanalizacji Spółka z o.o. w Szczecinie	roštový kotel
Warszawa	MPWIK Warszawa	Veolia Water	Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie S.A.	fluidní kotle
Gdynia	Pewik Gdynia sp. z.o.o.	–	Pewik Gdynia sp. z.o.o.	fluidní kotel

4SMOL, Marzena. CIRCULAR ECONOMY ASSUMPTIONS IN THE PHOSPHORUS MANAGEMENT IN THE BALTIC REGION [online]. Cracow: Mineral and Energy Economy Research Institute, 2018 [cit. 2019–09–28]. Dostupné z: https://bestbalticproject.eu/wp-content/uploads/2018/08/SMOL_circular_economy_in_P_management.pdf

BIEN, January, a kol. Ekspertyza, która będzie stanowić materiał bazowy do opracowania strategii postępowania z komunalnymi osadami ściekowymi na lata 2014-2020. Częstochowa: Politechnika Częstochowska, 2014.

NIESLER, Jacek a Jan NADZIAKIEWICZ. Ocena możliwości współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych w aglomeracji śląskiej: Evaluating possibilities for co-combustion of municipal waste and sewage sludge in the Silesian agglomeration. Piece przemysłowe & kotły [online]. Katowice: AXIS MEDIA sc, 2013, IX(X), 29–41 [cit. 2019–09–28]. ISSN 2082-9833. Dostupné z: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-6a7a3ed7-7f79-460c-afb3-78beced5cf68/c/Niesler.pdf>

HUŠEK, Matěj. Spalování suchých stabilizovaných čistírenských kalů ve stacionární fluidní vrstvě. Praha, 2020. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta technologie ochrany prostředí. Dostupné z: <https://repozitar.vscht.cz/theses/31734->

Sušárny ČK v ČR

Obec	Typ	Sušicí medium	Množství zpracovaného odvodněného kalu (t/rok)	Zhotovitel/Dodavatel/ Projektant	Důvod pořízení
Přerov	nízkoteplotní sušárna	teplá voda	9 565 t/rok	ARKO Technology a.s. a OHL ŽS, a.s.	spalování
Karlovy Vary- Drahovice	nízkoteplotní sušárna	teplá voda	6 000 t/rok	Hubert, s.r.o.	snížení hmotnosti
Mariánské Lázně	solární sušárna	hybridní (solární+teplá voda)	2 000 t /rok	K&K TECHNOLOGY a.s. + AQUA PROCON s. r. o. + SMP CZ	snížení hmotnosti
Bohuslavice- Trutnov	nízkoteplotní sušárna	teplá voda	3 700 t/rok	HST Hydrosystémy	pyrolýzní zpracování
Cheb	solární sušárna	hybridní (solární+teplá voda)	3 465 t/rok	STRABAG Water	snížení hmotnosti
Litovel	solární sušárna	solární	3 000 t/rok	ARKO Technology a.s. Sweco Hydroprojekt a.s. + OHLA ŽS, a.s. + KUNST, spol. s r.o.	spalování (cementárna)
Šumperk	nízkoteplotní sušárna	teplá voda	8 000 t/rok	STC-Aquatec + K&K TECHNOLOGY + SS Hubert, s.r.o.	snížení hmotnosti
Tachov	nízkoteplotní sušárna	horká voda	3 950 t/rok	HOCHTIEF CZ a. s a HST Hydrosystémy	pyrolýzní zpracování
Tábor	nízkoteplotní sušárna	teplá voda	12 000 t/rok	IMOS Brno, a.s., + OHLA ŽS, a.s +. ARKO TECHNOLOGY, a.s. + KUNST, spol. s r.o.	Spolu-spalování
Brno-Modřice	nízkoteplotní sušárna (2x)	teplá voda	57 000 t/rok		

Sušený kal



Vlastnosti ČK ze sušáren (ČR)

		ČK 1 (NTS)	ČK 2 (NTS)	ČK 3 (NTS)	ČK 4 (NTS)	ČK 5 (SolS)
sypná hmotnost	kg/m ³	385	416	542	447	831
Rtuťová (zdánlivá) hustota	g/cm ³	1,11	1,35	1,11	1,42	1,38
Distribuce velikosti částic						
> 10 mm	hm. %	0	0	4	2	5
5-10 mm	hm. %	2	30	6	24	23
2-5 mm	hm. %	72	58	28	68	56
1-2 mm	hm. %	21	9	37	5	12
0,5-1	hm. %	4	2	18	1	2
<0.5 mm	hm. %	1	1	6	1	1
Obsah popela ^a	hm. %	41,6	42,9	37,7	38,0	47,9
Výhřevnost ^a	MJ/kg	12,5	12,6	13,8	13,1	10,3
Obsah popela ^b	hm. %	37,4	38,7	34,0	34,2	43,1
Výhřevnost ^b	MJ/kg	11,0	11,1	12,2	11,5	9,00

^a - hodnota sušiny

^b - přepočteno na vlhkost 10 hm. %

NTS - nízkoteplotní sušárna

SolS - solární sušárna

Chcete vědět více?



Review

Sewage sludge treatment methods and P-recovery possibilities: Current state-of-the-art

Matěj Hušek^{a,b}, Jaroslav Moško^{a,b}, Michael Pohořelý^{a,b,*}

^a Department of Power Engineering, Faculty of Environmental Technology, University of Chemistry and Technology, Prague, Technická 5, 166 20, Prague, 6, Czech Republic
^b The Czech Academy of Sciences, Institute of Chemical Process Fundamentals, Rozvojová 135, 165 02, Prague, 6-Suchbát, Czech Republic

Clean Technologies and Environmental Policy (2024) 26:1883–1899
<https://doi.org/10.1007/s10098-023-02679-w>

ORIGINAL PAPER



P-recovery versus current sewage sludge treatment policy in the Czech Republic and Japan

Matěj Hušek^{1,2,3} · Ryosuke Homma¹ · Jaroslav Moško^{2,3} · Michael Pohořelý^{2,3} · Kazuyuki Oshita¹

Received: 21 August 2023 / Accepted: 13 November 2023 / Published online: 9 December 2023
© The Author(s) 2023

3432

Ind. Eng. Chem. Res. 2005, 44, 3432–3441

Combustion of Dried Sewage Sludge in a Fluidized-Bed Reactor

M. Hartman*, K. Svoboda, M. Pohořelý, and O. Trnka

Institute of Chemical Process Fundamentals, Academy of Sciences of the Czech Republic,
165 02 Prague 6-Suchbát, Czech Republic

Gaseous Emissions from the Fluidized-Bed Incineration of Sewage Sludge*

^aM. POHOŘELÝ, ^aK. SVOBODA, ^aO. TRNKA, ^bD. BAXTER, and ^aM. HARTMAN**

^aInstitute of Chemical Process Fundamentals, Academy of Sciences of the Czech Republic, CZ-165 02 Prague
e-mail: hartman@icpf.cas.cz

^bJoint Research Center of EC, NL-1755 ZG Petten, The Netherlands

Received 1 April 2005

energy&fuels

Cite This Energy Fuels 2018, 32, 2355–2363

pubs.acs.org/EF

Fluidized Bed Incineration of Sewage Sludge in O₂/N₂ and O₂/CO₂ Atmospheres

Jaroslav Moško^{a,*}, Michael Pohořelý^{1,2}, Boleslav Zach^{1,2}, Karel Svoboda^{1,2}, Tomáš Durdá²,
Michal Jeremáš¹, Michal Šýc¹, Šárka Václavková¹, Sierhei Skobla¹, Zdeněk Beňo¹ and Jiří Brynda^{1,11}

¹Institute of Chemical Process Fundamentals of the Czech Academy of Sciences, v. v. i., Rozvojová 135, 165 02, Prague 6-Suchbát, Czech Republic

²Department of Power Engineering, and ³Department of Gaseous and Solid Fuels and Air Protection, University of Chemistry and Technology Prague, Technická 5, 166 28, Prague 6, Czech Republic

¹¹Faculty of the Environment, University of Jan Evangelista Purkyně, Králova Věsta 7, 400 96 Ústí nad Labem, Czech Republic



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Powder Technology 178 (2007) 166–172

POWDER
TECHNOLOGY

www.elsevier.com/locate/powtec

VERSITA

© 2007 Institute of Chemistry, Slovak Academy of Sciences
DOI: 10.2478/s11696-007-0017-4

Behaviour of Inorganic Constituents of Municipal Sewage Sludge during Fluidized-Bed Combustion

M. HARTMAN*, M. POHOŘELÝ, and O. TRNKA

Institute of Chemical Process Fundamentals, Academy of Sciences of the Czech Republic, CZ-165 02 Prague, Czech Republic
e-mail: hartman@icpf.cas.cz

Fluidization of dried wastewater sludge

Miloslav Hartman*, Michael Pohořelý, Otakar Trnka

Institute of Chemical Process Fundamentals AS CR, Rozvojová 135, 165 02 Prague 6 — Suchbát, Czech Republic

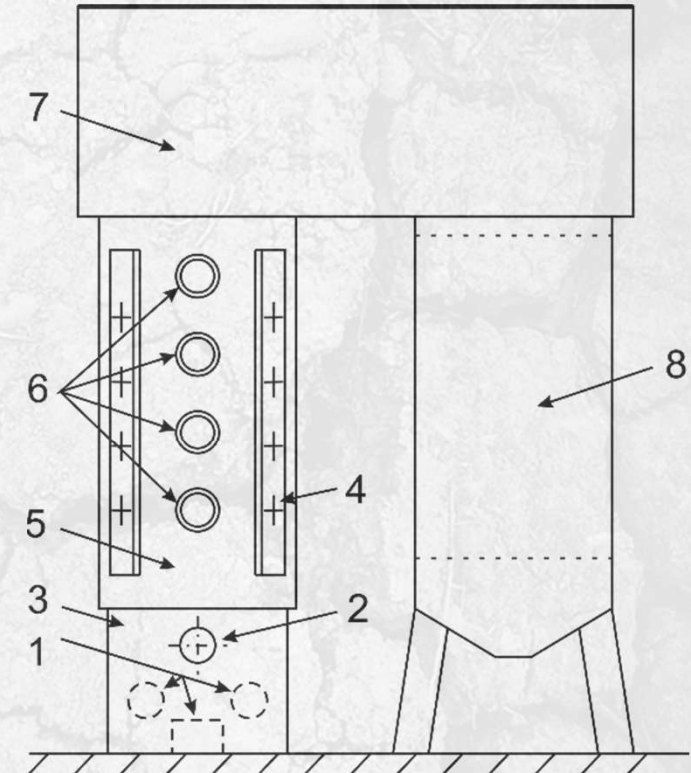
Received 21 July 2005; received in revised form 31 July 2006; accepted 27 April 2007
Available online 5 May 2007

Received 7 September 2006; Revised 18 December 2006; Accepted 21 January 2007



500 kW pilotní experimentální zařízení s bublinkovou fluidní vrstvou

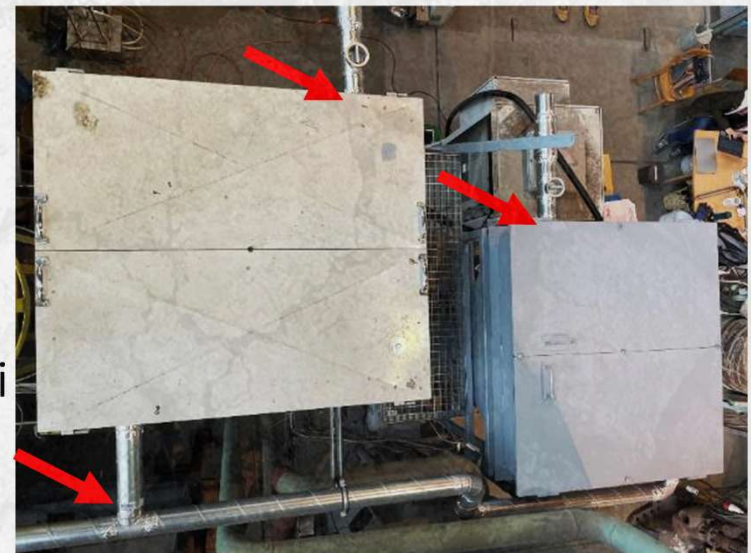
- TRL 5-6
- možnost spalovat různá paliva včetně režimu spolu-spalování
- spalovací komora a dohořivací prostor vybaveny keramickými vyzdívkami
- průtoky primárního a sekundárního vzduchu a recirkulovaných spalin jsou měřené a nezávisle regulovatelné



- 1) přívody primárního vzduchu, 2) přívod paliva,
3) oblast fluidní vrstvy, 4) přívody sekundárního vzduchu, 5) dohořivací prostor, 6) inspekční místa s měřením teplotního profilu, 7) přechodový tah, 8) žárotrubný výměník

Konstrukční úpravy nutné pro spalování SČK

- Dávkování paliva
 - pro bezpečný a stabilní provoz je nutné oddělit zásobníky kalu a co nejvíce palivových dopravníků od atmosféry spalovacího prostoru těsným rotačním podavačem
 - jinak se palivo v dopravnících zahřívá a může docházet k jeho termickému rozkladu
- Udržování podtlaku v násypkách a využití znečištěného vzduchu
 - dle technických podmínek provozu pro zařízení spalující odpad (vyhláška č. 415/2012 Sb.)
 - odsávaný vzduch přiveden na sání primárního ventilátoru
 - podtlak v násypkách řízen klapkami umístěnými na sání jednotlivých větví vzduchového potrubí





Provedené experimenty

- Na obou spalovacích zařízeních byly provedeny experimenty pro stanovení vlivu provozních parametrů spalovacího procesu na tvorbu plyných znečišťujících látek a teplotní profil spalin
- Díky vysokému obsahu síry a dusíku v palivu jsou nezbytná sekundární opatření pro redukci emisí SO_2 a NO_x s velmi vysokou účinností

		Vliv teploty fluidní vrstvy			Vliv stechiometrie spalování			Limit
t_{BFB}	[°C]	849	897	938	851	849	850	
φ_{O_2}	[% obj.]	9,12	8,40	8,82	5,92	9,12	12,18	
CO	[mg/m _N ³]	136	133	116	642	136	16	50
NO _x	[mg/m _N ³]	636	681	811	239	636	1199	200
SO ₂	[mg/m _N ³]	4545	4804	4326	4207	4545	3747	50
HCl	[mg/m _N ³]	6	5	44	14	6	52	10
HF	[mg/m _N ³]	0,5	0,4	0,6	0,3	0,5	0,8	1
TOC	[mg/m _N ³]	7,1	6,0	3,6	23,1	7,1	0,6	10



Nároky na čištění spalin

- Pro dostatečnou oxidaci prchavé hořlaviny a akceptovatelnou úroveň chemického nedopalu je potřeba přebytek vzduchu odvídající alespoň 11 % O₂ v suchých spalinách
- V tabulce porovnání měřených koncentrací plyných znečišťujících látek s platnými emisními limity

			Limit			Účinnost opatření [%]
			Měření	denní	půlhodinový	
					97%	
t_{BFB}	[°C]	850				
φ_{O_2}	[% obj.]	12,18				
CO	[mg/m _N ³]	16	50		100	-
NO _x	[mg/m _N ³]	1199	200	200	400	83.3
SO ₂	[mg/m _N ³]	3747	50	50	200	98.7
HCl	[mg/m _N ³]	52	10	10	60	80.8
HF	[mg/m _N ³]	0,8	1	2	4	-
TOC	[mg/m _N ³]	0,6	10	10	20	-

Legislativní limity

		Denní emisní limit [mg.m ³]							
		TZL	NO _x	SO ₂	TOC	HCl	HF	CO	NH ₃
BREF	nová zařízení		50–120	5–30	< 3–10	< 2– 6	< 1	10–50	2–10
	stávající zařízení	< 2–5 ⁽¹⁾	50–150 ⁽²⁾	5–40	< 3–10	< 2–8	< 1	10–50	2–10 ³
Česká legislativa		10	200	50	10	10	1	50	–
shoda		NE	NE	NE	ANO	NE	NE	ANO	NE

(1) U zařízení bez možnosti instalace tkaninových filtrů je horní limit 7 mg.Nm⁻³

(2) Povolena vyšší konec NO_x , pokud není možné použít selektivní katalytickou redukci 180 mg.Nm⁻³

(3) U stávajících zařízení vybavených selektivní nekatalytickou redukci bez mokrého čištění spalin je limit 15 mg.Nm⁻³

		Emisní limity							
		Cd+Tl	Sb+As+Pb+ Cr+Co+Cu+ Mn+Ni+V	PCDD/F	PCDD/F	PCDD/F + dioxin- like PCBs (1)	PCDD/F + dioxin- like PCBs (1)	Hg	Hg
		mg.Nm ⁻³	mg.Nm ⁻³	ng I-TEQ/Nm ⁻³	ng I-TEQ/Nm ⁻³	ng WHO-TEQ.Nm ⁻³	ng WHO-TEQ.Nm ⁻³	mg.Nm ³	mg.Nm ³
BREF	nová zařízení	0,005–0,02	0,01–0,3	< 0.01–0.04	< 0.01–0.06	< 0.01–0.06	< 0.01–0.08	< 0,005–0,02	< 0,005–0,02
	stávající zařízení			< 0.01–0.06	< 0.01–0.08	< 0.01–0.08	< 0.01–0.1	0,001–0,01	0,001–0,01
	měření	2x ročně	2 x ročně	2x ročně	dlouhodobě	2x ročně	dlouhodobě	denní	dlouhodobě
Česká legislativa									
		0,05	0,5	0,1	–	–	–	0,05	–
	měření	2x ročně	2 x ročně	2x ročně				2x ročně	
shoda		NE	NE	NE	–	–	–	–	–

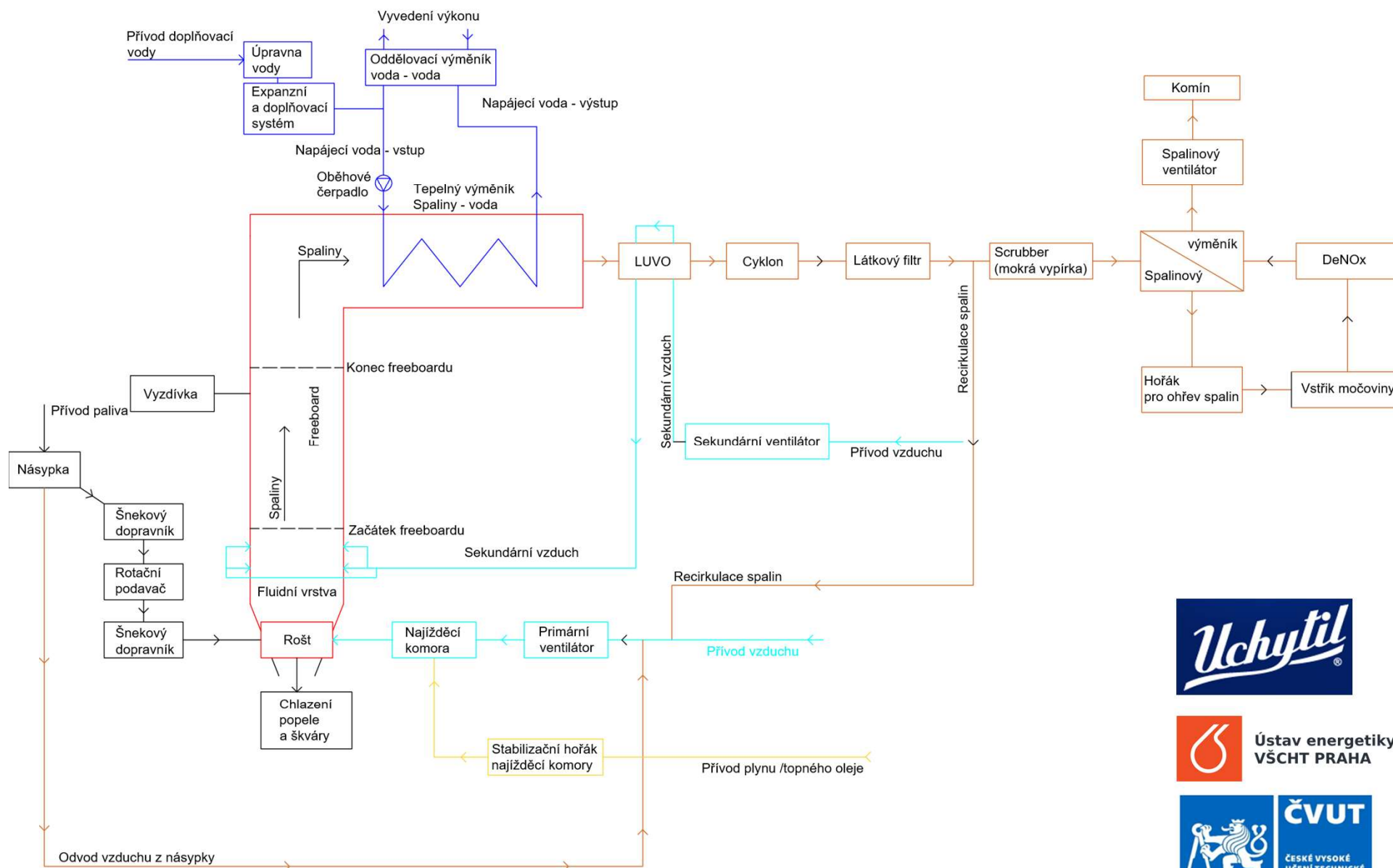
(1) Dlouhodobý typ odběru: vzorkování 1x měsíčně do dlouhodobé statistiky

Prováděcí rozhodnutí Komise (EU) 2019/2010, kterým se stanoví závěry o nejlepších dostupných technikách (BAT) pro spalování odpadu podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU.

Vyhláška č. 415/2012 Sb. o přípustné úrovni znečišťování

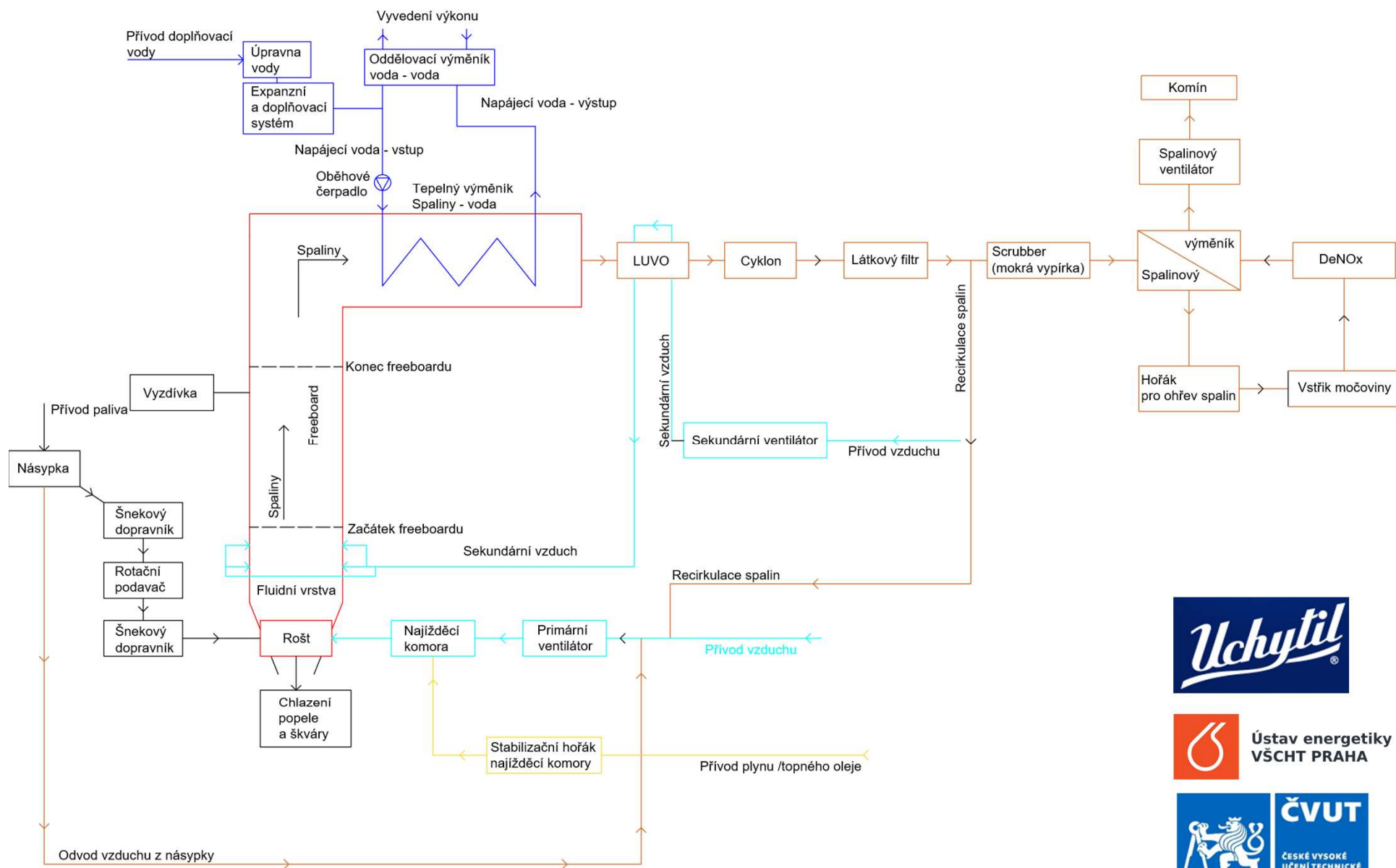
Technické podmínky spalování odpadů

- v zásobníku odpadu je trvale udržován podtlak a odsávaný vzduch přiváděn do ohniště,
- struska a popel obsahují méně než 3 % TOC, nebo ztráta žíháním je menší než 5 % hmotnosti suchého materiálu,
- **odpadní plyn je za posledním přívodem spalovacího vzduchu ohřát v celém profilu na teplotu $\geq 850^{\circ}\text{C}$ po dobu nejméně 2 s**, pokud se spaluje NO s obsahem organických sloučenin chloru $> 1\%$, vyjádřených jako Cl, musí být teplota $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ po dobu nejméně 2 s,
- ve spalovně se automaticky zapnou hořáky, který nesmí spalovat palivo, jehož spálením by vznikly vyšší emise než ze spalování plynového oleje, zkapalněného plynu nebo zemního plynu, v těchto případech:
 - pokud teplota odpadního plynu po posledním vstřiku spalovacího vzduchu klesne pod stanovenou teplotu 850°C nebo 1100°C (dle typu odpadu),
 - během uvádění spalovny do provozu nebo jejího odstavování (dohoření nespáleného odpadu)
- při uvádění spalovny do provozu nebo odstavování, v případě poklesu teploty pod stanovenou minimální mez (850°C nebo 1100°C) nebo v případě překročení některého ze specifických emisních limitů bude automaticky zabráněno přívodu odpadu do spalovacího prostoru
- odpady ze zdravotnické a veterinární péče, na jejichž sběr a odstraňování jsou kladeny zvláštní požadavky, se dávkují přímo
- **doba provozu spalovny nesmí být při překročení specifických emisních limitů delší než 4 h, v součtu nesmí překročení limitů přesáhnout 60 h v jednom kalendářním roce**



<i>Množství kalu - odvodněný</i>	4536	<i>t/rok</i>
<i>Sušina kalu - odvodněný kal</i>	25	<i>%</i>
<i>Množství kalu - odvodněný SUŠINA</i>	1134	<i>t/rok</i>
Sušina kalu - sušený kal	10	%
Množství kalu - sušený	1260	t/rok
Provozní doba	7000	h/rok
Množství kalu - sušený	180	kg/h
Výhřevnost	12	MJ/kg
Tepelný příkon zařízení	0,60	MW

Jmenovitý Výkon kotle	0,5 MW	1 MW	2 MW
Cena za kotel včetně periferií a komín	21 900 000 Kč	24 100 000 Kč	27 700 000 Kč
Cena za technologii čištění spalin	22 800 000 Kč	25 100 000 Kč	28 900 000 Kč
Cena za silnoproud, MaR a uvedení do provozu	8 100 000 Kč	8 500 000 Kč	8 900 000 Kč
Cena za kontinuální měření spalin	3 600 000 Kč	3 600 000 Kč	3 600 000 Kč
Celkem	56 400 000 Kč	61 300 000 Kč	69 100 000 Kč





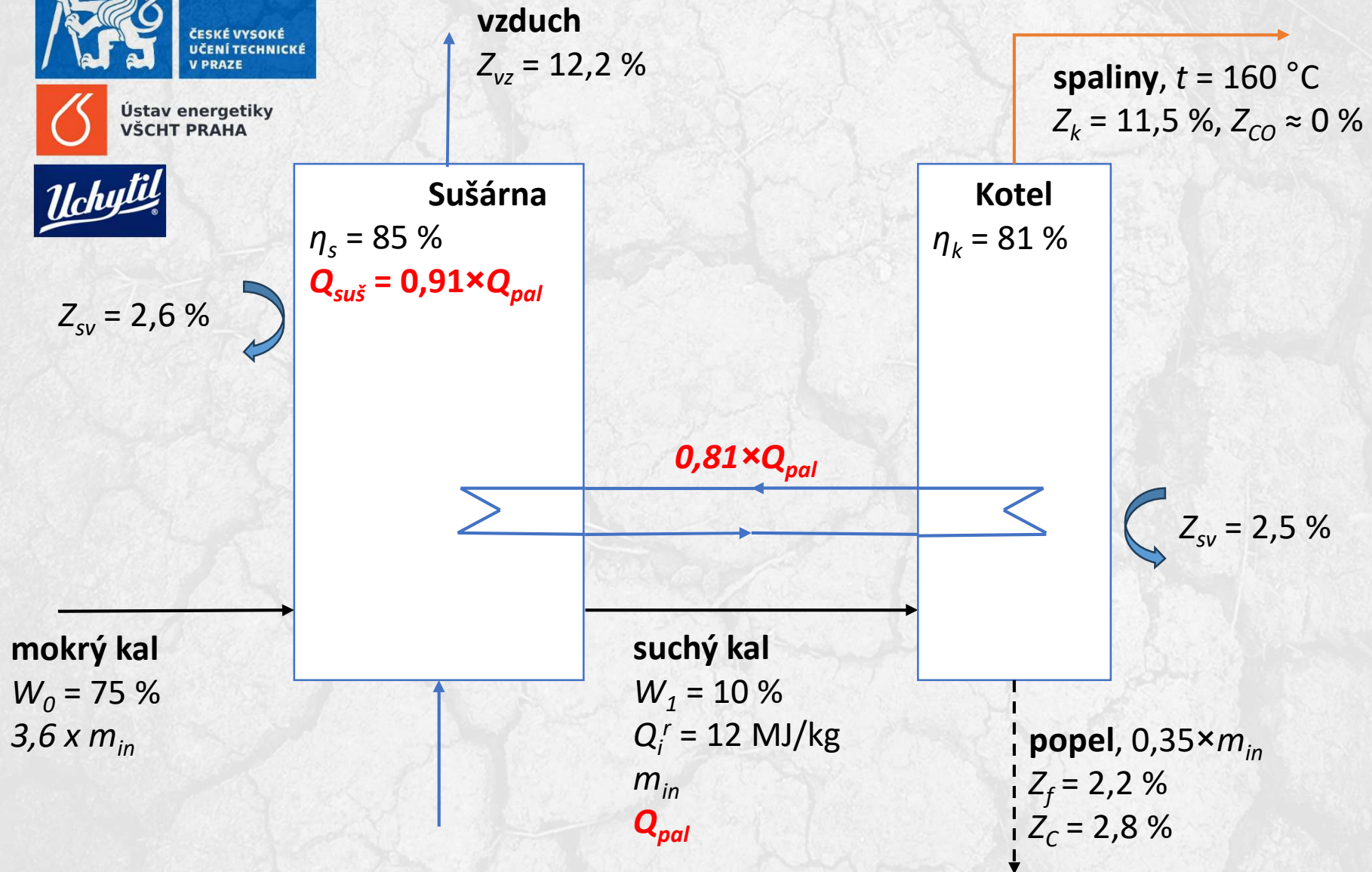
ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE



Ústav energetiky
VŠCHT PRAHA



Konzervativní bilance





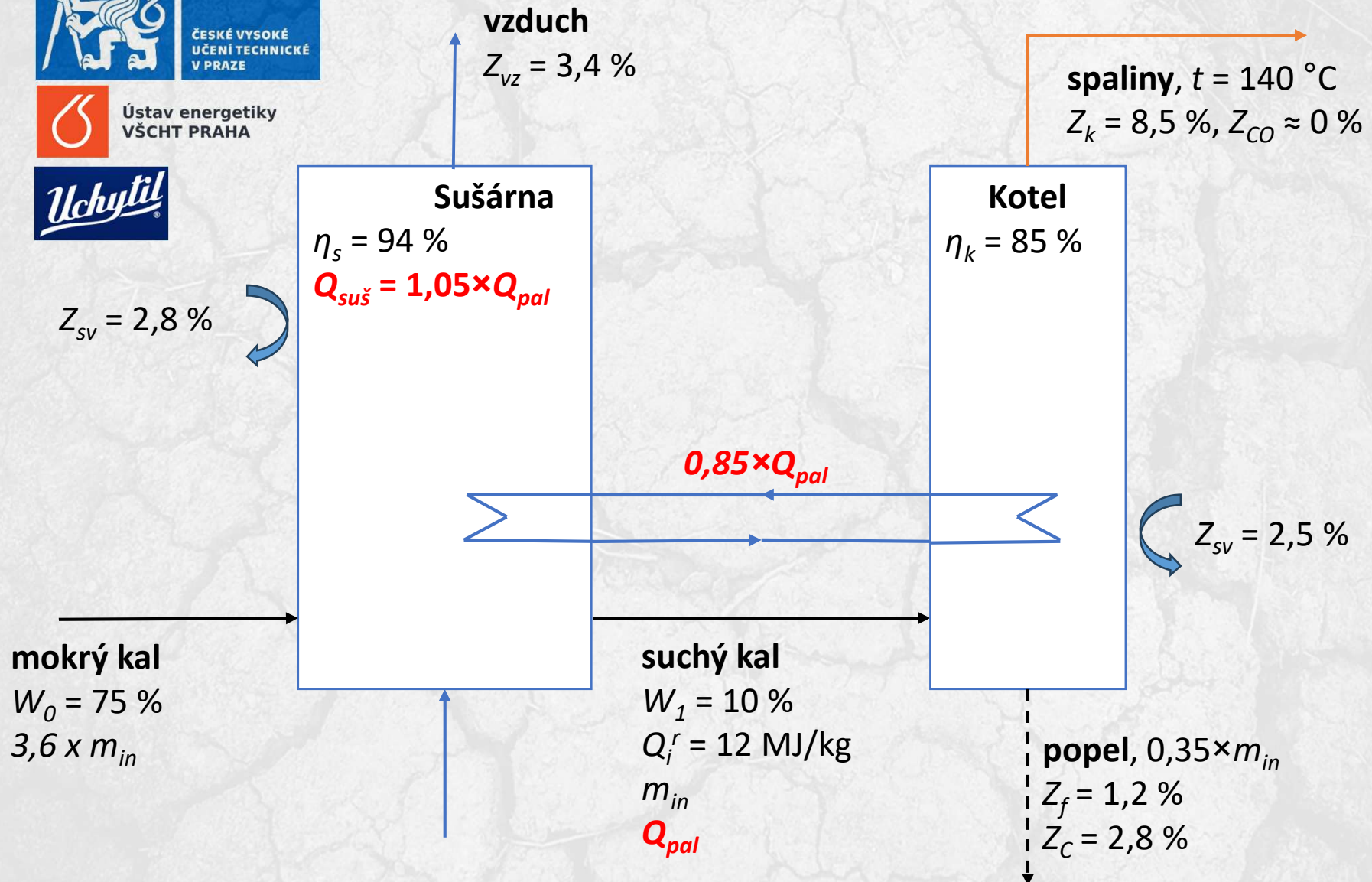
ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE



Ústav energetiky
VŠCHT PRAHA



Balance

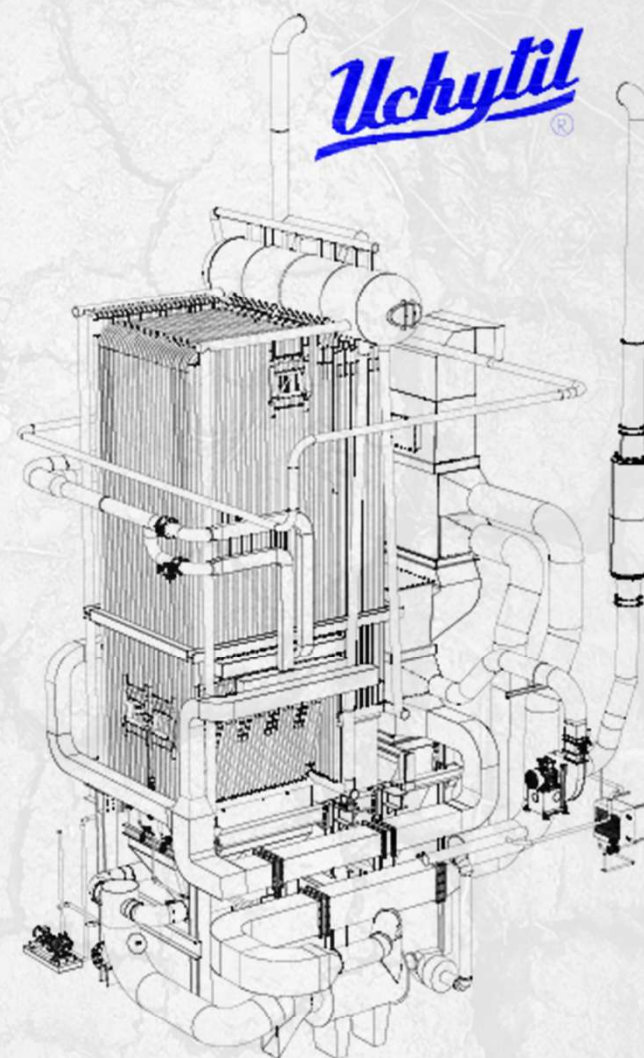


Reference



Bruntál	Výkon pára t/h	Parametry	Palivo
K4.1	4	teplota 220-250°C tlak 12 bar	Hnědé uhlí- HP2 Bílina
K2.1	8	teplota 220-250°C tlak 12 bar	Hnědé uhlí- HP2 Bílina
K3.1	8	teplota 220-250°C tlak 12 bar	Hnědé uhlí- HP2 Bílina

Klatovy	Výkon pára t/h	Parametry	Palivo
K4	10-12	teplota 330°C tlak 24 bar	Hnědé uhlí- HP2 Bílina



**TECHNOLOGIE NA SPALOVÁNÍ UHLÍ
S PRVKY FLUIDNÍ TECHNIKY
KLATOVSKÁ TEPLÁRNA a.s.
2006 ÷ 2008**

Teplárna Klatovy



Reference

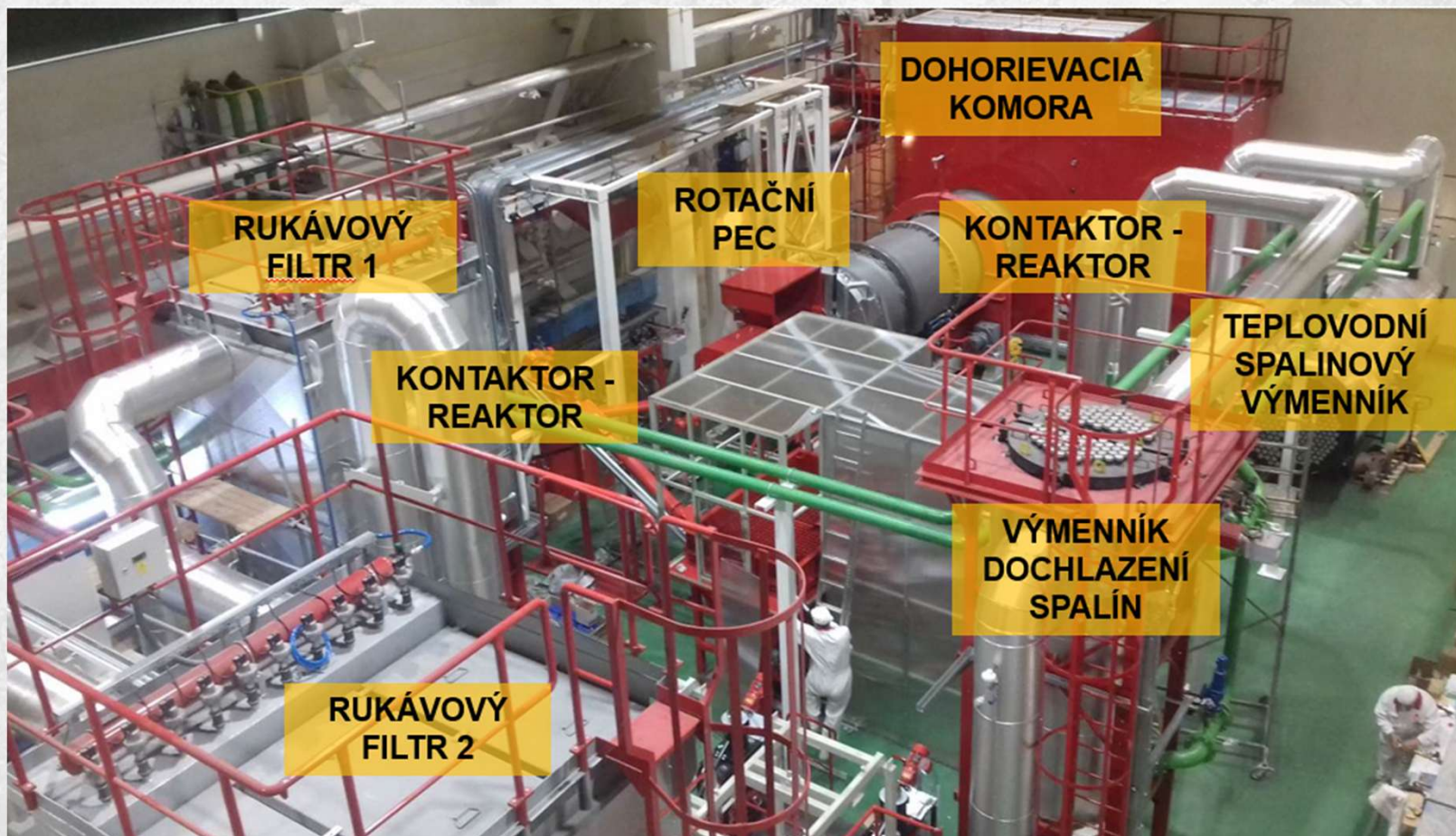


Název zakázky	Objednatel, sídlo	Adresa realizace	Realizace v období (začátek/konec)	Finanční objem zakázky	Stručný popis předmětu zakázky
Rekonstrukce spalovny nebezpečných odpadů	Archiv SB, a.s., Priemyselná 1974/1, 03101, Liptovský Mikuláš	Priemyselná 1974/1, 03101, Liptovský Mikuláš	08/2010-08/2011	30 mil. Kč	Kompletní rekonstrukce spalovny nebezpečných odpadů sestávající z rekonstrukce budovy spalovny, z rekonstrukce komorové pece Hoval GG 24, termoreaktoru a dvoustupňového čištění kouřových plynů včetně zachycování látek typu PCDD/F. Výkon spalovací pece – 250 kg/hod Vstupní koncentrace SO ₂ – 1450 mg/Nm ³ Výstupní koncentrace SO ₂ – 36 mg/Nm ³
Rekonstrukce technologie spalovny s rotační pecí	AS Lorenz@Epler, Ravila 75A, Tartu, Estonsko	AS Lorenz@Epler, Ravila 75A, Tartu, Estonsko	2016	300 tis EURO	Kompletní rekonstrukce rotační spalovací pece včetně opravy žárové vyzdívky a pohonu pece. Dodávka nového čela rotační pece včetně dávkovače kusového odpadu a dávkovače šnekového a úpravy pro dávkování kapalných odpadů.
Stavba nové technologie spalovny nebezpečných odpadů	JAVYS, a.s., Tomášikova 22, 821 02 Bratislava	JAVYS, a.s., Jaslovské Bohunice objekt 809	2019–2021	2,5 mil EURO	Kompletní dodávka technologického zařízení spalovny s rotační pecí, komory dodatečného spalování, utilizace tepla včetně chladicí věže a suchého pětistupňového čištění kouřových plynů s uvedením celé technologie do provozu. Technologie je určena pro spalování nebezpečných a radioaktivních odpadů vznikajících ve zvláštních provozech.
Stavba nové technologie čištění kouřových plynů	BIO MOBITEK Ltd, Kaevuri 2a, Kohtla-Järve, Estonia	Eesti Keskkonnateenus ed AS, Arteli 15, Tallinn, Estonia	2022	0,3 mil EURO	Dodávka kompletní technologie pro čištění kouřových plynů. Jedná se o komplexní dodávku technologie suchého čištění kouřových plynů včetně zásobního sila a textilního filtru pro spalovnu na spalování alternativního paliva (RDF) vyráběného z tříděného komunálního odpadu. Celkový výkon spalovny je 5 MW.

SMS
AGRO



Reference



spalovna nebezpečných odpadů JAVYS, a.s.,



VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE



Práce vznikla díky finanční podpoře projektu **TK05020001 – Fluidní technologie pro decentralizované energetické využití vysušených čistírenských kalů** a v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A1_FTOP_2026_001.

Poděkování členům řešitelského týmu:

VŠCHT Praha - Jaroslav Moško, Matěj Hušek, Stella Špirochová

ČVUT Praha - Jan Hrdlička, Matěj Vodička, Pavel Skopec

Uchytíl s.r.o. - Matěj Obšil

Mentoři ÚCHP AVČR – doc. Ing. Miloslav Hartman, DrSc., doc. Ing. Karel Svoboda CSc.,
Ing. Václav Veselý, CSc.