

REGIONÁLNÍ CENTRUM NÍZKOENERGETICKÉ TRANSFORMACE ČISTÍRENSKÉHO KALU S VYUŽITÍM SOLÁRNÍHO SUŠENÍ A ENERGIE KALU

Michal Ašer*, Miroslav Kos**, Pavel Martan*, Aleš Mucha*



- 1. Zhodnocení současného stavu**
- 2. Důvody pro návrh nízkoenergetické transformace čistírenského kalu**
- 3. Základy solárního sušení**
- 4. Solární sušení s dodatečným vytápěním**
- 5. Důvody pro použití pyrolýzy jako zdroje tepla**
- 6. Regionální kalové centrum Rožná – ideový návrh řešení**
- 7. Souhrn**



- Současné změny v náhledu na nakládání s kaly jsou vyvolány celou řadou současných či budoucích omezení z hlediska dříve konvenční likvidace kalů nebo podmínek pro využívání kalů.
- Tato omezení jsou nevyhnutelným důsledkem několika významných trendů:
 - Postupné snižování dostupnosti skládek pro likvidaci biologicky rozložitelných odpadů (závěrný bod rok 2024),
 - Zvýšený odpor k zemědělskému využití ze strany zemědělců pod tlakem informací o změnách složení kalů,
 - Zásadně odlišná složení kalů oproti minulosti, především u těžkých kovů, specifických organických mikropolutantů, zbytků léčiv a jejich derivátů, mikroplastů, drog apod.,
 - Příprava nových evropských i národních předpisů pro využívání kalů do půdy,
 - Cíleně zvyšující se náklady za ukládání na skládky s cílem zabránění ukládání organických látek na skládky,
 - Otevírající se možnost využití energetického potenciálu kalů jako paliva,
 - Tlak na uplatňování filozofie oběhového hospodářství (Circular Economy), čistírenský kal je a bude významnou součástí této filosofie,
 - Získávání některých cenných materiálů, obsažených v kalech, jako je především fosfor, v blízké budoucnosti reálně tzv. kritický materiál v EU.

Přístupy:

- ✓ princip předběžné opatrnosti, kdy se již zakazuje jakákoliv aplikaci kalů v zemědělství (hlavní důvod mikropolutanty)
- ✓ využívání nedokonalosti současné směrnice EU o hnojivech (proto bude novelizována) a lokálních směrnic
- ✓ Pasivní postoj – „Co zmohou zákony tam, kde vládnou jen peníze?“ (Gaius Titus Petronius)

Likvidace čistírenských kalů je v současné podobě (jako odvodněný kal) s ohledem na možný potenciál drahá a je součástí nákladů na čištění odpadních vod.

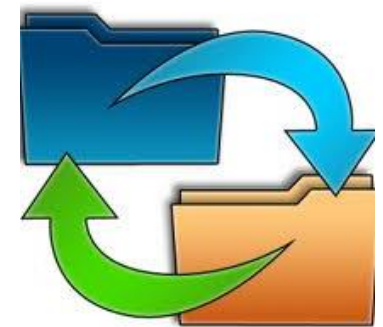
Náklady na likvidaci kalů jsou stanoveny podle hmotnosti. Mechanicky odvodněné kaly typicky obsahují 70 až 85 % vody. Doprava kalů je tak často jedním z významných nákladů na jejich likvidaci.

Skladování takto odvodněných kalů je obtížné s reálnými dopady na okolní prostředí, rozhodně vyžaduje zabezpečení na ochranu podzemních vod. V důsledku objemu a formy odvodněného kalu, jsou nezbytné velké skladovací kapacity pro uložení odvodněného kalu před jeho půdní aplikací, která je možná jen za vhodných agrotechnických podmínek.

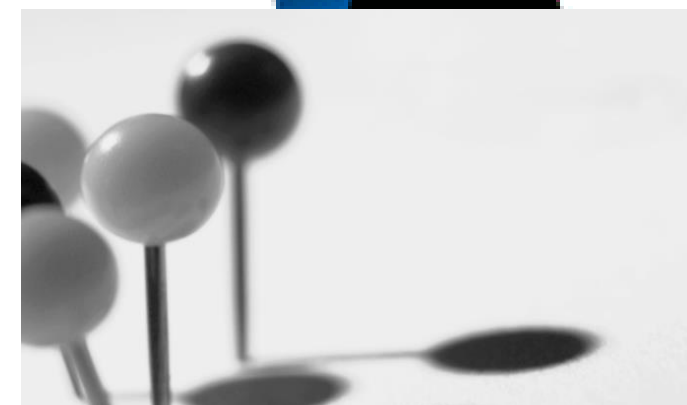
V důsledku vysokého obsahu vody je velmi obtížné udržet mikrobiologickou stabilitu kalů třeba již hygienizovaných kalů a zápach spolu s produkcí metanu (skleníkový plyn) je logickým doprovodným jevem.

Sušina odvodněných kalů je poměrně energeticky bohatá, ale čím více vody odvodněný kal obsahuje, tak se tato přednost ztrácí díky negativnímu účinku obsahu vody na energetickou bilanci při spalování. Často je třeba při termické likvidaci nebytné přidat jiné palivo.

Poplatky za spalování jsou kalkulovány z velké části v závislosti na kalorické hodnotě odvodněného kalu, tedy čím vlhčí kal, tím vyšší spalovací poplatek.



- Je evidentní, že základem dalšího zpracování čistírenských kalů je mnohem vyšší odstranění vody, než je tomu v současnosti.
- Proces odvodnění hraje významnou roli před vlastním sušením.
- Sušením odvodněného kalu např. z 25 % sušiny na 80 % se významně sníží hmotnost kalu, v uvedeném případě na 30 % hmotnosti zahuštěného kalu



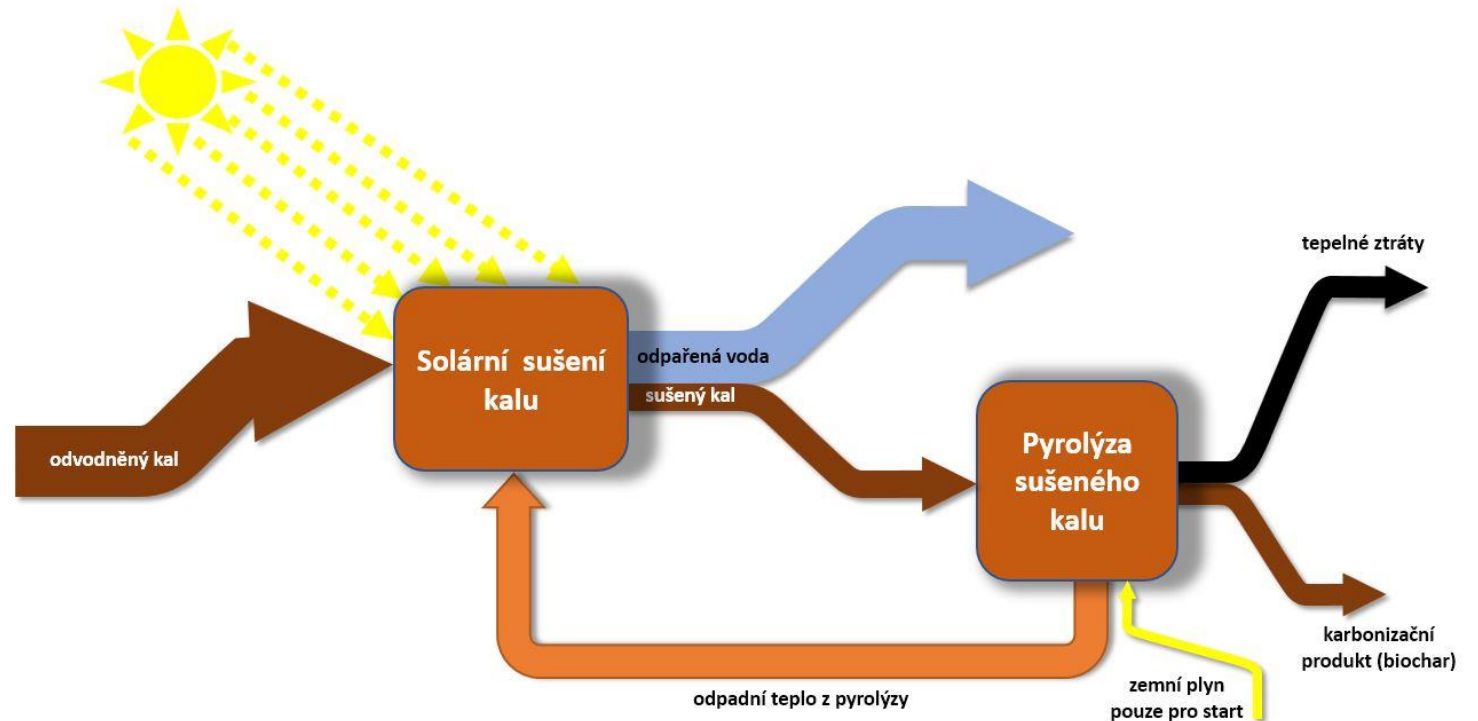
- ❖ Sušina kalu je dobrým energetickým zdrojem, přičemž ceny energií trvale porostou,
- ❖ K účinnému sušení kalu je nezbytný dodatečný (externí) zdroj tepla,
- ❖ K využití kalu do budoucna potřebujeme zajistit nejen jeho hygienizaci (současný požadavek), ale i odstranění mikropolutantů (evidentně výhledový požadavek),
- ❖ Kal je současným i výhledovým obnovitelným zdrojem fosforu, tj. transformace by měla být vedena směrem umožňujícím využití produktu ke hnojení,
- ❖ Regionální zpracování kalů je nákladově efektivnější než rozptýlený systém zpracování,
- ❖ V ČR pravděpodobně nevzniknou velká regionální centra s ohledem na vysokou investiční náročnost a jistý systémový odpor ke spalovacím procesům, které jsou typické pro velké zpracovatelské kapacity pro kaly.
- ❖ Nejlevnějším a obnovitelným zdrojem tepla je sluneční záření,
- ❖ S výhodou lze v našich klimatických podmínkách kombinovat solární energii a energii kalu uvolněnou termochemickým procesem při transformaci kalu,
- ❖ Řešení musí mít minimalizovány energetické nároky a dopady na životní prostředí.
- ❖ Kvalita kalu musí vyhovovat budoucímu využití (musí být provedeny rozborů kalů pro zjištění energetických hodnot kal a kvality kalu)



Koncepce nízkooenergetické transformace odvodněných čistírenských kalů spočívá v následujících procesech:

- **Solární sušení odvodněných kalů,**
- **Pomalá pyrolýza sušeného kalu,**
- **Využití odpadního tepla z pyrolýzy pro posílení sušení kal v solární sušárně,**
- **Vyprodukování transformovaného materiálu (karbonizovaného kalu) s předpokladem využití jako fosforečné hnojivo.**

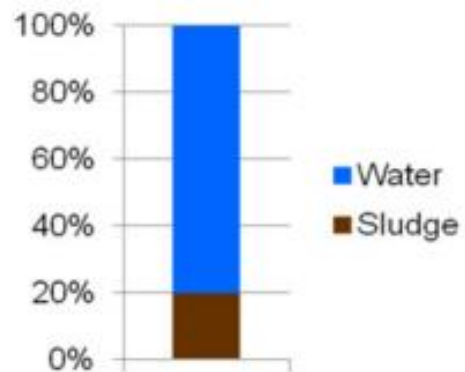
Využití produktu pyrolýzy (karbonizát, biochar) jako hnojivé komponenty s vysokým obsahem fosforu, což předpokládáme v souladu s návrhem EU (2017) směrnice o certifikovaných hnojivech.



- Solární sušárna je ventilovaný skleník
- Solární sušárna pracuje s řízeným využitím slunečního záření, které ohřívá vzduch až na teplotu 50 °C. Většina sluneční energie však není využita pro ohřev vzduchu, ale jako entalpie odpařování.
- Vzduch ve skleníku je současně vyhříván slunečním zářením a ochlazován odpařováním vody, oba procesy jsou v rovnováze.
- Solární sušárna se skládá z betonové nebo asfaltové základny, na kterou jsou uloženy betonové prefabrikáty, jenž tvoří boční stěny sušárny a zároveň podklad pro uchycení skleníkové konstrukce.
- Skleníková konstrukce je pokryta buď speciální fólií nebo průhlednými plastovými nebo skleněnými tabulemi.
- V hale instalován větrací systém pro řízenou cirkulaci vzduchu, jehož součástí jsou větrací klapky a ventilátory.
- Součástí vnitřního vybavení je také systém pro prohrabávání, převrácení a posun kalu od jedné strany ke druhé. Provoz větracího systému a zařízení na prohrábkou a posun kalu je řízen automatickým ovládacím systémem.
- Usušený kal se hromadí v koncové části solární sušárny, které má sníženou úroveň plochy pro vytvoření zásobního prostoru. Odvodněný kal je obvykle dopravován do solární sušárny od odvodňovacího zařízení šnekovým dopravníkem. V případě svozů kalů je kal svážen do zásobníku na kal a odtud přiváděn dopravníkem do solární sušárny.
- Solární sušárna s dotací vytápění z externího zdroje tepla je velmi zajímavou variantou pro naše klimatické podmínky. Dochází tak ke stabilizaci provozu a redukci potřebné plochy solární sušárny.



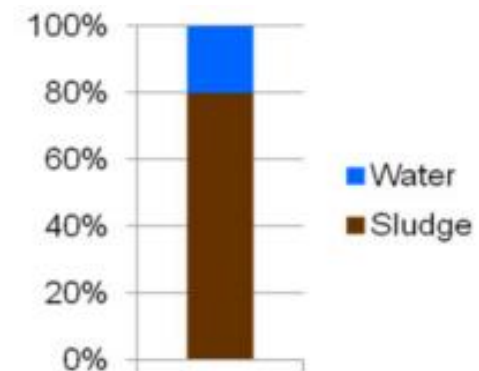
Odvodněný čistírenský kal



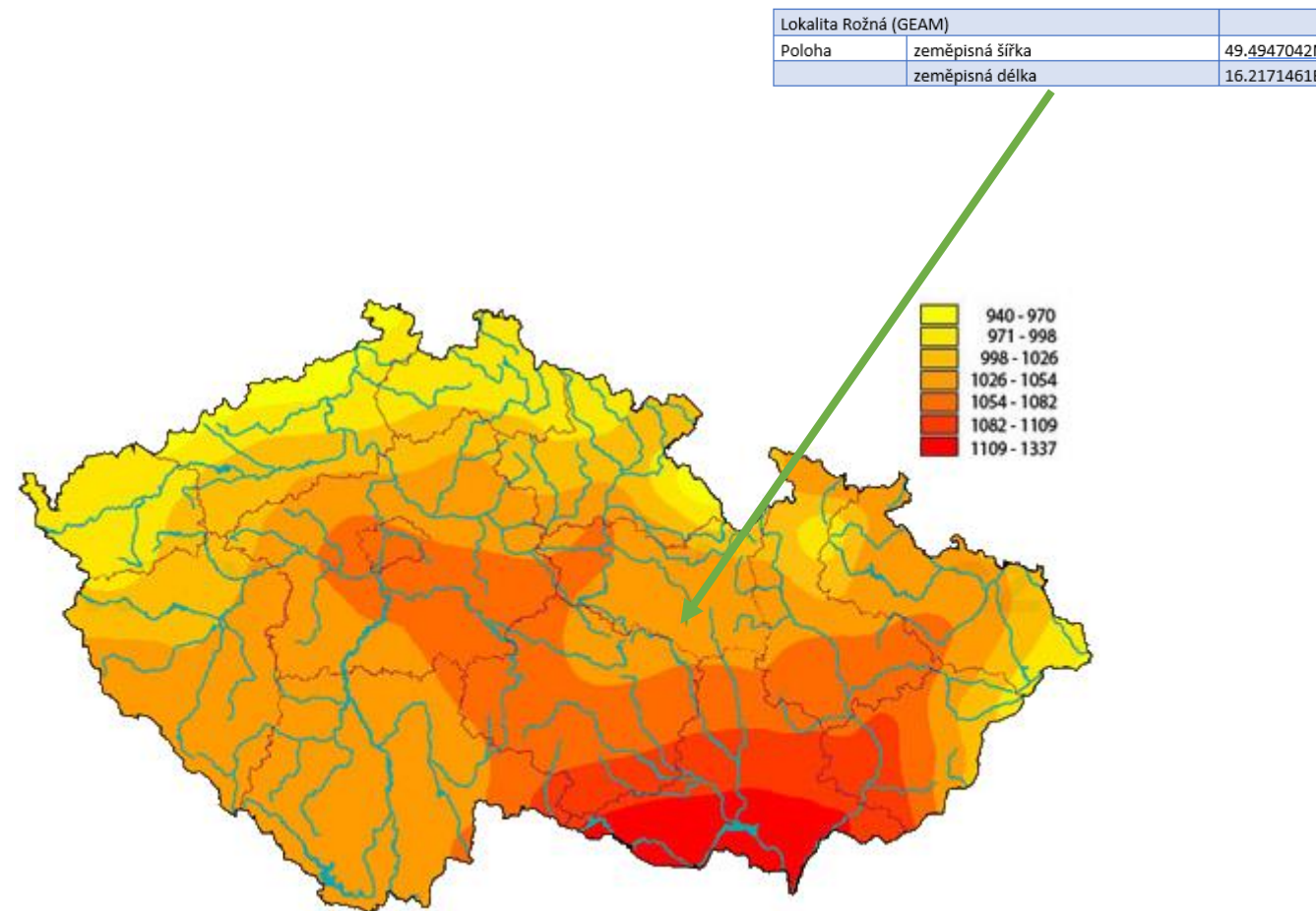
Solar drying



Solárně sušený kal

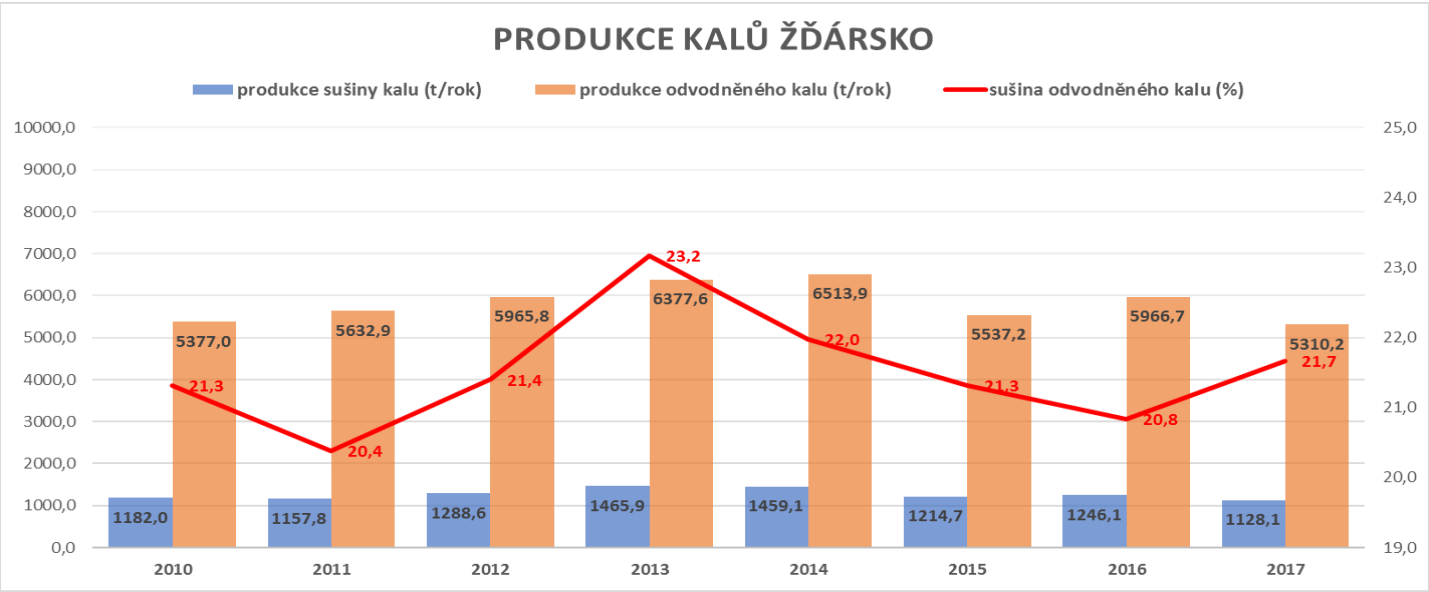


- Na území České republiky se nachází několik pásem s průměrným ročním úhrnem globálního záření od 945 do 1 140 kWh/m²
- Největší vliv na hodnotu odparu mají:
 - kontrolovatelné proměnné, kterými jsou ventilace a přehrabování kalu a
 - nekontrolovatelné proměnné, kterými jsou teplota vzduchu, vlhkost vzduchu.

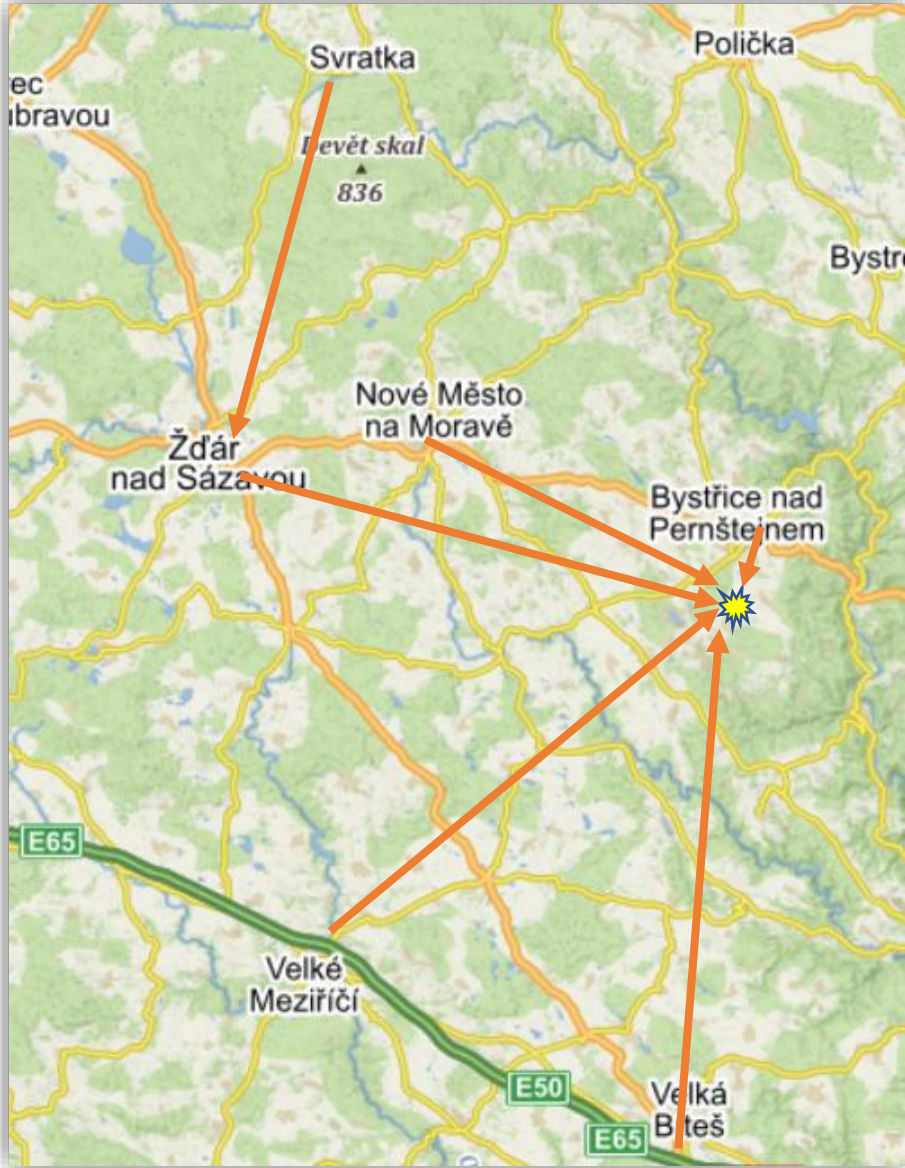


Zadání projektu - výhledová produkce kalů v roce 2040

	produkce sušiny	sušina odvod. kalu	množství odvod. kalu	podíl na celkové produkci
	t suš. / rok	% hmot.	t (m ³) / rok	t (m ³) / rok
ČOV Žďár nad Sázavou	694,0	21,5	3 227,9	3 507,9
ČOV Svatka	56,0	20,0	280,0	
ČOV Nové Město na Moravě	269,5	22,0	1 225,0	5 834,0
ČOV Bysřice nad Pernštejnem	388,8	24,0	1 620,0	
ČOV Velké Meziřičí	462,1	25,0	1 848,4	
ČOV Velká Bíteš	182,5	16,0	1 140,6	
celkem	2 052,9		9 341,9	

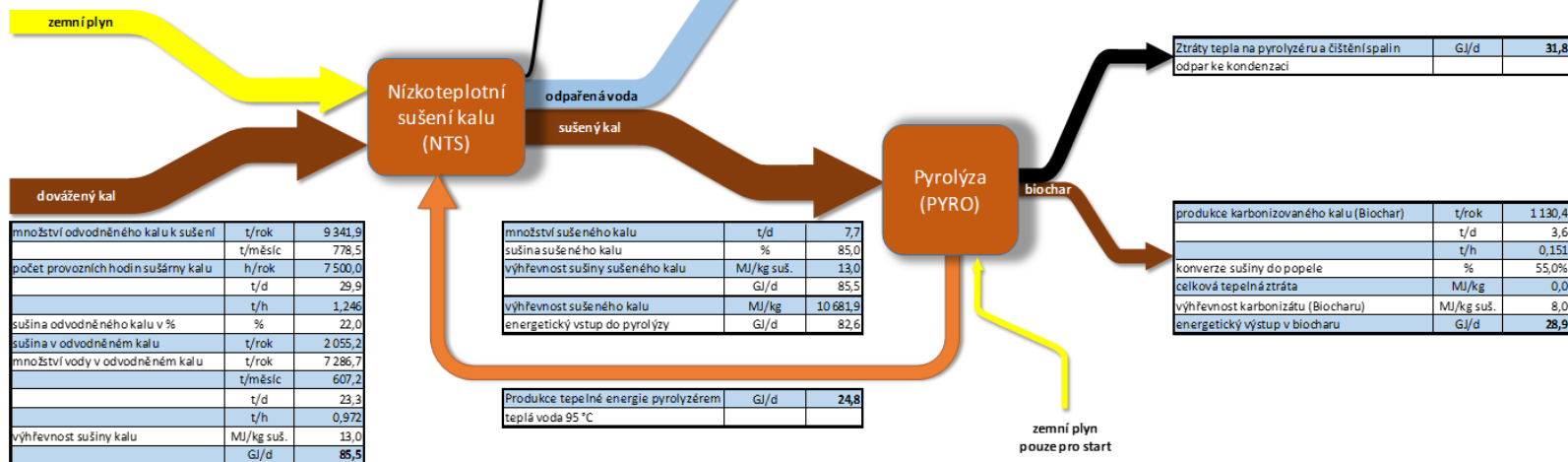


Kaly a odpady 2018



Porovnání 2 variant (nizkoteplotní sušení x solární sušení)

potřebné množství tepla	GJ/d	66,3
výhřevnost ze zemního plynu	MJ/Nm ³	33,5
potřebné množství plynu bez pyrolýzy	Nm ³ /d	1 978,3
potřebné množství tepla s pyrolýzou	GJ/d	41,5
potřebné množství plynu s pyrolýzou	Nm ³ /d	1 238,1



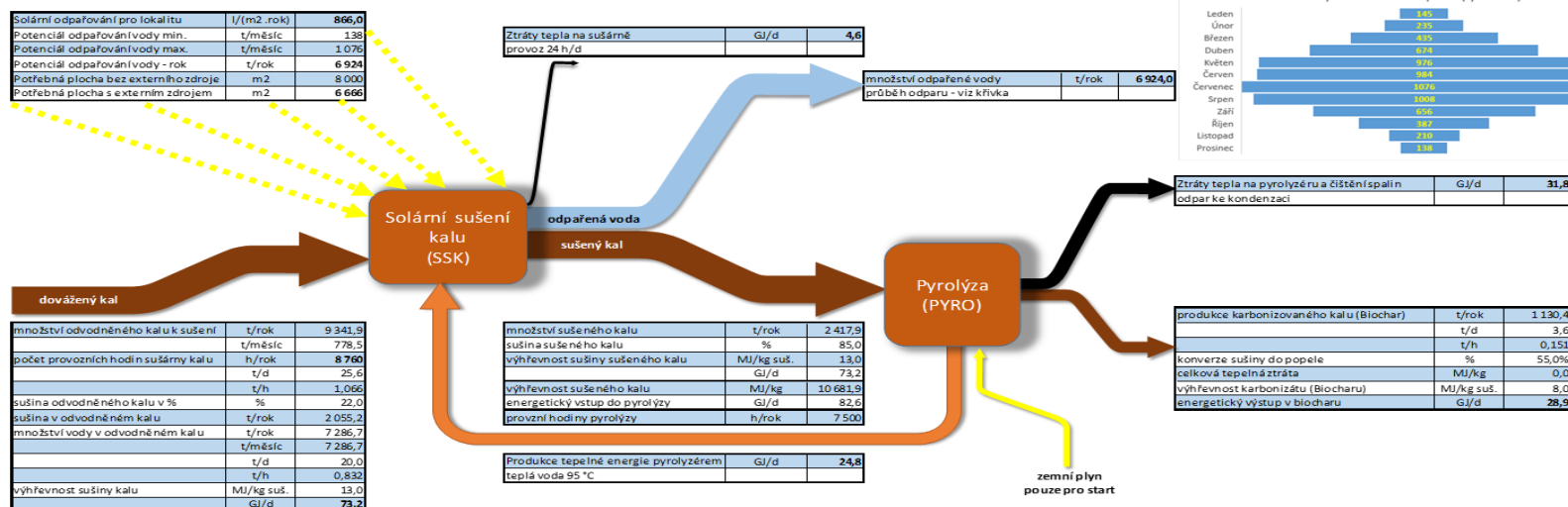
množství odvodněného kalu k sušení	t/rok	9 341,9
	t/měsíc	778,5
počet provozních hodin sušárny kalu	h/rok	7 500,0
	t/d	29,9
	t/h	1,246
sušina odvodněného kalu v %	%	22,0
sušina v odvodněném kalu	t/rok	2 055,2
množství vody v odvodněném kalu	t/rok	7 286,7
	t/měsíc	607,2
	t/d	23,3
	t/h	0,972
výhřevnost sušiny kalu	MJ/kg suš.	13,0
	GJ/d	85,5

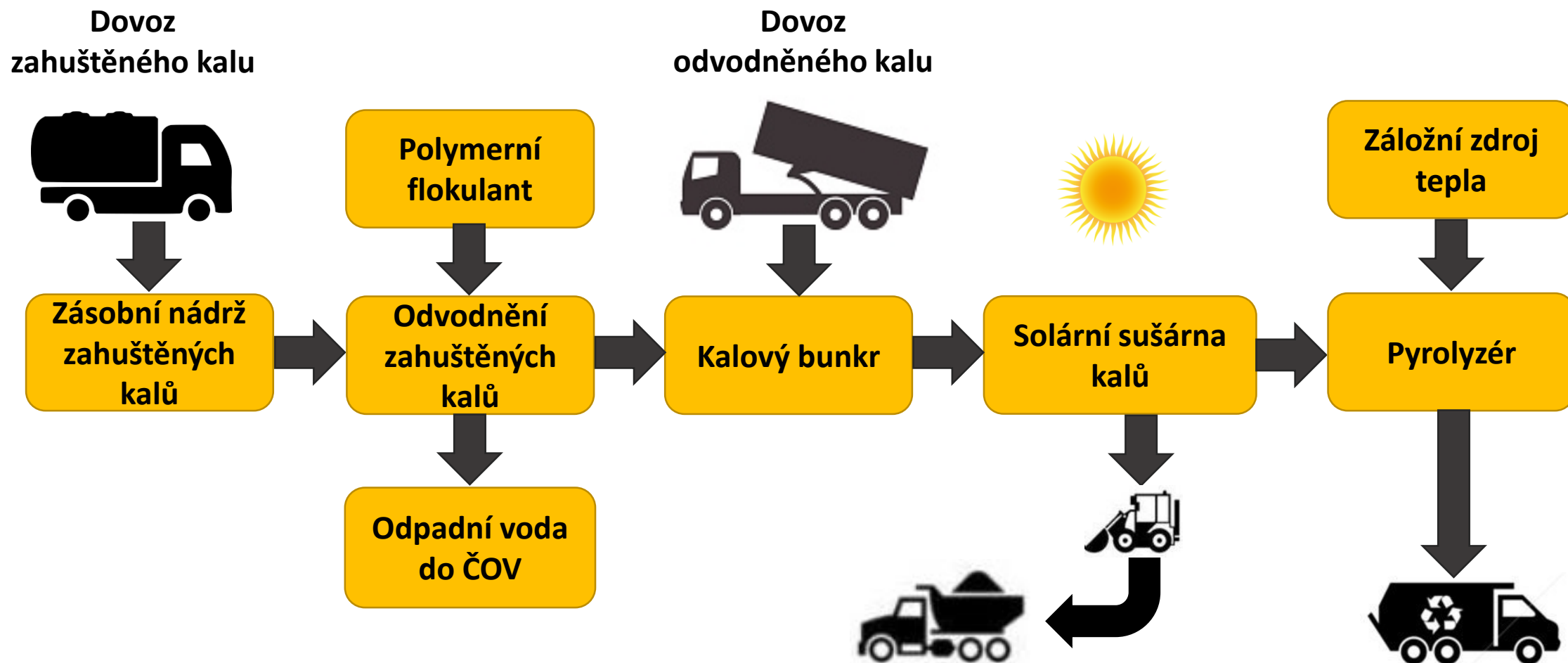
množství sušeného kalu	t/d	7,7
sušina sušeného kalu	%	85,0
výhřevnost sušiny sušeného kalu	MJ/kg suš.	13,0
	GJ/d	85,5
výhřevnost sušeného kalu	MJ/kg	10 681,9
energetický vstup do pyrolýzy	GJ/d	82,6

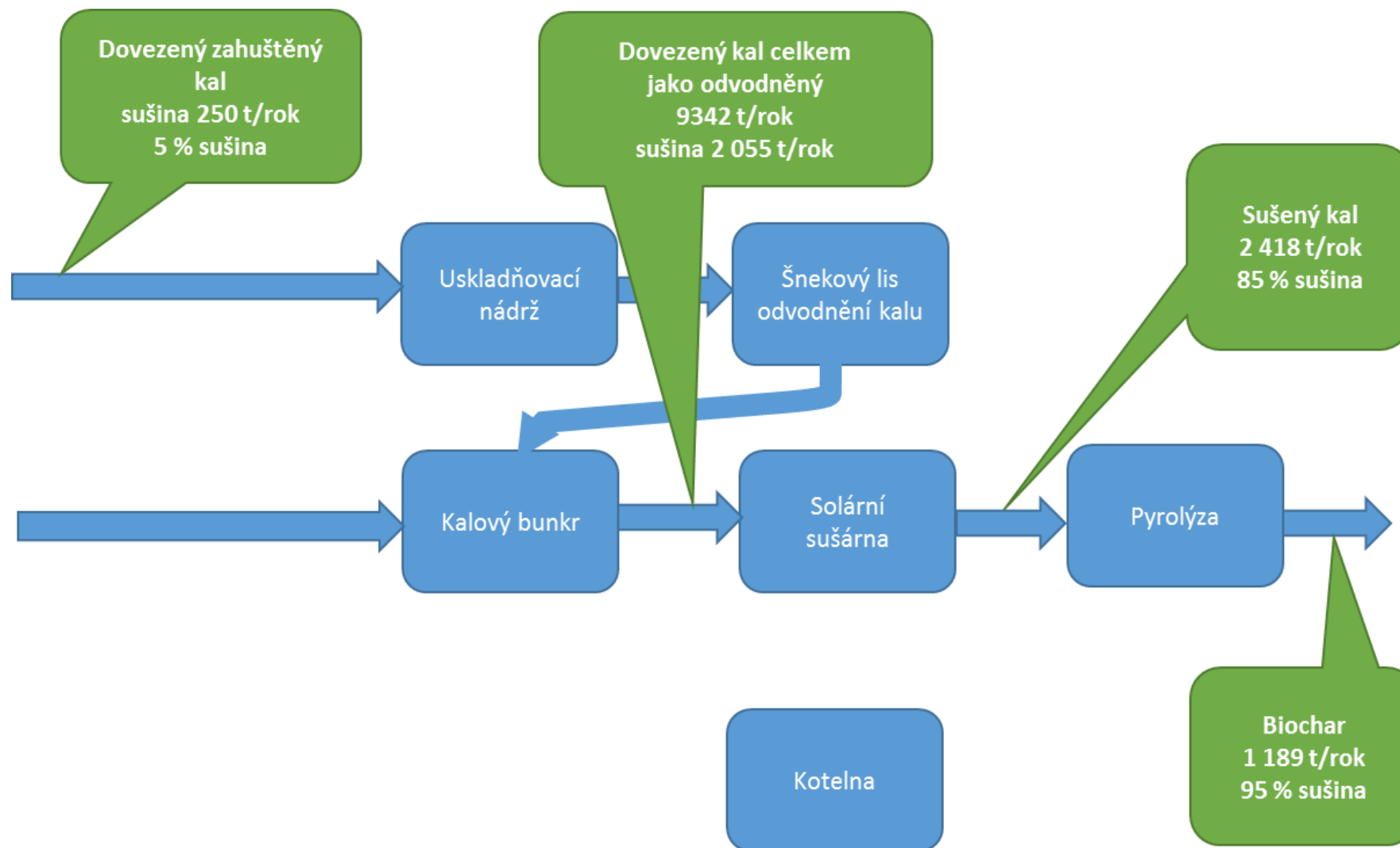
produkce karbonizovaného kalu (Biochar)	t/rok	1 130,4
	t/d	3,6
	t/h	0,151
konverze sušiny do popela	%	55,0%
celková tepelná ztráta	MJ/kg	0,0
výhřevnost karbonizátu (Biocharu)	MJ/kg suš.	8,0
energetický výstup v biocharu	GJ/d	28,9

Solární odpařování pro lokalitu	l/(m ² .rok)	866,0
Potenciál odpařování vody min.	t/měsíc	138
Potenciál odpařování vody max.	t/měsíc	1 076
Potenciál odpařování vody - rok	t/rok	6 924
Potřebná plocha bez externího zdroje	m ²	8 000
Potřebná plocha s externím zdrojem	m ²	6 666

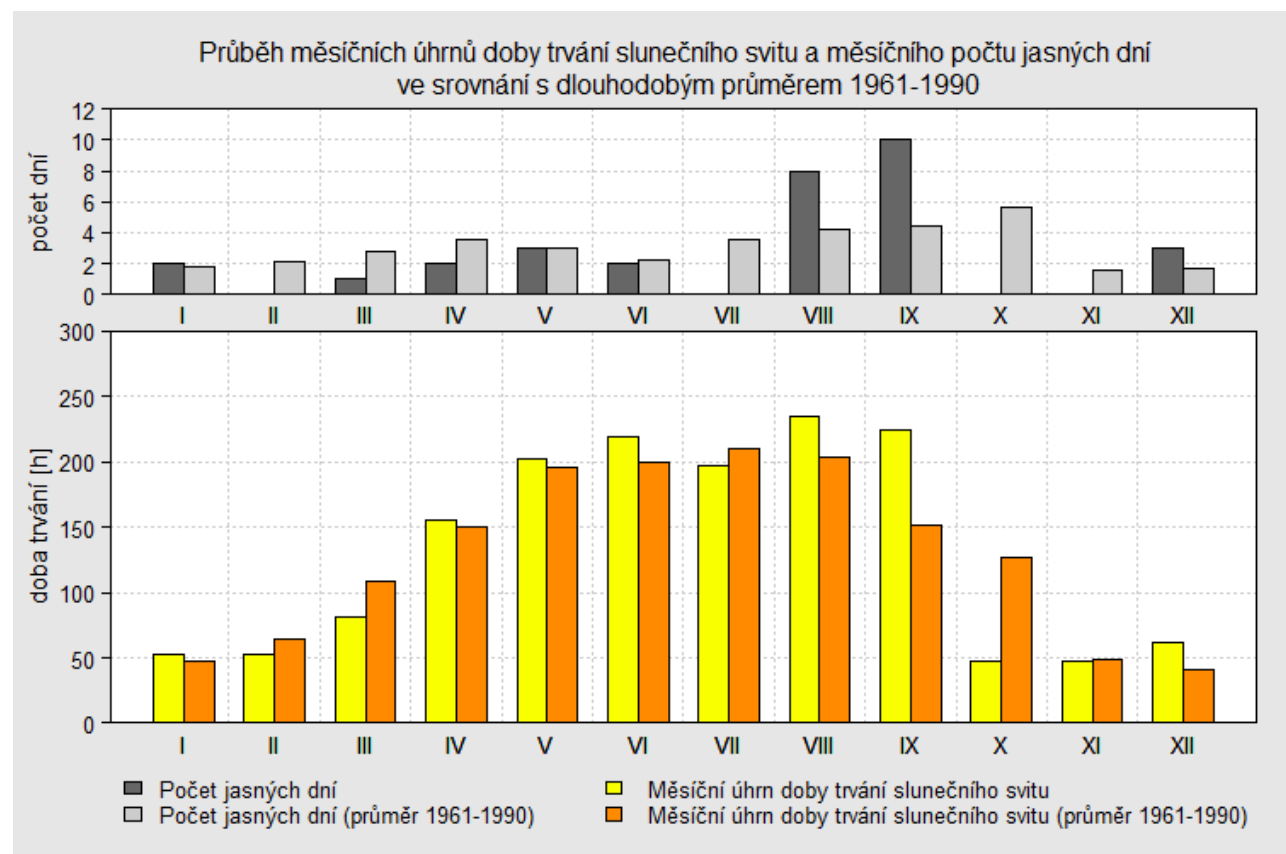
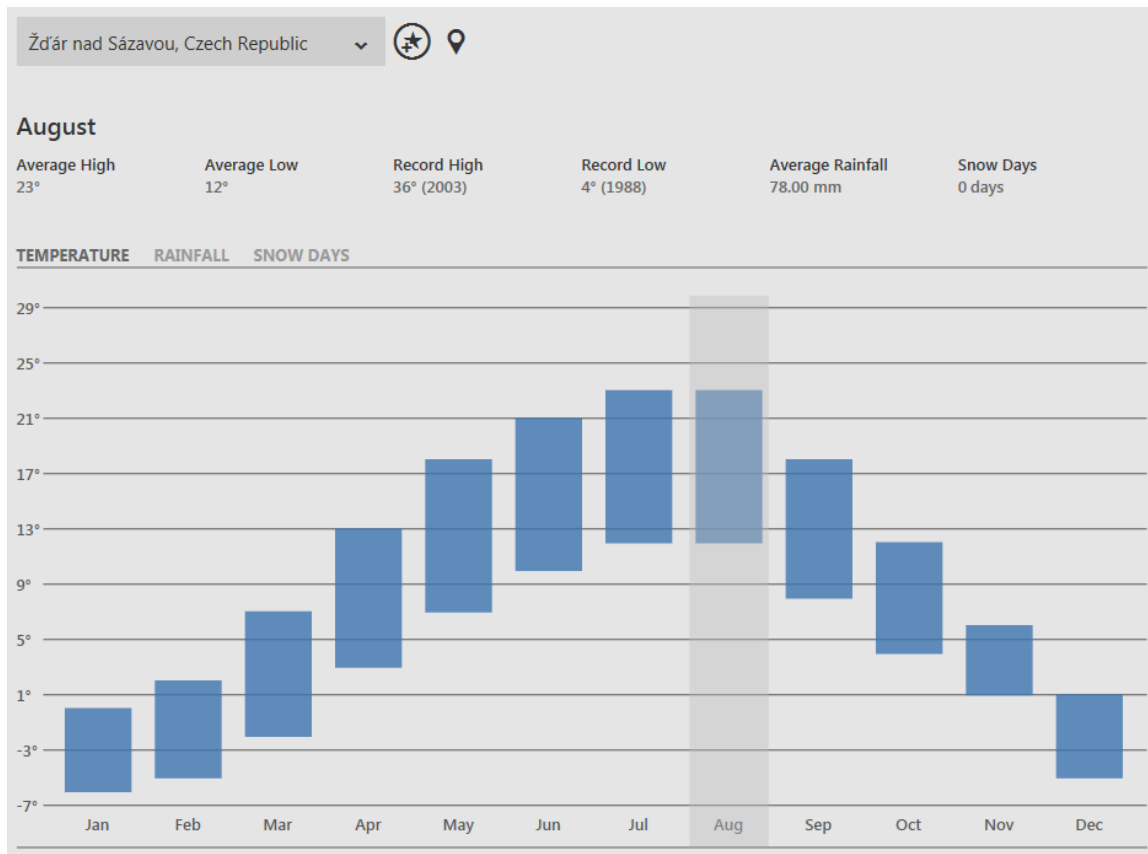
množství odvodněného kalu k sušení	t/rok	9 341,9
	t/měsíc	778,5
počet provozních hodin sušárny kalu	h/rok	8 760
	t/d	1,066
	%	22,0
sušina odvodněného kalu v %	%	22,0
sušina v odvodněném kalu	t/rok	2 055,2
množství vody v odvodněném kalu	t/rok	7 286,7
	t/měsíc	7 286,7
	t/d	20,0
	t/h	0,832
výhřevnost sušiny kalu	MJ/kg suš.	13,0
	GJ/d	73,2



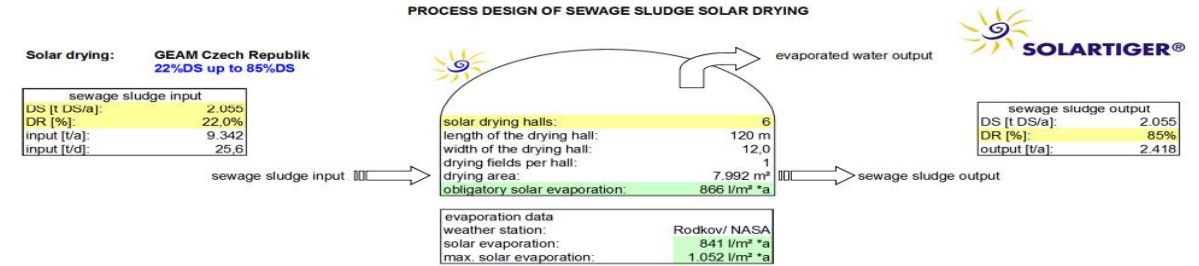




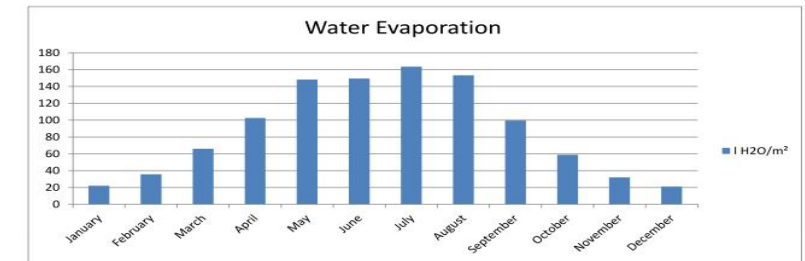
Významný je průběh teplot a slunečního svitu na lokalitě v průběhu roku



- Velikost solární sušárny závisí velikosti solární energie v místě jejího umístění a množství dodatečně dodaného tepla.
- Plocha solární sušárny závisí na vstupní a požadované výstupní sušině kalu.
- Podle údajů o lokalitě se provádí dimenzování rozměrů solární sušárny individuálně pro sluneční záření v daném místě v závislosti na místním počasí a umístění sušárny
- Ve spolupráci s SMP CZ, ARKO TECHNOLOGY a SolarTiger byl proveden návrh solární sušárny a pyrolýzy kalu

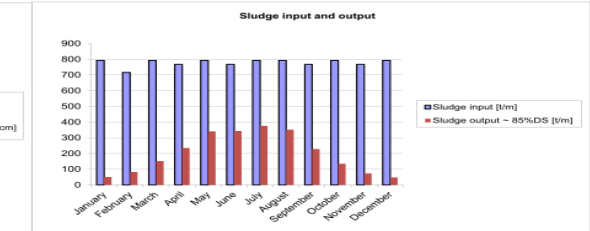
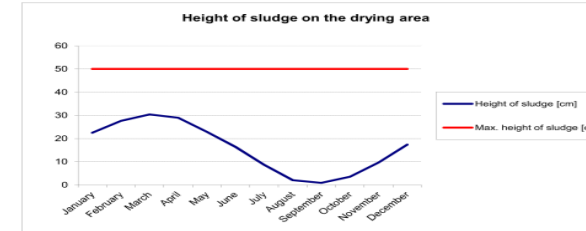
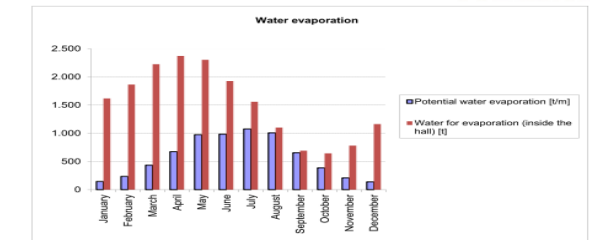


Latitude 49° 29' N
Longitude 16° 14' E
Date of simulation: 15.01.2018
Location: Rodkov/ NASA
Drying area: 7.992 m²



Sludge input/output and height of sludge during drying

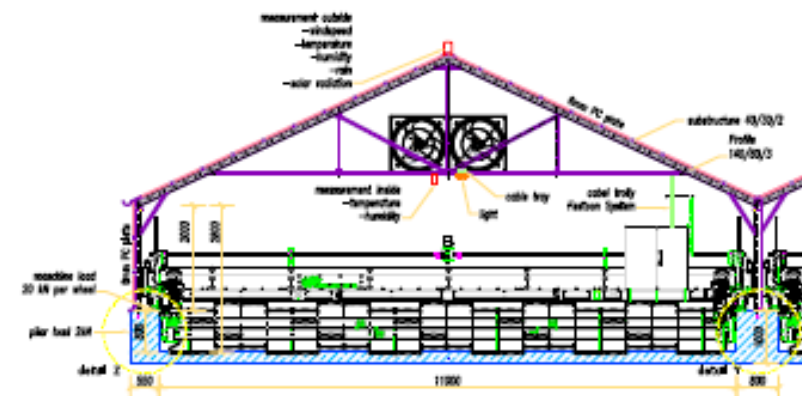
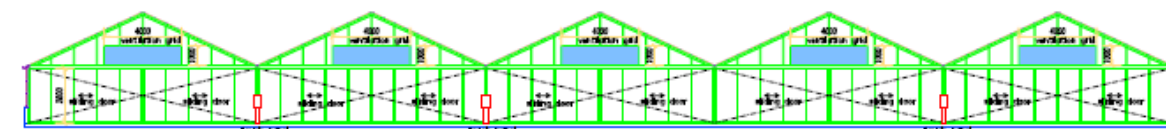
Month	Sludge input [t/m]	Input DS [%DS]	Potential water evaporation [l/m]	Sludge output - 85%DS [t/m]
January	793	22,0%	145	51
February	717	22,0%	235	82
March	793	22,0%	435	152
April	768	22,0%	674	236
May	793	22,0%	976	341
June	768	22,0%	984	344
July	793	22,0%	1.076	376
August	793	22,0%	1.008	352
September	768	22,0%	656	229
October	793	22,0%	387	135
November	768	22,0%	210	73
December	793	22,0%	138	48
Summary [t/a]:	9.342		6.924	2.418

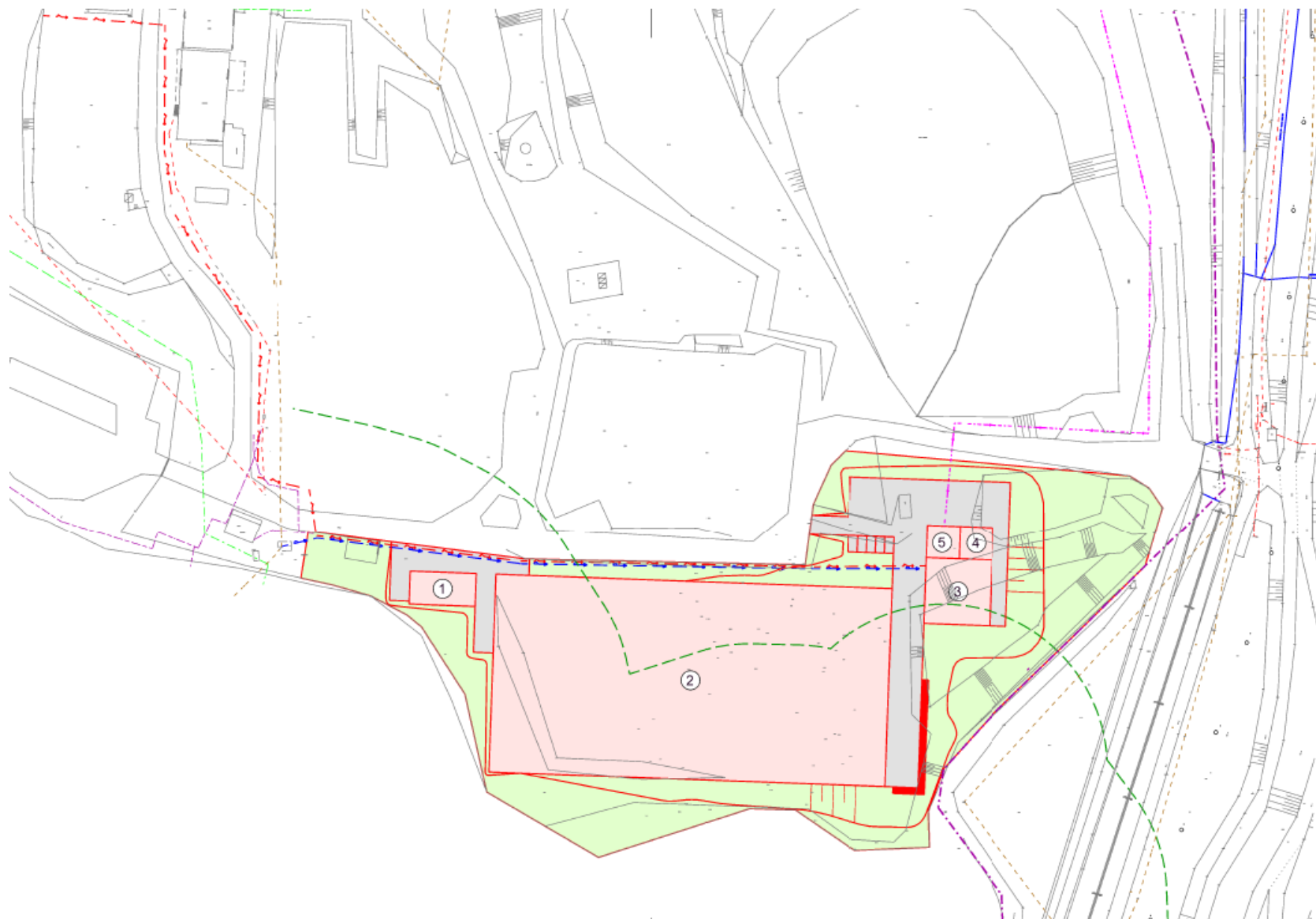


- ✓ Základem řešení je solární sušárna skládající se z 5 hal o šířce haly 12 m a délce 120 m, tj. o ploše cca 7 000 m².
- ✓ Vstupní sušina kalu je předpokládána 22 %, výstupní jako roční průměr 85 %.
- ✓ Sušený kal je zpracováván pyrolýzou, ročně je produkováno 1130 t/rok biocharu.
- ✓ Kapacita zpětné dodávky do solární sušárny z pyrolýzy je 24,8 GJ/d, celková potřeba výkonu pro sušení na 85 % sušiny je 67,4 GJ/d.
- ✓ Ke zpětné dodávce tepla budou použity vzduchové radiátory k ohřevu cirkulujícího vzduchu ve skleníku.
- ✓ Vyprodukovaný biochar bude šnekovým dopravníkem přiváděn do kontejnerů pod přístřeškem, kontejnery mají možnost překrytí před deštěm, kontejnery s biocharem budou umístovány na zpevněnou plochu před odvozem k využití biocharu jako hnojiva.
- ✓ K provoznímu startu pyrolýzéry je na lokalitě k dispozici externí energetický zdroj ve formě zásobníku propanu nebo přípojky na zemní plyn.



front view
scale 1:100





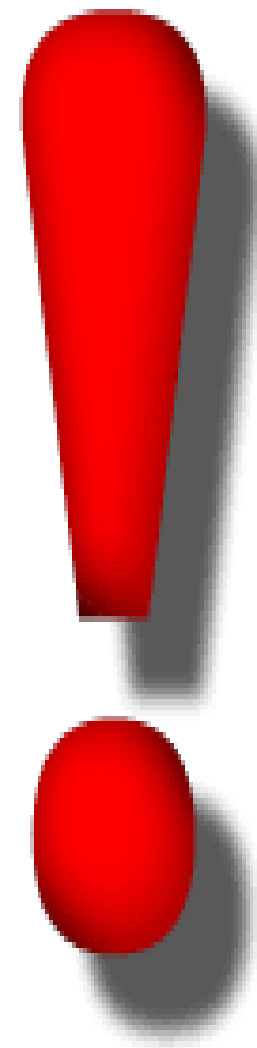
LEGENDA:

- ① PŘÍJEM ODVODNĚNÝCH A ZAHUŠTĚNÝCH
- ② SOLÁRNÍ SUŠÁRNA
- ③ PYROLYZÉR, DEZODORIZACE
- ④ USKLADNĚNÍ BIOCHARU
- ⑤ VELÍN, KOTELNA
- PŘIPOJENÍ TEPLOVODU/PLYNOVODU
- PŘIPOJENÍ VODOVODU
- PŘIPOJENÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE
- OPĚRNÁ ZĚď
- HRANICE OCHRANNÉHO PÁSMO LESA



Revize		Datum		Schvál	
		AQUA PROCON s.r.o. "Projektová a inženýrská společnost - divize Praha" Dukelských hrdinů 12, 170 00 Praha 7 tel.: 266 109 335, fax: 266 712 140 E-mail: info@aquaprocon.cz www.aquaprocon.cz			
Vedoucí projektu	Ing. Daniel Kozický	Podpis			
Zástupce vedoucího projektu	Ing. Pavel Martan				
Zodpovědný projektant	Ing. Pavel Martan				
Vypracoval	Ing. Pavel Martan				
Kontroloval	Ing. Radovan Haloun CSc.				
Investor	Svaz vodovodů a kanalizací Žďársko, Vodárenská 2, 591 01 Žďár nad Sázavou				
Objednatel	Svaz vodovodů a kanalizací Žďársko, Vodárenská 2, 591 01 Žďár nad Sázavou				
Projekt:		Zakázkové číslo		1476417	
REGIONÁLNÍ CENTRUM NÍZKOENERGETICKÉ TRANSFORMACE KALŮ NA FOSFOREČNÉ HNOJIVO ROŽNÁ		Stupeň		STUDIE	
		Datum		03/2018	
		Soubor		Situace-02.dgn	
		Jádrový soubor		9_30_HP.000	
		Formát		3 x A4	
Část:	Měřítko		1 : 1000		
Příloha	Číslo přílohy		9		
SITUACE ŘEŠENÍ VARIANTY Č.2		Revize			

- Navržena originální technologie pro regionální centrum zpracování kalů v sestavě solární sušárna a pyrolýza sušeného kalu, které vyšla vhodnější než kombinace nízkoteplotní sušárna a pyrolýza
- Technologie zajistí plnou hygienizaci kalu a likvidaci mikropolutantů, výsledný produkt bude mít formu kvalitního hnojiva schopného certifikace CE podle nové směrnice EU o hnojivech
- Ze vstupu 9432 t/rok bude vyprodukováno 1130 t/rok karbonizátu /12 % vstupu).
- Potřebu tepla na sušení bude možné z cca 17 % pokrýt z pyrolýzy kalu (při započtení tepelných ztrát přenosu tepla), potřeba na sušení bude tak ze 100 % pokryta z obnovitelných zdrojů (slunce, kal).
- Provozní náklady vycházejí na cca 980 Kč/t včetně dopravních nákladů.



Děkuji za pozornost !

