



Solárním sušením k energetickému a materiálovému využití čistírenských kalů a energetické neutralitě čistíren odpadních vod

Miroslav Kos

Obsah prezentace

01

Úvod – problematika čistírenských kalů

02

Navrhované cesty k dosažení energetické neutrality ČOV

03

Způsoby zpracování kalů – trend - energetická a materiálová transformace



04

Proč solární sušení kalů

05

Solární sušárny kalů v ČR

06

Souhrn a závěry

Čistírenské kaly mají stále větší problém při přímé aplikaci na zemědělskou půdu z důvodu značných obsahů mikropolutantů, z nich klíčovou roli sehrají tzv. „**věčné chemikálie**“ (**forever chemicals**), z nich **pak per- a polyfluorované alkylové látky (PFAS)**. Ale ne všechny kaly jsou takto zasaženy.

Současné období vysokých cen energie vede k potřebě hledat nízkoenergetická řešení – lidstvo upírá v mnoha oborech **pozornost na solární energii, současně na obnovitelná paliva - odpady**

Nové strategie EU v rámci programu Green Deal vyvolávají tlak na dosažení uhlíkové neutrality a cirkulární ekonomiky. **Uhlík obsažený v čistírenských kalech je biogenní.**

Nová směrnice EU 2024/3019 požaduje v **dosažení energetické neutrality čistíren odpadních vod** do roku 2045 !!

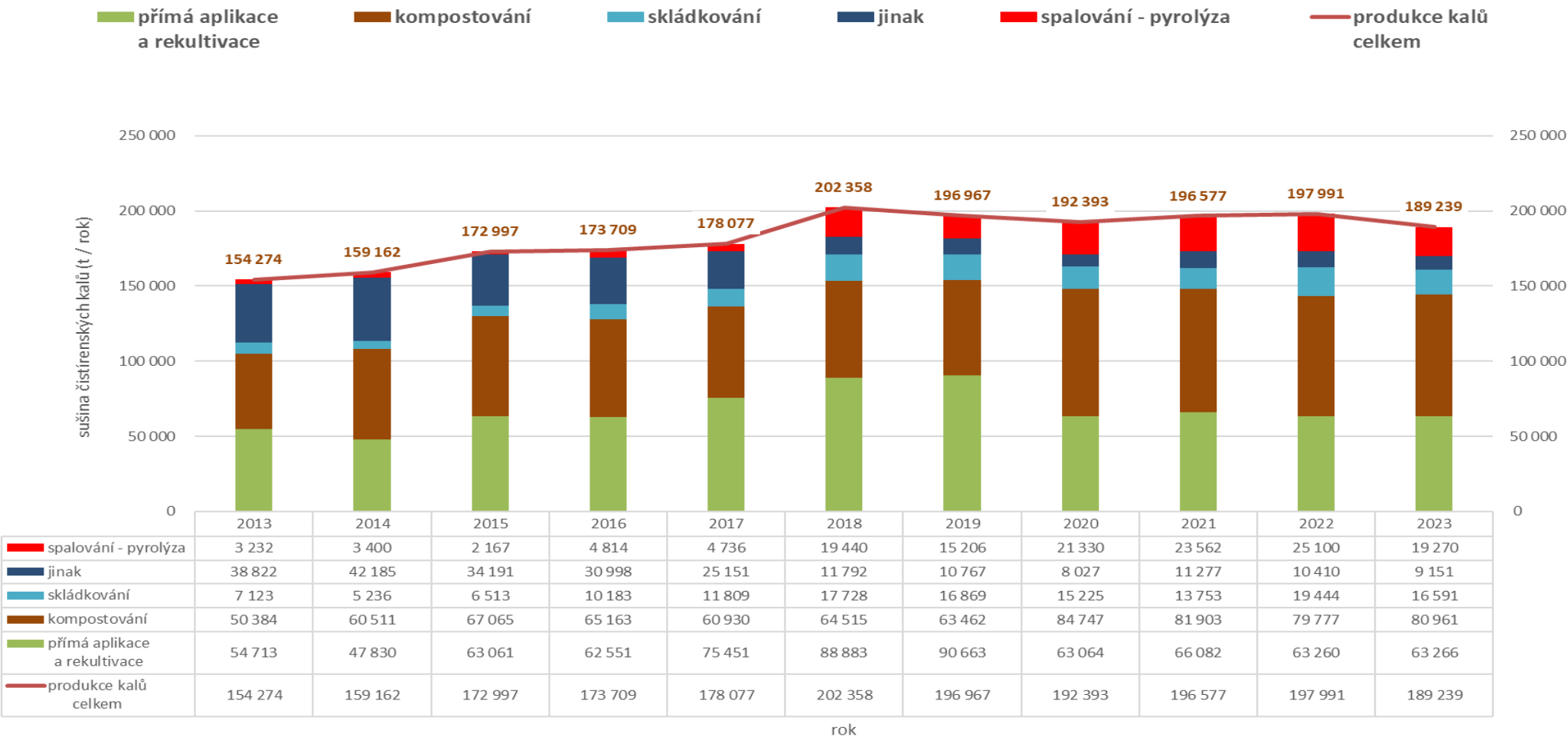
Globální klimatická změna se mimo jiné projevuje **snížením relativních vlhkostí vzduchu** a vyšší teploty ovzduší

Projevů globálního oteplování může využít solární sušení kalů. Jde o nízkoenergetickou, zelenou technologii, která současně zabezpečuje požadavky na hygienizaci kalů, otevírá možnosti zpracování kalů směrem k energetickému využití nebo k získávání kritického materiálu fosforu.

S výhodou lze v našich klimatických podmínkách kombinovat solární energii a energii kalu uvolněnou termochemickým procesem při transformaci kalu na zdroj

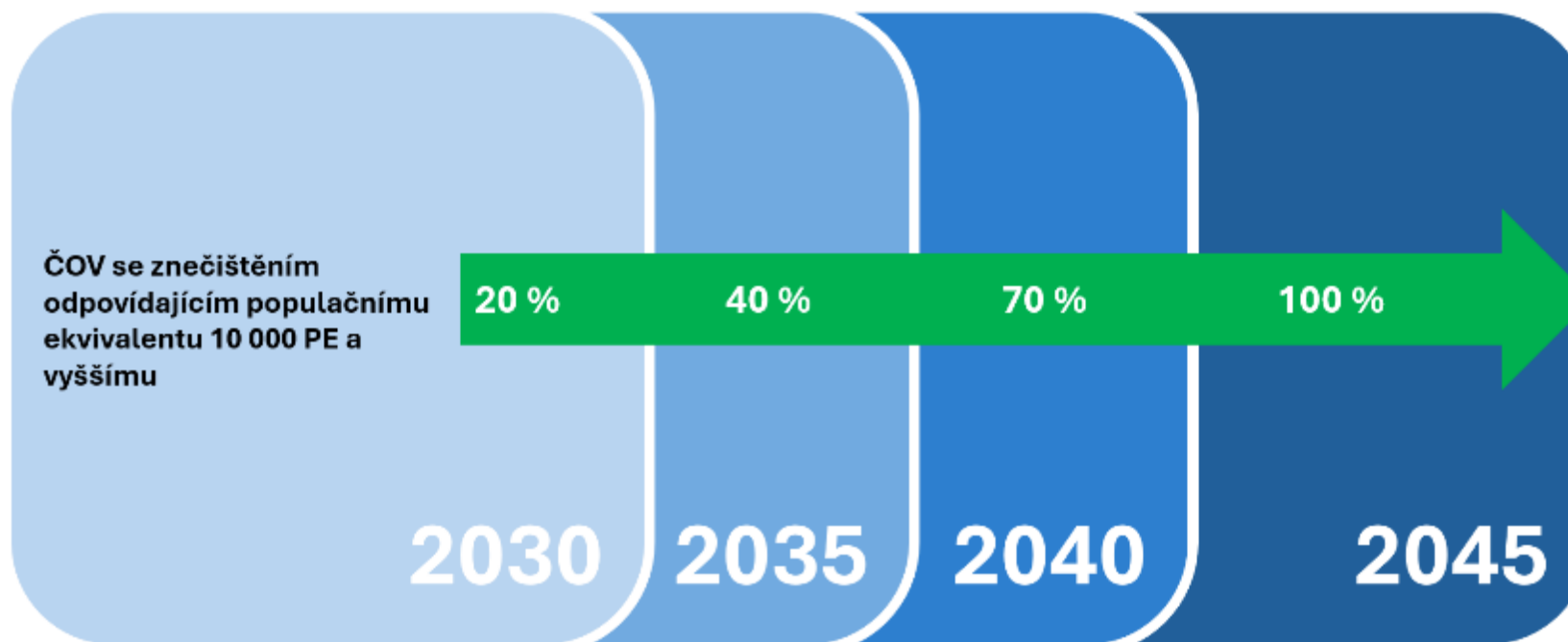


Vývoj produkce čistírenských kalů v ČR 2013–2023



Energetická neutralita ČOV – směrnice EU 2024/3019

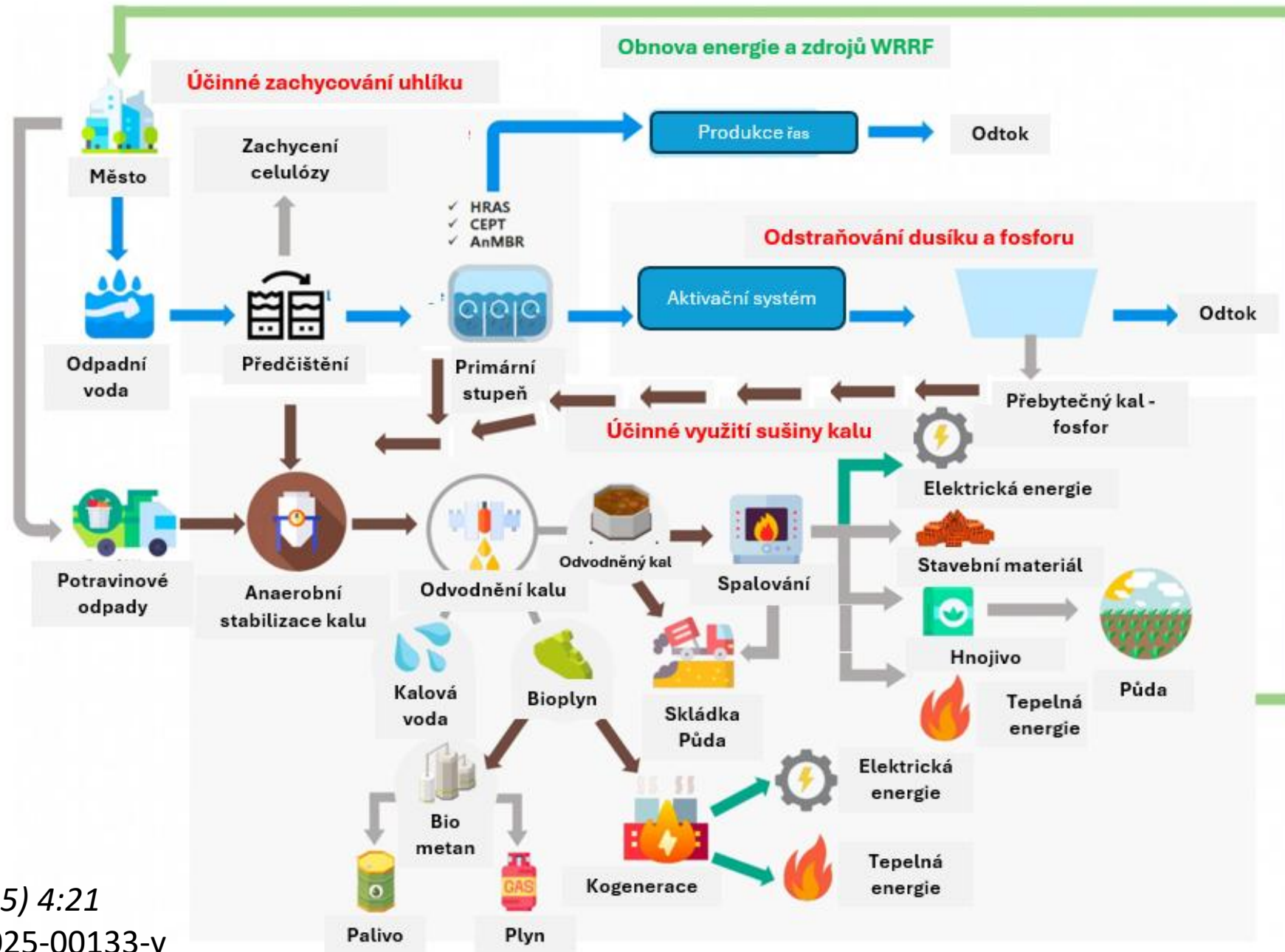
Milníky plnění energetické neutrality ČOV (Čl. 11 Energetická neutralita)



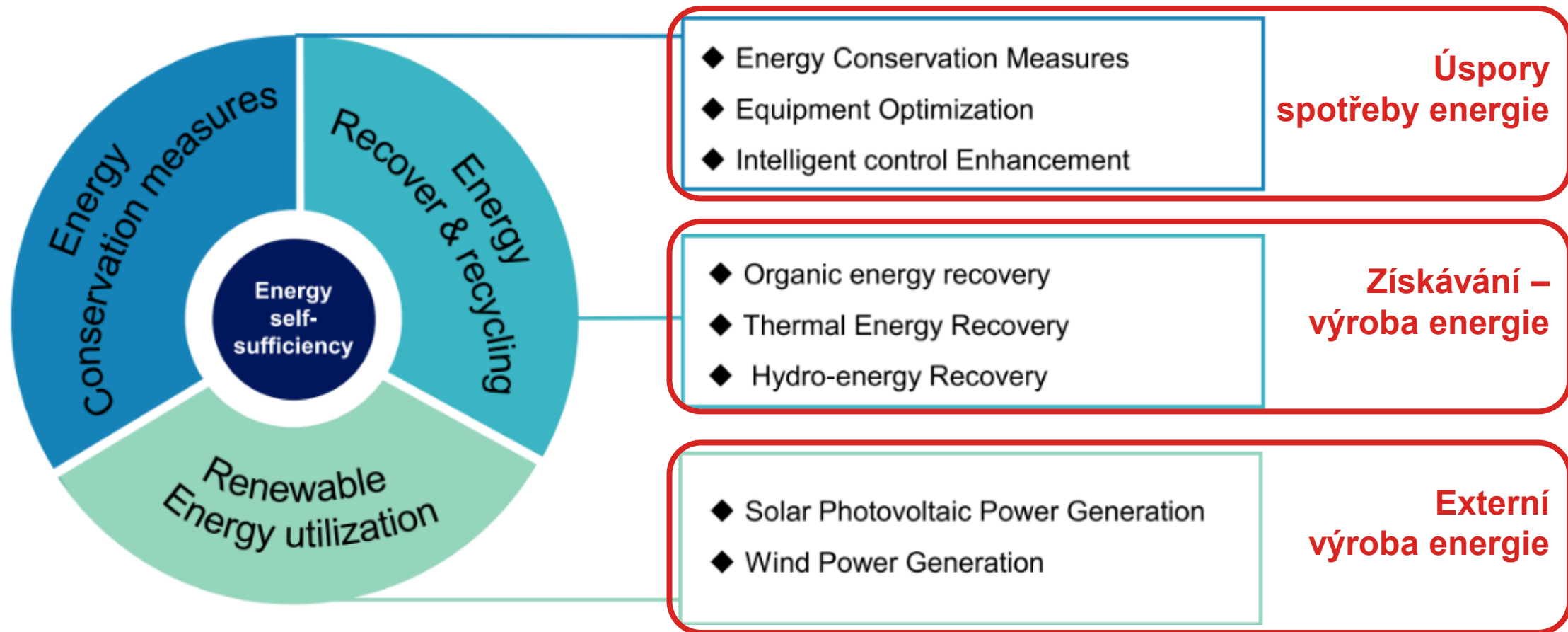
Pokud **členský stát** nedosáhne cíle uvedeného v odst. 2 písm. d), přestože provedl všechna opatření v oblasti energetické účinnosti a všechna opatření nezbytná ke zvýšení výroby energie z obnovitelných zdrojů, zejména opatření identifikovaná v energetických auditech uvedených v odstavci 1, mohou členské státy výjimečně povolit nákup energie ze zdrojů na bázi nefosilních paliv. Tyto nákupy jsou omezeny na nejvýše 35 % energie z nefosilních paliv ve vztahu k cíli 2045.

Hranice systému energetické bilance a cesty k dosažení energetické neutrality ČOV

Song et al. Carbon Neutrality (2025) 4:21
<https://doi.org/10.1007/s43979-025-00133-y>

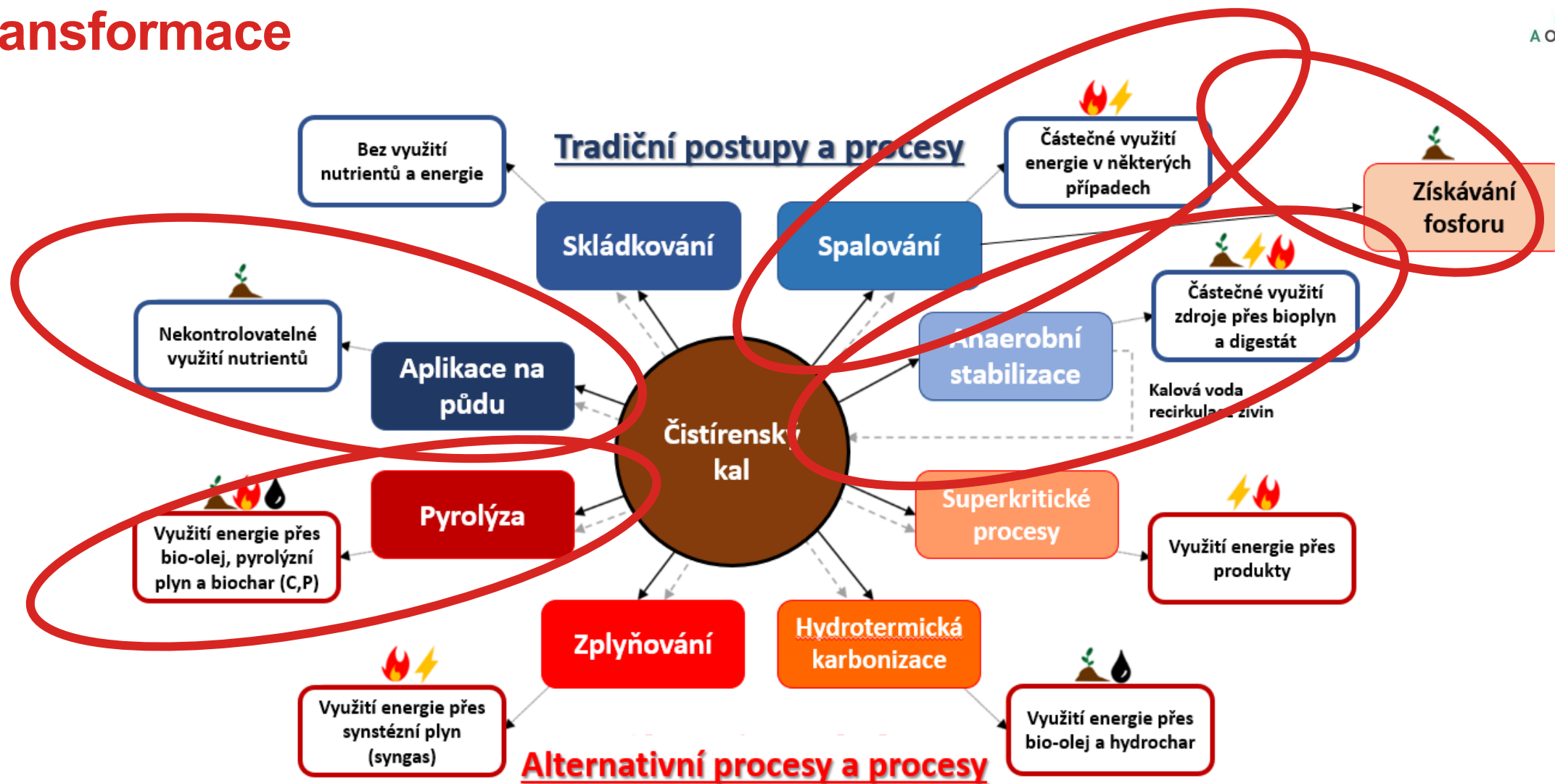


Navrhované cesty k dosažení energetické neutrality ČOV



Song et al. Carbon Neutrality (2025) Realization approaches for constructing energy self-sufficient wastewater treatment plants: a review
<https://doi.org/10.1007/s43979-025-00133-y>

Způsoby zpracování kalů – trend - energetická a materiálová transformace



Příklad přípravy na energetickou neutralitu využitím energetického potenciálu sušiny kalu (a na získávání fosforu)

Výchozí stav – spotřeba ČOV kolem 30 kWh/EO.rok – optimalizací provozu a regulací se snížení bude pohybovat okolo 10 %. Optimalizací vytížení ČOV podle lokality 0 až 20 %. **Potenciál 3-5 kWh/EO.rok**

Pokročilé metody zvýšení produkce bioplynu – hydrolýza, nárůst produkce bioplynu až 15 %, zvýšení účinnosti kogeneračních jednotek (+ 5 %) **Potenciál 2-4 kWh/EO.rok**

Použití metod zachycování uhlíku (Carbon capture technology a Redirection technology – zvýšení produkce bioplynu **Potenciál 3 – 6 kWh/EO.rok**

Snížení tepelných ztrát anaerobní stabilizace kalů

Potenciál 1-2 kWh/EO.rok

Transformace kalů na obnovitelné palivo a jeho využití
Sludge-to Energy (produkce tepla) nebo Sludge-to-Product
Carbon credits

Potenciál cca 30 kWh/EO.rok termická oxidace
Potenciál cca 12 - 15 kWh/EO.rok pyrolýza
Potenciál 1t biocharu sekvstruje 2,35 t CO₂

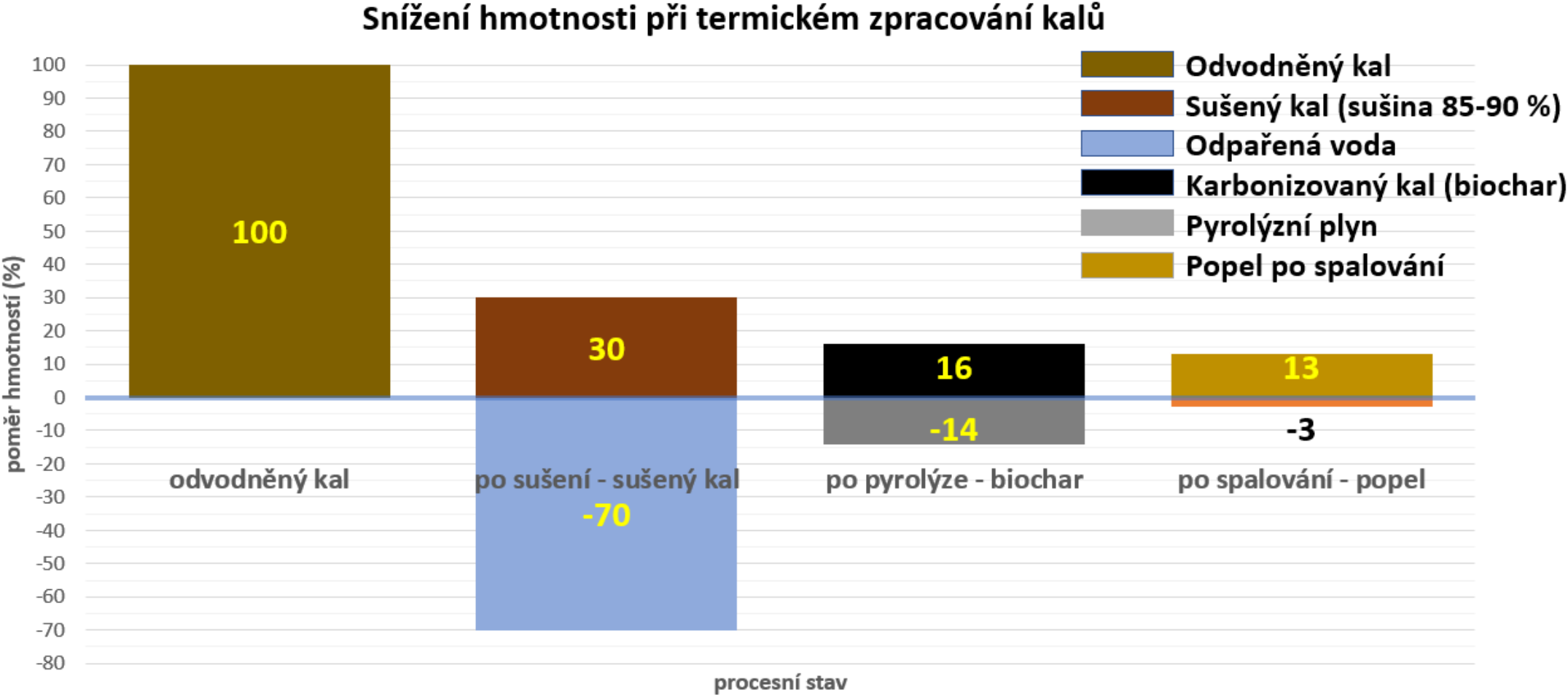
Výroba solární energie (Slunce u nás dodá na 1 m² asi 1 kW energie, solární panely umí až 12-17 % této energie přeměnit na elektřinu, 1 m² tak vyrobí ročně cca 1 000 kWh/rok, což je spotřeba ČOV pro cca 33 EO, tj. je 0,03 m²/EO.rok).

Tepelná energie z vyčištěné odpadní vody – účinnost až 60%,

Potenciál 40 kWh/EO.rok

Spotřeba elektrické energie – cca **15 kWh/EO.rok**

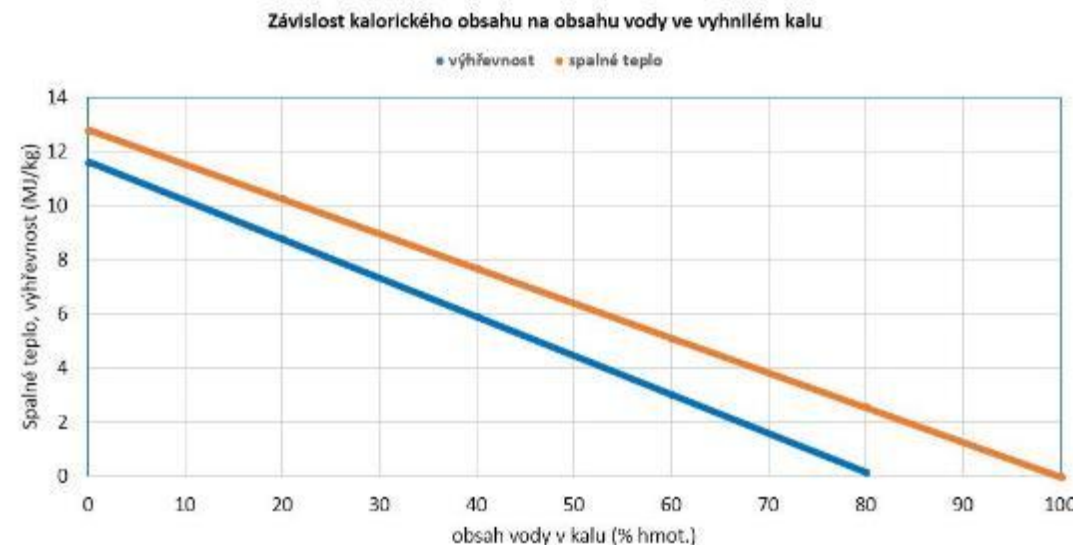
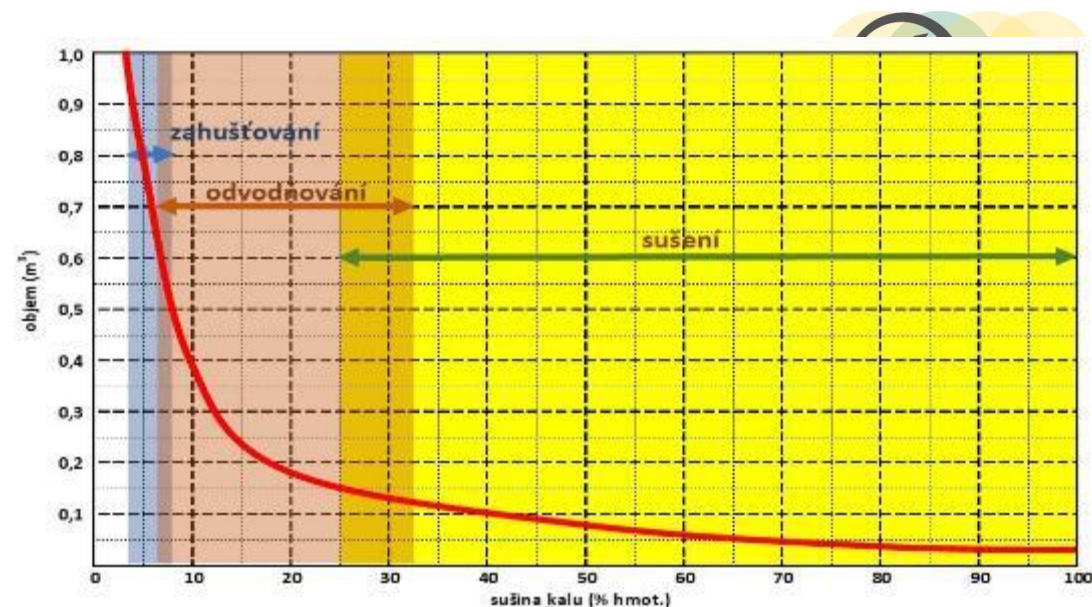
Snižování hmotnosti produkovaného kalu při termickém zpracování = redukce dopravních nákladů



Proč sušení kalu

Usušením kalu se odstraní významná část vody, což způsobí:

- ☀ Významně se sníží náklady na odvoz kalu,
- ☀ Sušený kal se stává velmi dobře skladovatelný (i dlouhodobě),
- ☀ V závislosti na způsobu sušení dochází k hygienizaci kalu,
- ☀ Vzroste kalorický obsah kalu, sušený kal je již spalitelný či termochemicky zpracovatelný,
- ☀ Sušením je vytvořen nový „produkt“ – sušený kal, který obecně poskytuje rozsáhlé možnosti finálního využití kalů.



Co je to solární sušárna kalů

✓ Solární sušárna je ventilovaný skleník

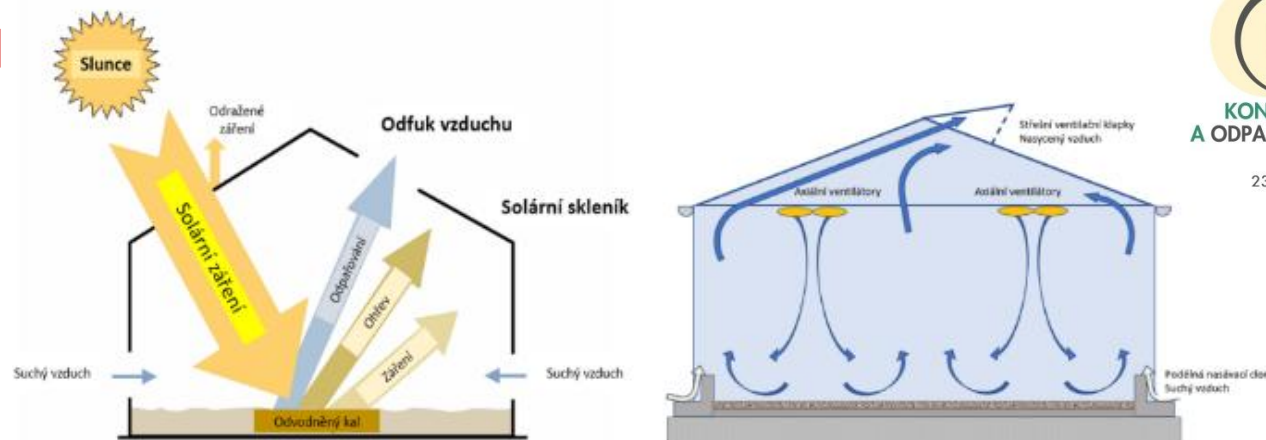
✓ Solární sušárna pracuje s řízeným využitím slunečního záření, které ohřívá vzduch až na teplotu 50 °C. Většina sluneční energie však není využita pro ohřev vzduchu, ale jako entalpie odpařování.

✓ Vzduch ve skleníku je současně vyhříván slunečním zářením a ochlazován odpařováním vody, oba procesy jsou v rovnováze.

✓ Součástí vnitřního vybavení je také systém pro prohrabávání, převrácení a posun kalu od jedné strany ke druhé. Provoz větracího systému a zařízení na prohrádku a posun kalu je řízen automatickým ovládacím systémem.

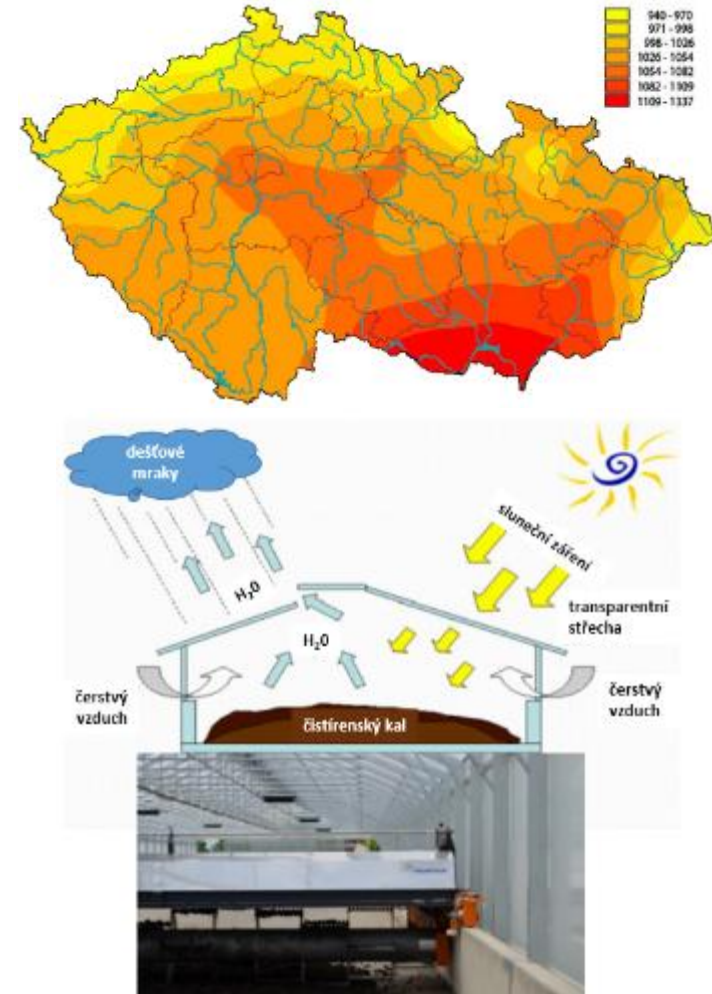
✓ Usušený kal se hromadí v koncové části solární sušárny

✓ Solární sušárna s dotací vytápění z externího zdroje tepla (hybridní solární sušárna kalu) je velmi zajímavou variantou pro naše klimatické podmínky. Dochází tak ke stabilizaci provozu a redukci potřebné plochy solární sušárny.



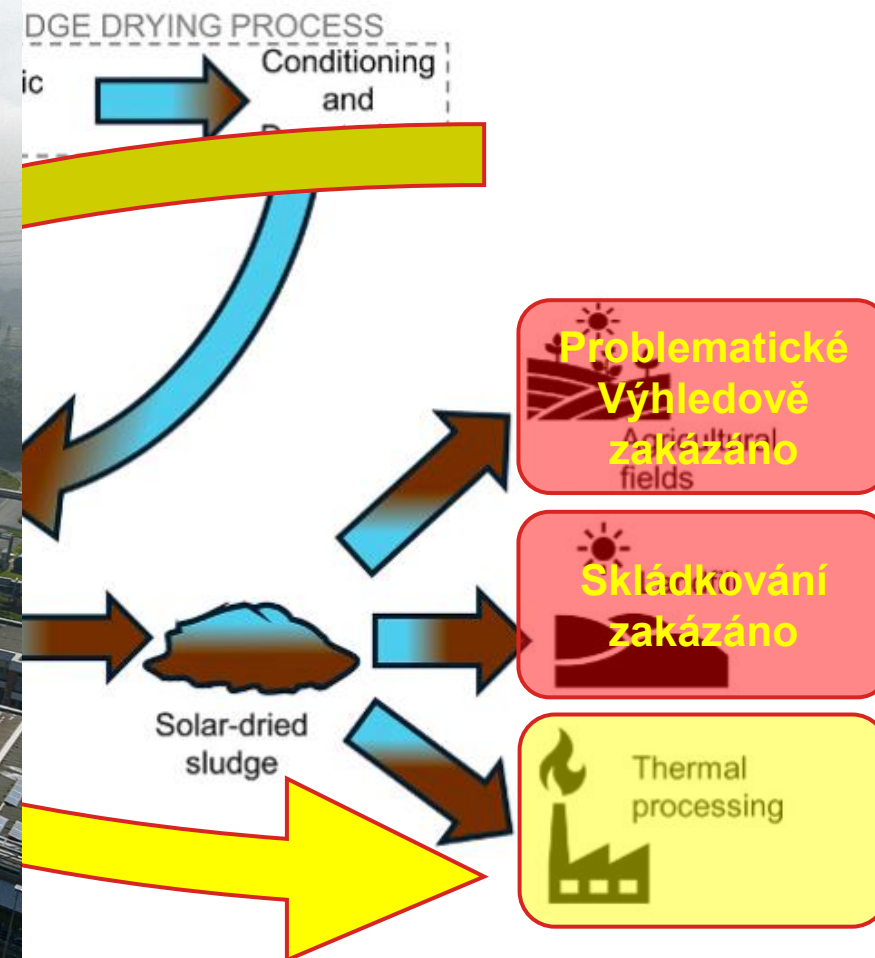
Solární sušení – procesní požadavky

- Průměrný roční úhrn globálního záření od **945 do 1 140 kWh/m²**, vždy musí být přesně určen pro místo umístění solární sušárny, průměrná doba slunečního svitu u nás je 1 600 až 2 200 h/rok
- Solární sušárna se vždy dimenzuje na celoroční produkci kalů (výkon v t/rok)
- Odvodněný kal na vstupu by měl mít sušinu nad 18 %, důvodem je jeho distribuce kypřícím zařízením
- Výpar (evaporace, evapotranspirace) je funkcí čtyř základních meteorologických faktorů: 1. tepelné bilance vypařujícího povrchu 2. teploty vzduchu 3. vlhkosti vzduchu 4. koeficientu intenzity výměny (vnější difuze), podstatou sušení je rozdíl vlhkostí vstupujícího vzduchu a vzduchu uvnitř sušárny
- Plocha solární sušárny závisí na vstupní a požadované výstupní sušině kalu, obvyklé hodnoty výstupní sušiny jsou v oblasti 70 až 85% sušiny.
- Spotřeba elektrické energie je u solárních sušáren 20 až 30 kWh na 1 tunu odpařené vody, záleží na typu ventilace (přirozená, s ventilátory)
- Plocha vypočtená z tepelné bilance se ještě doplňuje o plochu na uskladnění sušeného kalu podle způsobu jeho odvozu
- Při započtení potřebné plochy pro návoz kalu a jeho běžné uskladnění vyžaduje instalace solární sušárny ve střední Evropě cca 1,0 až 1,5 m² na tunu roční kalové produkce (1,0 až 1,5 m²/(t/rok)).



Solární sušení se stává standardní technologií zpracování kalů termickým způsobem

Bottrop sewage treatment plant – 160 000 t/rok



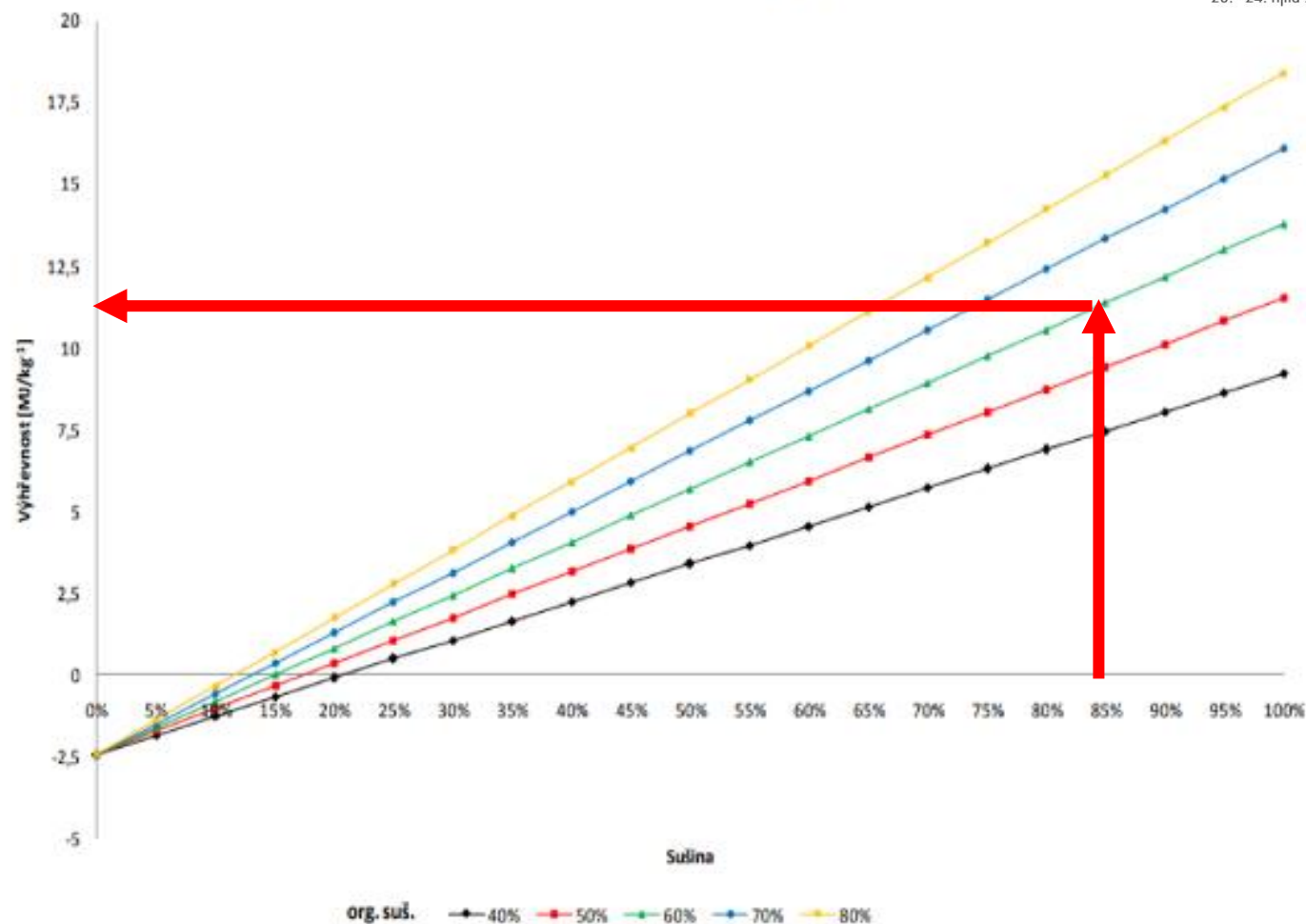
Sušený kal jako palivo

Výhřevnost kalu (dříve se používal termín spodní nebo dolní výhřevnost) je základní vlastnost paliva, která je určující pro návrh spalovacího procesu. U kalů jsou v této souvislosti používány termíny:

- výhřevnost sušiny organického podílu vlhkého kalu
- výhřevnost sušiny organického a anorganického podílu kalu
- efektivní výhřevnost vlhkého kalu.

Příklad: sušina 85 %
org. podíl 60%
Výhřevnost cca 11 MJ/kg

Výhřevnost vlhkého kalu



Solární sušárny v ČR



KONFERENCE ENERGETIKY
A ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ
2025
4. října 2025 | Praha



Litove

Cheb

Solárně sušený kal – palivo



Sušina	Spalné teplo (pův.)	Výhřevnost (pův.)	Sypná hmotnost		Frakce		
			normal	setřesená	20-10 mm	10-5 mm	5-0 mm
[%]	[MJ/kg]	[MJ/kg]	[g/l]	[g/l]	[%]	[%]	[%]
93,16	15,508	13,958	734	784	6,6	56,1	37,3

Závěry

- ✓ Nacházíme se na počátku období, kdy jsme se rozhodli změnit svoje dosavadní přístupy k nakládání s odpady. Vyhlášením Akčního plánu EU v roce 2016 jsme zahájili uplatňování filosofie tzv. oběhového hospodářství v praxi.
- ✓ Současné nakládání s čistírenskými kaly se stalo vysoce problematické s ohledem a zjištěné vysoké obsahy mikropolutantů, především zbytků léčiv
- ✓ Hledají se další obnovitelné zdroje - sušina kalu je dobrým energetickým zdrojem na bázi biogenního uhlíku
- ✓ Snahy odstranit zdravotní a ekologická rizika v rámci filosofie oběhové ekonomiky vedou ke hledání nových životaschopných alternativ využití čistírenských kalů, od přímých aplikací na zemědělskou půdu k získávání nutrientů a využití energetického potenciálu čistírenských kalů v kombinaci s likvidací polutantů v kalech.
- ✓ Jen tak bude možné minimalizovat riziko šíření patogenů a rezistence vůči antibiotikům, zněčišťování půdy mikropolutanty, které nelze vyloučit u některých metod zpracování čistírenských kalů.
- ✓ Termické metody zpracování toto riziko odstraňují.
- ✓ Bude nezbytné provést realizace technologií, které umožní naplnění cílů Green Deal a uhlíkové neutrality. První projekty solárního sušení jsou počátkem nové cesty v ČR. Na ně navazují první projekty využívající sušený kal jako palivo.
- ✓ Věříme, že i legislativa ČR postupně zjednoduší využití kalu jako zdroje v duchu cirkulární ekonomiky.

Děkuji za pozornost

