

# Terciární odstraňování fosforu podle nové směrnice o čištění odpadních vod a návrhu změny vodního zákona

Miroslav Kos

**Směrnice Evropského parlamentu a Rady EU o čištění městských odpadních vod (přepracované znění) zpřísňuje požadavky na terciární čištění odpadních vod v čistírnách městských odpadních vod také v oblasti nutrientů, dusíku a fosforu [1]. Za významnou změnu považují zpřísnění emisních limitů pro fosfor. Je evidentní, že jedinou vhodnou technologií bude chemické, zcela jistě vícebodové, srážení fosforu solemi železa nebo hliníku. Zároveň byl v listopadu 2024 zveřejněn návrh ministerstva životního prostředí na změnu vodního zákona, který se významně dotýká poplatků za vypouštěný fosfor [2]. Logicky se objevuje otázka, co obě změny legislativy budou znamenat z hlediska nákladů a dopadu na životní prostředí.**

## Požadavky směrnice EU na terciární čištění pro fosfor

Článek 7 směrnice stanovuje členským státům povinnost zajistit do 31. prosince 2045, aby vypouštění z čistíren městských odpadních vod, které čistí městské odpadní vody z aglomerací s populačním ekvivalentem 10 000 PE (populační ekvivalent) a vyšším, splňovalo požadavky na terciární čištění stanovené v části B a tabulce 2 přílohy I. Obdobně členské státy do 21. prosince 2039 zajistí, aby vypouštění z čistíren městských odpadních vod, které čistí městské odpadní vody se zatížením odpovídajícím populačnímu ekvivalentu 150 000 PE a vyššímu, splňovalo před vypouštěním do recipientů příslušné požadavky na terciární čištění v souladu s částí B a tabulkou 2 přílohy I. V případě fosforu (celkový fosfor) se jedná o tyto hodnoty:

- 0,7 mg/l pro čistírny městských odpadních vod sloužící aglomeracím 10 000 PE a vyšší, ale nižší než 150 000 PE,
- 0,5 mg/l pro čistírny městských odpadních vod sloužící aglomeracím 150 000 PE a vyšší.

Pro vody vypouštěné z čistíren městských odpadních vod, které čistí městské odpadní vody se zatížením odpovídajícím populačnímu ekvivalentu 150 000 PE a vyššímu, se použijí oba ukazatele (N, P). Pro ČOV, které čistí městské odpadní vody z aglomerací s populačním ekvivalentem 10 000 PE a vyšším, se podle místní situace může použít jeden nebo oba ukazatele (N nebo P, nebo oba). Použijí se hodnoty koncentrací nebo procenta úbytku. V případě úbytku (%) musí být zajištěna stejná úroveň ochrany životního prostředí jako při použití koncentračního emisního limitu (velmi problematická formulace). Soustředíme se v této stati na použití koncentračního limitu, který je celoročním průměrem všech vzorků.

## Návrh novely zákona č. 254/2001 Sb., o vodách

Předloha novely [2] navrhuje zavedení nových limitů pro zpoplatnění fosforu. Sazba by se měla zvýšit ze 70 na 150 Kč/kg, limit zpoplatnění hmotnostní by se měl snížit na 1 500 kg/rok a koncentrační limit zpoplatnění by se měl snížit na 0,3 mg/l. Modelový propočít by měl ukázat, co by to znamenalo, pokud by se ČOV pro aglomerace nad 10 000 PE rozhodly dosáhnout tohoto limitu. Závěrečná zpráva z hodnocení dopadů regulace k návrhu zákona (jímž se navrhuje změna zákona č. 254/2001 Sb., o vodách), která je součástí návrhu změny zákona, bohužel

zcela pominula základní okrajové procesní a technologické podmínky srážení na nízké koncentrace fosforu a související negativní dopady případného masivního srážení fosforu.

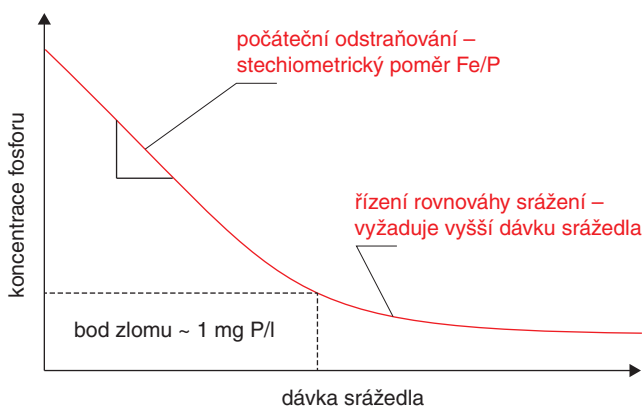
## Potřebná dávka srážedla

Potřebná dávka chemického srážedla souvisí s koncentrací fosforu ve vyčištěné odpadní vodě za biologickým stupněm. Již z této formulace je evidentní, že předpokládáme následné srážení a filtraci jako další technologický stupeň. Obvykle mu bude předcházet simultánní srážení P. K dosažení stabilně nízkých koncentrací fosforu je to jediné možná provozně ověřená technologie.

Pro cílové koncentrace celkového fosforu v oblasti 1 až 3 mg/l (dnes platné emisní standardy podle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.) je dostačující dávka cca 1,0 mol hliníku nebo železa na mol fosforu, provozně se však používají dávky cca 1,2 až 1,5 mol Fe nebo Al na mol fosforu. Pokud jsou cílové koncentrace srážení fosforu pod 1 mg/l, dostává se průběh srážení do oblasti, kdy je na odstranění 1 mol P potřebná mnohem vyšší dávka kovu (Fe, Al), než je stechiometrická (obr. 1). Pro nižší koncentrace celkového fosforu v rozmezí 0,3–1,0 mg/l se dávka může pohybovat v rozmezí 1,2 až 7,0 molu hliníku nebo železa na mol fosforu [1,2]. S požadavkem na dosažení nižší koncentrace pod 1 mg/l zbytkového fosforu potřebná dávka prudce roste! Pro další úvahy budeme uvažovat pouze srážení solemi železa, které je v ČR preferováno. Pro účinné odstranění fosforu je významná hodnota pH, protože rozpustnost vznikajících sraženin se mění s pH. Odstraňování fosforu hliníkem je neúčinnější v rozmezí pH 5 až 7, srážení železitými solemi má pak optimum pH 6,5 až 7,5.

## Produkce fosforu ve vyčištěných městských odpadních vodách

Jaké množství chemického srážedla budeme pro zabezpečení nových emisních limitů potřebovat, je logická otázka. Podmínky pro srážení fosforu na nízké koncentrace je vhodné vnímat před implementací směrnice EU do naší legislativy. Jako příkladný výpočet je použit stav v roce 2023. Podle Zprávy o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2023, označované jako Modrá zpráva [3], bylo v roce 2023 vypouštěné znečištění představované fosforem bilancované státními podniky Povodí



Obr. 1: Závislost zbytkové koncentrace fosforu na dávce chemického srážedla (Fe<sup>3+</sup>)

celkem 1 109 t P<sub>celk</sub>/rok (součet v tabulce 5.1.1. Modré zprávy). Je zřejmé, že tato suma zahrnuje i zdroje pod 10 000 PE, rozhodně však představuje majoritní znečištění vypouštěné z ČOV. Pokud vezmeme v úvahu údaje o průtokovém množství čistěných odpadních vod z tabulky 9.2.1 Odvádění a čištění odpadních vod z kanalizací [3], vychází průměrná koncentrace celkového fosforu na odtoku z ČOV cca 1,3 mg/l. Rozdělíme-li takto vypouštěný fosfor do velikostních kategorií aglomerací podle nové směrnice o čištění odpadních vod (počty ČOV a PE podle podkladů SOVAK ČR), je zřejmé, že aglomerace nad 10 000 PE produkují více než 85 procent celkově vypouštěného celkového fosforu ve vyčištěných odpadních vodách (tabulka 1).

### Orientační propočty potřeby chemikálií na srážení fosforu

Je uvažováno rozdělení aglomerací do dvou velikostních skupin, jak je obsaženo v přepracovaném znění směrnice o čištění

městských odpadních vod. Propočet byl proveden pro vypouštěné množství celkového fosforu v roce 2023 a pro modelované stavy dosažení emisního standardu 0,5 a 0,7 mg P<sub>celk</sub>/l pro příslušné velikostní skupiny směrnice EU. Výpočet je proveden za předpokladu srážení 40procentním roztokem síranu železitého (Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>). Molární poměr Fe/P v závislosti na cílové koncentraci P<sub>celk</sub> v odtoku byl volen na základě doporučení z provozních zkušeností [4,5]. Vedle spotřeby srážedla je propočtena i produkce chemického kalu doprovázející toto srážení, vzniklý chemický kal bude zvyšovat celkovou produkci kalu na ČOV.

Dále byl proveden výpočet srážení fosforu pro stav, kdy by se provozovatelé ČOV o velikosti 10 000 PE a výše rozhodli dosáhnout odtokových koncentrací celkového fosforu na limitu navrhované koncentrace zpoplatnění 0,3 mg/l. Výsledky výpočtů uvádí tabulka 1.

### Hodnocení výsledků modelového propočtu

V důsledku zprůsnění emisních limitů novou směrnici EU pro čištění městských odpadních vod v ukazateli celkový fosfor na odtoku významně vzroste spotřeba chemikálií na srážení fosforu při provozu čistíren městských odpadních vod sloužících aglomeracím 10 000 PE a vyšším. Z modelového propočtu lze usuzovat, že průměrná spotřeba 40% roztoku Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> vzroste v ČR v průměru o 25 000 m<sup>3</sup> ročně.

Pokud by v důsledku navrhované novely vodního zákona došlo ke zprůsnění emisních limitů pro zpoplatnění fosforu na 0,3 mg/l, a provozovatelé se rozhodli v kategorii aglomerací 10 000 PE a více tento limit plnit, pak spotřeba síranu železitého může vzrůst až na 58 500 m<sup>3</sup> ročně. Pokud by byly zahrnuty všechny ČOV, může tato spotřeba činit až 70 000 m<sup>3</sup>/rok. Pro zabezpečení této spotřeby není v ČR v současnosti dostatečná výrobní kapacita.

Významný dopad bude do produkce sušiny kalů: pro emisní limit 0,5 až 0,7 mg/l se proti současnosti zvýší o cca 5 %, pro případný zprůsněný emisní limit zpoplatnění 0,3 mg/l pak až

Tabulka 1: Propočet spotřeby srážedla (Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) a produkce chemického kalu pro různé emisní limity celkového fosforu

| produkce celkového fosforu v odtoku z ČOV (2023)   | t/rok                        | 1 109                          | 1 109                   |
|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| koncentrace P <sub>celk</sub> v odtoku z ČOV (2023)  | mg/l                         | 1,28                           | 1,28                    |
|  |                              | propočet pro novou směrnici EU | návrh novely VZ 11/2024 |
| počet ČOV 150 000 PE a více  | ks                           | 10                             | 10                      |
| počet ČOV 10 000–150 000 PE  | ks                           | 137                            | 137                     |
| počet ČOV 10 000 PE a více   | ks                           |                                | 147                     |
| počet PE připojených na ČOV 150 000 a více   | PE                           |                                | –                       |
| počet PE připojených na ČOV 10 000–150 000 PE  | PE                           | 4 142 542                      | –                       |
| počet PE připojených na ČOV 10 000 PE a více   | PE                           |                                | 7 873 844               |
| celkový počet PE připojených na ČOV v ČR   | PE                           | 9 237 582                      | 9 237 582               |
| současná průměrná odtoková koncentrace P <sub>celk</sub>   | mg/l                         | 2,0                            | 1,3                     |
| produkce celkového fosforu v odtoku z ČOV (2023)   | t/rok                        | 497                            | 945                     |
| novelou požadovaná odtoková koncentrace P <sub>celk</sub>  | mg/l                         | 0,7                            | –                       |
| novelou vodního zákona navrhovaný limit zpoplatnění P <sub>celk</sub>                              | mg/l                         | –                              | 0,3                     |
| molární poměr Fe/P v závislosti na cílové koncentraci P <sub>celk</sub> v odtoku                   | mol/mol                      | 2,0                            | 2,5                     |
| specifická hmotnostní dávka Fe na P  | kg Fe <sub>dávka</sub> /kg P | 3,6                            | 4,5                     |
| dávka Fe při požadovaném mol. poměru   | t/rok                        | 1 790                          | 10 209                  |
| spotřeba Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 40% roztok                                | t/rok                        | 6 410                          | 36 548                  |
| spotřeba Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 40% roztok                                | t/d                          | 18                             | 100                     |
| spotřeba Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 40% roztok                                | m <sup>3</sup> /rok          | 10 272                         | 58 571                  |
| spotřeba Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 40% roztok                                | m <sup>3</sup> /d            | 28,1                           | 160,5                   |
| specifická produkce kalu   | g suš./g Fe                  | 2,5                            | 2,5                     |
| produkce sušiny chemického kalu ze srážení P   | t/rok                        | 4 476                          | –                       |
| celková produkce sušiny chemického kalu  | t/rok                        | 9 515                          | 25 523                  |
| nárůst produkce sušiny čistírenského kalu proti současnosti (v současnosti cca 190 000 t suš./rok) | %                            | 5,0                            | 13,4                    |

o 13,4 % pro ČOV nad 10 000 PE, celkově cca 15 % pro všechny ČOV. Je to logické, podíváme-li se na exponenciální průběh závislosti dávky srážedla na cílové koncentraci fosforu (obr. 1).

Zvýšená spotřeba chemikálií na srážení fosforu a zvýšená produkce kalů představuje významný nárůst provozních nákladů nejen na srážedlo, ale především na likvidaci vzniklých kalů. Současně bude velmi negativně ovlivněno složení kalů z hlediska jejich dalšího potenciálního zemědělského využití. Nicméně kaly budou obsahovat zvýšené koncentrace fosforu, který by měl být logicky jako kritický materiál vhodně technologicky získán a využit.

## Souhrn

K dosažení 80–95procentního odstranění fosforu z odtoku z ČOV, resp. dosažení emisních limitů podle nové směrnice EU [1] je potřebný molární poměr Fe/P v oblasti 2,0 až 2,5. Pro dosažení koncentrací celkového fosforu na navrhovaném limitu zpoplatnění 0,3 mg/l je potřebný molární poměr Fe/P v oblasti 5,0 až 7,0. Tyto faktory jsou především ovlivněny hodnotou pH, způsobem míchání, charakteristikou vyčištěné odpadní vody, zbytkovými organickými látkami.

Na modelovém propočtu byly odhadnuty dopady přijatých emisních limitů pro celkový fosfor v souvislosti s přepracovaným zněním směrnice o čištění městských odpadních vod [1] a pro případ srážení na koncentraci 0,3 mg/l, navrhovanou jako limit zpoplatnění v předloze změny zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Nová směrnice EU 2024/3019 o čištění městských odpadních vod platí od 1. 1. 2025. Členské státy EU pak budou mít až 31 měsíců na to, aby své vnitrostátní právní předpisy přizpůsobily novým pravidlům (tj. implementovaly směrnici do vnitrostátního práva). Budeme mít tedy dostatečnou dobu na to, abychom si uvědomili dopady nové směrnice.

Současně byl příspěvek napsán v době předložení prvního návrhu změny vodního zákona [2]. Společným rysem obou legislativních norem budou stejné doprovodné efekty, tj. potřeba investic, prudký nárůst spotřeby vysoce energeticky náročných chemikálií na srážení fosforu a s tím související skutečnosti, jako je vyšší produkce kalů, zvýšení zatížení kalových hospodářství ČOV, zvýšení plateb za kaly, zvýšení uhlíkové stopy, nega-

tivní změna složení kalů, zvýšení solnosti vyčištěných odpadních vod apod.

## Literatura

1. Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/3019 z 27. listopadu 2024 o čištění městských odpadních vod. Úřední věstník EU 12. 12. 2024 ([https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L\\_202403019](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202403019))
2. Návrh zákona, kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 123/1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí, 7. 11. 2024, <https://www.odok.czportal/veklep/material/KORNDASAJFXM/>.
3. Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2023, verze schválená na jednání vlády dne 4. 9. 2024. MZe, 2024.
4. WRF (The Water Research Foundation), "Tertiary Phosphorus Removal" from the Nutrient Removal Challenge. <https://www.waterrf.org/serve-file/Tertiary-Phosphorus-Removal.pdf>, 2019.
5. Phosphate Elimination with Iron Salts, KRONOS Ecochem, Phosphate elimination with Iron salts [https://kronosecochem.com/wp-content/uploads/TI\\_3\\_01\\_EN\\_Elimin\\_Phosphates.pdf](https://kronosecochem.com/wp-content/uploads/TI_3_01_EN_Elimin_Phosphates.pdf), 2012



Ing. Miroslav Kos, CSc., MBA  
STRABAG Water s. r. o.