



# Jak se projevují unavené bakterie?

**Stopové prvky** Zásobení fermentoru stopovými prvky by mělo být překontrolováno nejpozději při prvních projevech jejich nedostatku a po jeho případném potvrzení by měly být chybějící prvky doplněny. Optimální řízení procesu a co možná nejlepší využití substrátů v podstatě předpokládá specifické doplnění, které vyloučí jak podprůměrné zásobení, tak i přezásobení.

Dr. Harald Lindorfer, Pinneberg, SRN  
Překlad: Ing. Jaroslava Zachová, Ph.D. (SCHAUMANN ČR, s. r. o.)

► Na čem závisí obsah stopových prvků ve fermentoru? V první řadě jsou zodpovědné za koncentraci makro- a mikro-prvků ve fermentoru dávkované substráty. Statková hnojiva (keřka, hnůj, atd.) většinou obsahují značné množství stopových prvků. Ty jsou opět ve velké míře závislé na výživě zvířat, konkrétně na krmení minerálních doplňků.

Koncentrace mikroprvků v energetických rostlinách jsou nízké a mezi druhy se příliš neliší. Hlavní roli hraje především odlišný příjem rostlin makro- a mikro-prvků z půdy, resp. půdní zásoba. Na **obrázku 2** je znázorněn regionální výskyt wolframu a selenu v bioplynových stanicích v Německu, do nichž jsou dávkovány výhradně energetické rostliny.

## Kyseliny stoupají

Obsah prvků v substrátech, a tím také ve fermentoru, může mimo jiné také ovlivnit klima (množství srážek), eventuelně ztráty silážních šťáv. Složení obsahu fermentoru je také závislé na počtu zvířat. **Tabulka 1** ukazuje rozdíly v obsazích některých mikroprvků a makroprvků ze vzorků odebraných z bioplynových stanic. Faktor mezi naměřenou minimální a maximální hodnotou vyjadřuje míru rozdílů. Proto doplnění stopovými prvky je nutné přizpůsobit individuálním potřebám příslušného fermentoru.

Které symptomy jsou typické pro nedostatek mikroživin? Nedostatek důležitých živin se projevuje většinou tím, že se zvýší obsah organických kyselin, zejména kyseliny propionové a nižších mastných kyselin s delším řetězcem jako je např. kyselina iso-valerová a iso-máselná. To vede k inhibici metanogeneze, která může přejít až k okyselení celého fermentoru. Plný výkon bioplynové stanice je ještě možné udržet nějakou dobu zvýšeným dávkováním substrátu. To vede kromě pomalého navýšování organických kyselin k nahromadění nedostatečně odbourané



Obr. 1: I bioplynové stanice s nedostatkem stopových prvků mohou po jejich doplnění běžet na plný výkon.

biomasy ve fermentoru. Toto je další typický projev nedostatku stopových prvků – zvyšující se viskozita, a tudíž horší promíchatelnost obsahu fermentoru nebo intenzivnější tvorba krust. Dalším z typických symptomů je také pomalé snížení obsahu metanu v bioplynu. V zařízení, které je kontinuálně zásobeno specifickými stopovými prvky, nejsou detekovatelné žádné nižší mastné kyseliny s delším řetězcem jako je kyselina máselná, valerová nebo kapronová. Také úroveň kyseliny octové a propionové je velmi nízká, protože je v populaci dostatek metanogenních mikroorganismů, které rychle odbourávají kyseliny vzniklé během hydrolyzy.

Díky vysoké populační hustotě metanogenů reagují takovoto zařízení mnohem klidněji na technologické poruchy i na chyby jako je „překrmení“ a dají se po odstavce kvůli údržbě a opravám podstatně rychleji přivést k plnému výkonu.

**Graf 1** znázorňuje průměrný nárůst bakteriální biomasy v hlavním fermentoru u 60 bioplynových stanic po kontinuálním dávkování individuálně sestavené směsi stopových prvků. Díky úplnému rozkladu všech využitelných živin substrátu je také redukován zbytkový potenciál metanu v koncovém skladu a je zlepšena míchatelnost obsahu fermentoru.

V praxi se potvrdilo, že během přidávání stopových prvků do zařízení, která nedávkovala žádná nebo málo statkových hnojiv, došlo k podstatnému navýšení produkce bioplynu, a tudíž výkonu kogenerační jednotky.

## Pravidelné přesné analýzy

Koho by mělo doplnění stopových prvků zajímat? Pro stopové prvky platí, že přezásobení nemá žádné výhody oproti dobrému zásobení. Dokonce může vzniknout v nejhorsím případě inhibice procesu. Ve fermentoru bez nedostatku byt jen jediného důle-

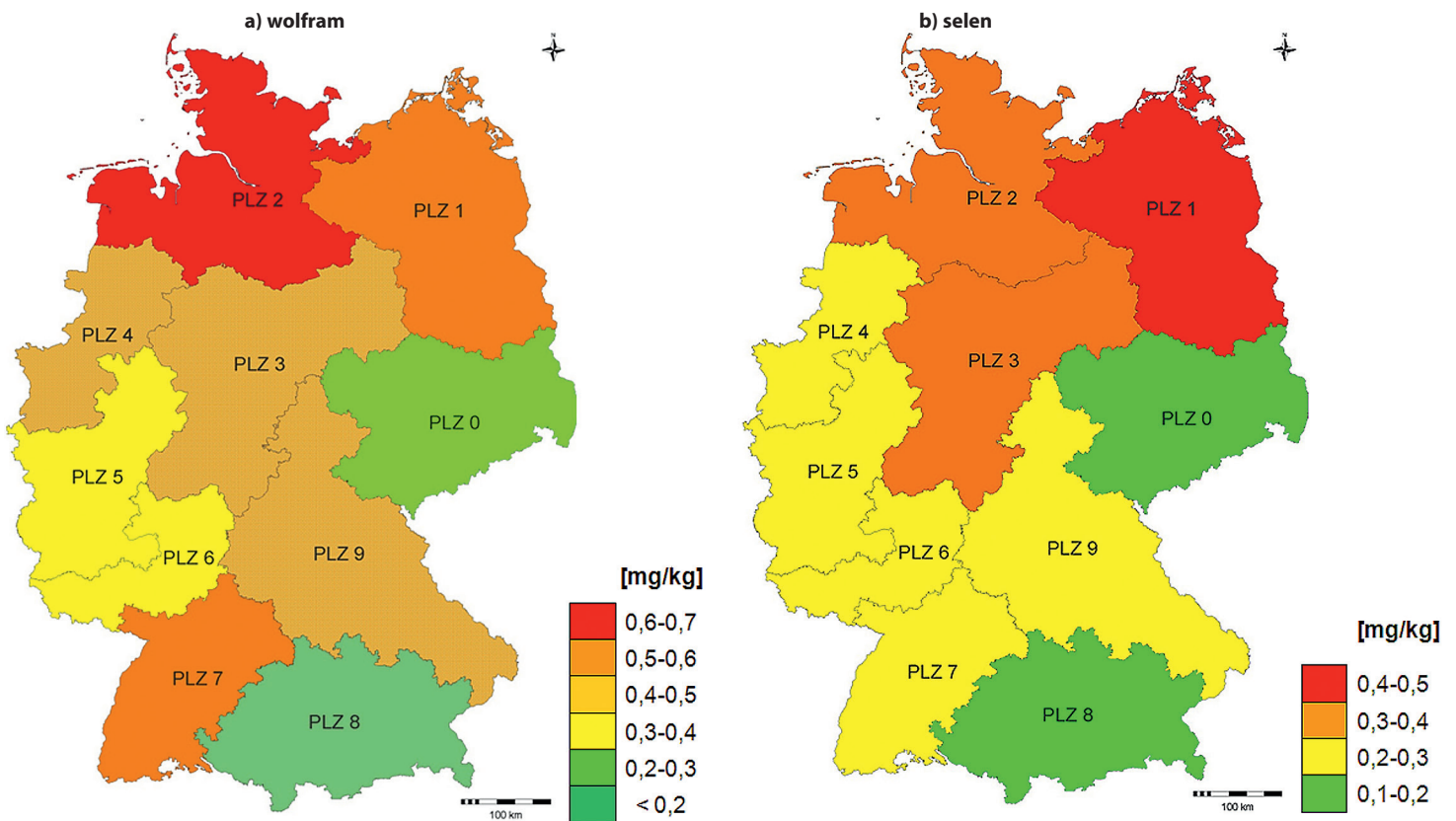
**Tab. 1:** Rozdíly v koncentraci

Některé makro- a mikro- prvky ve fermentorech bioplynových stanic (n=700).  
Poslední řádek – faktor vyjadřuje podíl mezi maximální a minimální hodnotou.

	N-NH <sub>4</sub> g/kg ve vzorku	Na g/kg suš.	S g/kg suš.	Cu g/kg suš.	Fe g/kg suš.	Mo g/kg suš.
<b>Minimum</b>	0,3	0,37	0,5	7,3	280	0,26
<b>Maximum</b>	6,97	75,3	15,8	501	20160	9,53
<b>Průměr</b>	2,77	4,5	1,84	52,24	2413	2,6
<b>Faktor</b>	<b>23</b>	<b>204</b>	<b>32</b>	<b>69</b>	<b>72</b>	<b>37</b>

**Obr. 2:** Rozdíly v zásobení mikroživin

Ve fermentorech bioplynových stanic dávkující výhradně energetické rostliny (n=600)



žitého prvku se neprojeví přidavek stopových prvků. Při zjištění nedostatku je třeba začít přemýšlet o doplnění.

Vyskytnou-li se již symptomy nedostatku nebo poruchy procesu, je jejich použití doporučeno v každém případě. Přesná analýza není tak jednoduchá z důvodu nízké koncentrace stopových prvků jako i komplexního složení a vysoké viskozity obsahu fermentoru. Navíc hraje významnou roli biologická využitelnost potřebných stopových prvků. Pro stanovení zásobení biologicky dostupných stopových prvků ve fermentoru je nutná náročná příprava vzorku a vysoce citlivé přístroje.

Často jsou výše jmenované symptomy pro nedostatek stopových prvků nespecifické. Je mnoho dalších příčin, které mohou vést k poruše procesu fermentace nebo nižšímu výkonu zařízení, jako např. kolísání teploty, inhibice amoniakem nebo přítomnost jiných inhibitorů, popř. jen nedostatečný efekt míchacího zařízení. Proto se před dávkováním individuálně připravovaných směsí analyticky zjišťuje, zda se nedostatek stopových prvků projeví, po té co jsou z procesu vyloučeny inhibitory. Jedním z problémů v bioplynových stanicích je například inhibice amoniakem.

V lehčích případech amoniakální inhibice dojde jen ke snížení výtěžnosti metanu. Závažnější případy intoxikace amoniakem mohou končit kompletním kolapsem produkce bioplynu. Ve fermentoru s velmi vysokým obsahem dusíku může být po podání kombinovaného přípravku složeného z účinného komplexu vyvazující amoniakální dusík a specifických stopových prvků výtěžnost bioplynu opět výrazně navýšena.

Pro maximální využití podpory na výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů je žádoucí provozovat zařízení na plný výkon. Výpadky produkce bioplynu působí nepříznivě na celkový roční ekonomický výsledek a je jedno zda v důsledku inhibice biologie fermentace nebo nedostatkem substrátů. Snížili se pro-

vozovateli 500 kW bioplynové stanice výkon o 5 %, dosahuje jeho ztráta z prodeje elektřiny za rok cca jeden milión korun. Při poklesu průměrného výkonu zařízení o 15 %, činí tato ztráta téměř cca tři milióny korun za rok. Náklady při pravidelném dávkování stopových prvků činí pro takto velké zařízení 200 – 300 tisíc Kč za rok.

Použití individuálně namíchaných směsí stopových prvků navíc zvyšuje výtěžnost metanu a stupeň odbouratelnosti. ■

**Graf 1:** Průměrný přírůstek bakteriální biomasy

Ve fermentorech 60 bioplynových stanic při kontinuálním dávkování specifické směsi stopových prvků.

