

1 • 21

Leden 2021
Ročník 30

SOVAK ČR
řádný člen EurEau



SOVAK

ČASOPIS OBORU VODOVODŮ A KANALIZACÍ

Čerpací stanice surové vody
na Vranově je technickým
unikátem

Energetické hodnocení
kalového hospodářství
českých ČOV



Produkce čistírenských kalů
v ČR v roce 2019

Zásobování pitnou vodou
jako rozvojový potenciál
obcí – pohled malých obcí
v rámci celorepublikového
dotazníkového šetření

Vplyv tepelnej úpravy
na obsah farmaceutik
v kaloch

Z regionů

Je čistírna odpadních vod
hotspotem pro šíření
genetické rezistence?



SOVAK
ROČNÍK 30 • ČÍSLO 1 • 2021

OBSAH

Vilém Žák Úvodník	1
Jaroslav Hedbávný Čerpací stanice surové vody na Vranově je technickým unikátem	2
Miroslav Kos Energetické hodnocení kalového hospodářství českých ČOV	4
Miroslav Kos Produkce čistírenských kalů v ČR v roce 2019	11
Pavlna Hejduková, Lucie Kureková, Tomáš Hejduk, Štěpán Marval, Miroslav Čölba Zásobování pitnou vodou jako rozvojový potenciál obcí – pohled malých obcí v rámci celorepublikového dotazníkového šetření	12
Petra Szabová, Dóra Varjúová, Roman Grabic, Andrea Vojs Staňová, Igor Bodík Vplyv tepelnej úpravy na obsah farmaceutík v kaloch	20
Z regionů	24
Radka Rosenbergová, Beáta Plutová, Pavel Chudoba, Ondřej Beneš Je čistírna odpadních vod hotspotem pro šíření genetické rezistence?	26



Plovoucí čerpací stanice surové vody
na Vranovské přehradě

Doufám, že nadcházející rok 2021 bude lepším toho uplynulého

ÚVODNÍK

Vážení čtenáři časopisu Sovak,

jistě znáte staré rčení o skutečné hodnotě věcí, kterou poznáme až tehdy, když o ně přicházíme. Předpokládám, že jsme si tuto pravdu v uplynulém roce všichni mnohokrát připomněli.

Covidový rok 2020 nám toho vzal opravdu hodně: tisícům našich spoluobčanů to nejvzácnější – život, nám ostatním pak svobodu, mnoha lidem majetek, iluze a často, bohužel, i naději.

Věřím však, že uplynulý rok s sebou přinesl také mnoho dobrého. Opět jsme si začali více vážit všedních maličkostí. Víme, jak vzácná může být každá chvíle strávená v kruhu blízkých. Omezené možnosti cest do zahraničí nás vrátily zpět k objevování krás naší rodné země. Zjistili jsme sice, že při plnění každodenních pracovních povinností nám mnohdy schází osobní kontakt a že se nonverbální komunikace nedá ničím nahradit, ale v mnohem větší míře jsme se naučili využívat virtuálního světa k setkávání se. Naše slovní zásoba se díky tomu rozšířila o slova Teams, Zoom a další, která však mají najednou jiný význam, než na který jsme byli zvyklí.

V nastalém zmatku se však ukázalo, že existují věci, které navzdory okolnostem přetrvávají, fungují a dávají lidem pocit jistoty a naděje, že není vše úplně špatně. Jednou z takových věcí je určitě i náš obor.

Vodárenství se stalo v koronavirovém období jedním ze stabilizačních prvků, na který se mohl stát a všichni občané naší země spolehnout. Pro někoho to je možná samozřejmost, ale vy všichni, kteří se každý den podílíte na řešení problémů při zajištění výroby a distribuce kvalitní pitné vody a spolehlivého odvodu a čištění vody odpadní, víte nejlépe, že to není samozřejmost, ale nesnadná a obtížná práce. Děláte ji neokázale, v tichosti, ale s o to větší pečlivostí a odpovědností. Za to vám patří obrovský dík a uznání.

Nadcházející rok 2021, a já v to doufám, bude lepším toho uplynulého.

Chtěl bych nám všem popřát pevné zdraví, lásku, více klidu, osobní pohody i schopnosti odlišovat podstatné od nepodstatného.

S úctou

Ing. Vilém Žák
ředitel a člen představenstva SOVAK ČR



Čerpací stanice surové vody na Vranově je technickým unikátem

Jaroslav Hedbávný



Úpravna vody Štítary byla uvedena do provozu v prosinci roku 1982 zejména v souvislosti s výstavbou Jaderné elektrárny Dukovany. Voda z nové úpravy začala postupně zásobovat velkou část měst a obcí třebečského okresu a nahrazovat některé problematické místní zdroje. Vranovská nádrž je svým objemem cca 130 mil. m³ největší zásobárnou vody v regionu, aktuálně zásobuje pitnou vodou asi 80 tisíc obyvatel při průměrném výkonu úpravy 92 l/s.

Odběr surové vody pro úpravu se děje unikátním způsobem pomocí plovoucí plošiny, která je dvěma pohyblivými rameny spojená s břehem. Na plošině je zavěšeno šest ponorných čerpadel s pohyblivým sáním, která přečerpávají surovou vodu do úpravy s převýšením cca 130 m. Plovoucí plošina může do určité míry kopírovat pohyb hladiny. Při mimořádné manipulaci



v roce 2010 bylo zjištěno, že cca na kótě 340 m n. m. se začíná závěs bočního ramene deformovat, opírat o kotevní blok, a hrozí jeho destrukce. Ještě v roce 2010 bylo kotvení ramene provi-

zorně upraveno tak, aby mohla být dosažena požadovaná hladina na kótě cca 337 m n. m. V roce 2018 proběhla druhá úprava ramene, aby v případě nouze mohlo být dosaženo ještě nižší kóty než 337 m n. m.

V ÚV Štítary se voda upravuje ve třech stupních – sedimentace, písková filtrace a filtrace přes granulované aktivní uhlí (GAU), následně je hygienicky zabezpečena (chlor, chloraminace, UV záření).

Úpravna prošla zásadní rekonstrukcí v období let 1999 až 2001, kdy byla řešena především úprava a likvidace vodárenského kalu a modernizace čerpací stanice surové vody.

V období 2007–2009 následovala druhá etapa modernizace úpravy, zejména doplnění filtrace přes GAU, UV záření a měření a regulace včetně kontinuálního monitoringu kvality vody.

V letech 2018 a 2019 bylo za použití těžké techniky včetně helikoptér vyměněno zdvojené výtlačné ocelové potrubí DN 500 z čerpací stanice surové vody v nepřístupném terénu směrem k úpravně. Podobným způsobem byl vyměněn i jeřáb, který je základním manipulačním prostředkem na čerpací stanici.

Plovoucí plošina s čerpací stanicí je zařízení unikátní, technicky a provozně velmi náročné a ekonomicky nákladné. Pohyb plošiny spojený s kolísáním hladiny, v posledních letech až v rozmezí deseti i více metrů, klade velké nároky na všechny její pohyblivé části. Ocelové klouby, pružné spoje potrubí i kabelů jsou velmi namáhány. Komplikovaný je i přístup na plošinu. Doprava osob je možná výtahem s nosností 250 kg, který je umístěn na původním schodišti ve strmém břehu. Doprava břemen (čerpadla, armatury, materiál na opravy) je možná pouze spe-



ciálně upraveným člunem po vodě a následnou manipulací s pomocí jeřábu. Plošina je navíc z hlediska zákona o vnitrostátní plavbě plavidlem (plovoucím zařízením) a v oblasti evidence, revizí a kontrol spadá pod Státní plavební správu. Unikátních problémů spojených s provozem této plovoucí čerpací stanice by se jistě dalo vyjmenovat mnohem více. Důležitá je však skutečnost, že na tomto zařízení závisí pitná voda pro velký počet obyvatel. Zkušenosti posledních let umocněné extrémními vý-

kyvy počasí ukázaly, jak je uvedené složité zařízení zranitelné. Z toho důvodu vzniká záměr nahradit plovoucí plošinu pevnou odběrovou věží s několika odběrovými okny.

*Ing. Jaroslav Hedbávný
VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a. s., divize Třebíč
foto: autor*

Energetické hodnocení kalového hospodářství českých ČOV

Miroslav Kos

Príspevek navazuje na článok Vyhodnocení spotřeby a produkce energie na českých ČOV, zveřejněný v časopise Sovak číslo 4/2020. Některé skutečnosti a grafy přímo navazující na zaměření tohoto sdělení jsou proto uvedeny znovu, aby nebylo nutné vyhledávat předmětný článek.

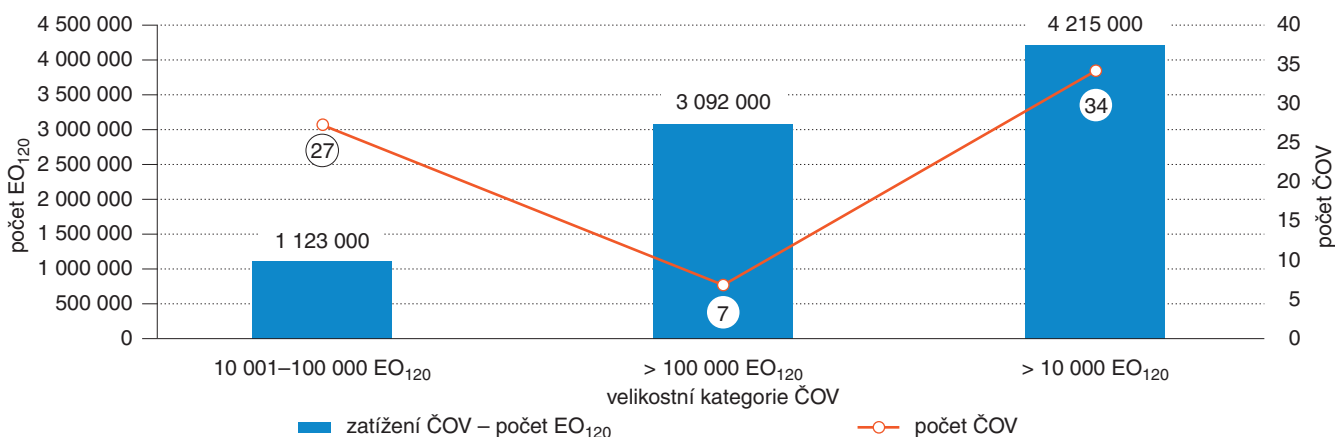
Provoz čistíren odpadních vod (ČOV) spotřebuje významná množství elektrické a tepelné energie. Současně jsou ČOV schopny generovat z vyprodukovaných čistírenských kalů zpracovávaných anaerobní stabilizací kalový plyn (používáno také označení bioplyn) a při jeho energetickém využití pokrývat významnou část spotřeby elektrické energie a tepla. Je proto logickým cílem pomoci úspor spotřeby energií a současného zvyšování výroby elektřiny a tepla z biomasy čistírenských kalů zlepšit ekonomiku čištění odpadních vod, cílovým stavem je dosažení soběstačnosti. Odpadní vody obsahují v přítoku do ČOV energetický potenciál cca 170 kWh/(EO₁₂₀ · rok), přičemž ve formě surového smíšeného kalu vstupuje do vyhnívacích nádrží cca 85 kWh/(EO₁₂₀ · rok). Přibližně polovina energie je mezofilní anaerobní stabilizací převedena na kalový plyn, druhá polovina odchází v sušině kalu k dalšímu využití nebo likvidaci [1]. Je tedy zřejmé, že zvýšení efektivity můžeme dosáhnout zvýšením produkce kalového plynu a účinnosti jeho využití, nebo využitím energie obsažené ve vyhnívacím kalu za současného maximálního snížení energetických (tepelných) ztrát v kalovém hospodářství. Celková výroba elektrické energie z kalového plynu na ČOV dosáhla v roce 2018 cca 105,3 MWh, což znamená, že ČOV nad 10 000 EO představují v České republice cca 0,74 % na celkové spotřebě elektrické energie a současně produkují cca 23,4 % spotřeby elektrické energie na ČOV [2]. Celková specifická spotřeba elektrické energie na 1 EO₁₂₀ za rok je v prů-

měru v ČR cca 32 kWh/(EO₁₂₀ · rok) [3]. Hodnocení spotřeby a produkce energie na ČOV se stalo v posledních letech rozsáhlou aktivitou profesních sdružení jako součást benchmarkingu, cílem je zhodnotit současný stav a určit cesty k cílovému stavu – energetické soběstačnosti ČOV. Vzhledem k tomu, že v příštích letech se ceny elektřiny zvýší, mají vlastníci i provozovatelé ČOV velmi praktický důvod k optimalizaci provozů z hlediska energie. Výroba kalového plynu (bioplynu) z čistírenského kalu je vyspělou a široce používanou technologií. Výkon anaerobní stabilizace a související produkce bioplynu lze zvýšit úpravou kalu před jeho zpracováním pomocí různých procesů, jako jsou například různé formy hydrolýzy. Vyrobený bioplyn lze použít přímo k vytápění či v plynových turbínách nebo kogeneračních jednotkách k výrobě tepla a elektřiny, nebo může být přiváděn do distribuční plynové sítě či použit po vyčištění na biometan s vysokým obsahem CH₄ k pohonu vozidel.

Hodnocení provozu ČOV je primárně zaměřeno na hodnocení vodní linky, které souvisí s legislativní a poplatkovou agendou, sledování procesů v kalovém hospodářství má čistě procesní význam. Přitom z hlediska provozních nákladů hrají oba provozní celky téměř stejnou roli. V celém světě v souvislosti s potřebou snížit provozní spotřebu energie ČOV (elektrické a tepelné) prudce roste význam provozu kalového hospodářství. Nasazení nových energeticky účinnějších zařízení nebo technologií podporujících produkci bioplynu a využití energetického

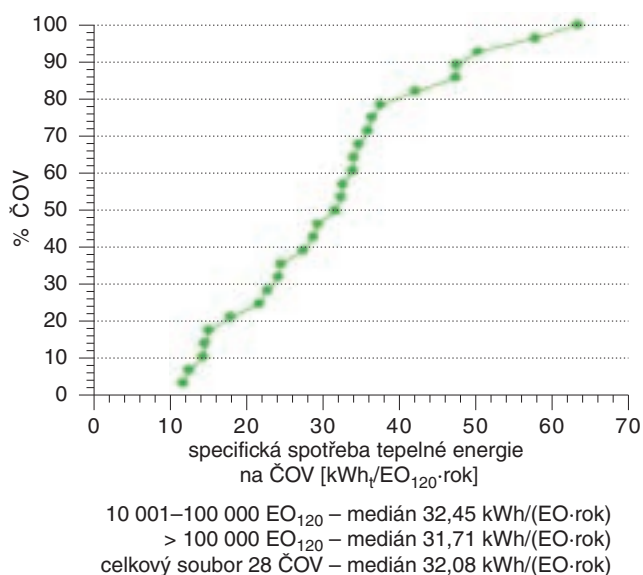
Tabulka 1: Vyhodnocované ukazatele v rámci energetického hodnocení ČOV a navržené hodnoty BAT (benchmark, cílová hodnota)

Parametr	Rozměr	Hodnota BAT benchmark cílová hodnota
celková specifická spotřeba elektrické energie na 1 EO ₁₂₀ za rok	kWh/(EO ₁₂₀ · rok)	20
specifická spotřeba elektrické energie na aeraci na 1 EO ₁₂₀ za rok	kWh/(EO ₁₂₀ · rok)	12
specifická produkce kalového plynu na 1 EO ₁₂₀ (normální podmínky)	m ³ /(EO ₁₂₀ · rok)	9,1
	m ³ /(EO ₁₂₀ · d)	0,025
specifická produkce kalového plynu na 1 kg organických látek přivedených do vyhnívací nádrže	m ³ /kg org. suš.	0,480
specifická produkce kalového plynu na 1 kg odstraněných organických látek ve vyhnívací nádrži	m ³ /kg Δ org. suš.	0,900
stupeň využití kalového plynu v kogenerační jednotce z celkové vyprodukovaného bioplynu	%	98
stupeň konverze kalového plynu na elektrickou energii v kogenerační jednotce (elektrická účinnost)	%	40
stupeň nezávislosti na dodávce elektrické energie (podíl vyrobené elektrické energie v kogenerační jednotce na celkové spotřebě ČOV)	%	65
specifická výroba elektrické energie na 1 EO ₁₂₀ za rok	kWh/(EO ₁₂₀ · rok)	17
specifická výroba tepelné energie na 1 EO ₁₂₀ za rok	kWh/(EO ₁₂₀ · rok)	27
specifická spotřeba externí tepelné energie	kWh/(EO ₁₂₀ · rok)	5
specifická spotřeba elektrické energie čerpací stanice	Wh/m ³ · m	5

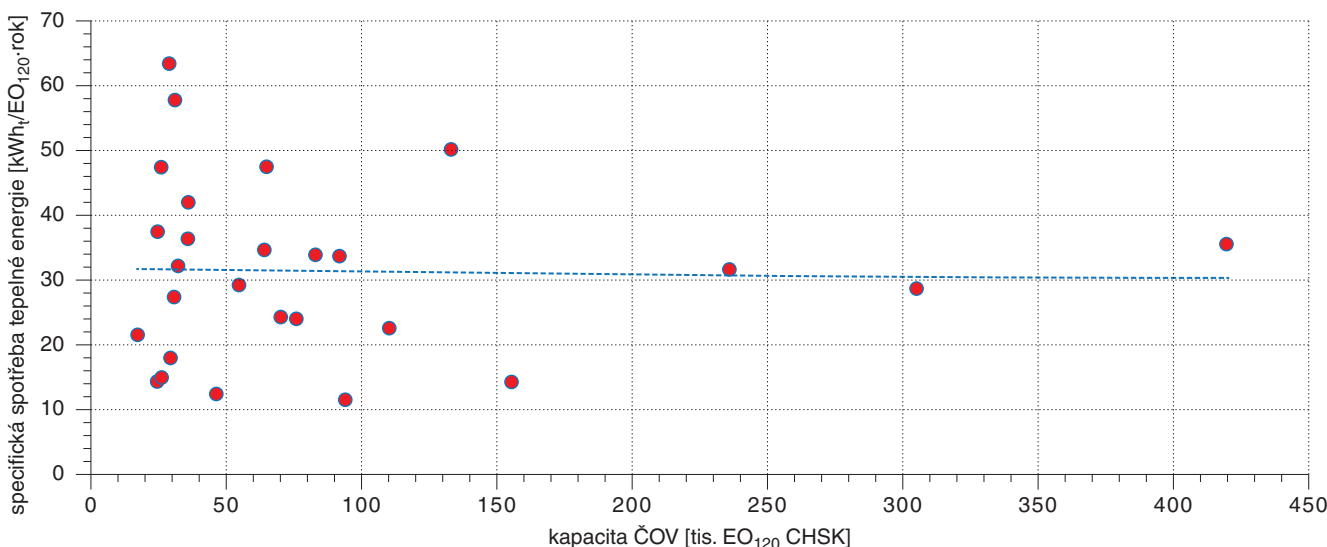


Obr. 1: Velikostní kategorie hodnocených ČOV a souhrnné zatížení podle počtu EO₁₂₀

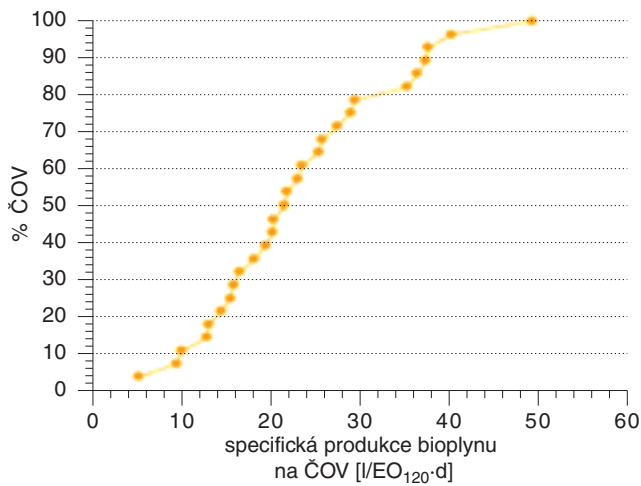
potenciálu čistírenských kalů je realitou, jinak se nelze připravit na nastupující termické technologie zpracování kalu a sledovat cíl zvyšování energetické soběstačnosti ČOV. Provozovatelé ČOV se hodnocení kalového hospodářství přiměřeně věnují, avšak údaje nejsou obvykle publikovány, jsou považovány za interní informace. Větší srovnání velkých českých ČOV zahrnující i některé provozní parametry kalového hospodářství bylo publikováno v roce 2010 [4]. Stav českých ČOV z hlediska spotřeby a produkce energie detailně neznáme a systematicky nehodnotíme, do benchmarkingu provozní evidence Ministerstva zemědělství se dostává pouze údaj specifické spotřeby elektrické energie na 1 m³ vyčištěných vod, který je však nereprezentativní pro porovnávání různých ČOV. Metodika energetického hodnocení a rozsáhlé posouzení vznikly v rámci projektu Smart Regions [5]. Vyhodnocení spotřeby elektrické energie na českých ČOV ukázalo, že úroveň není špatná, ale celá řada ukazatelů svědčí, že je co zlepšovat v oblasti kalového hospodářství [3]. Tento stav je i výsledkem zaměření investic v dotačním programu OPŽP posledních dvou období, neboť dotační projekty byly převážně orientovány do oblastí čištění odpadní vody. Tento příspěvek navazuje na provedené energetické hodnocení vodní linky [3]. Pro srovnání výsledků byly použity výsledky benchmarkingu zpracovávaného podle metodiky DWA A216 [6].



Obr. 2: Kumulativní relativní četnost specifické spotřeby tepelné energie na českých ČOV

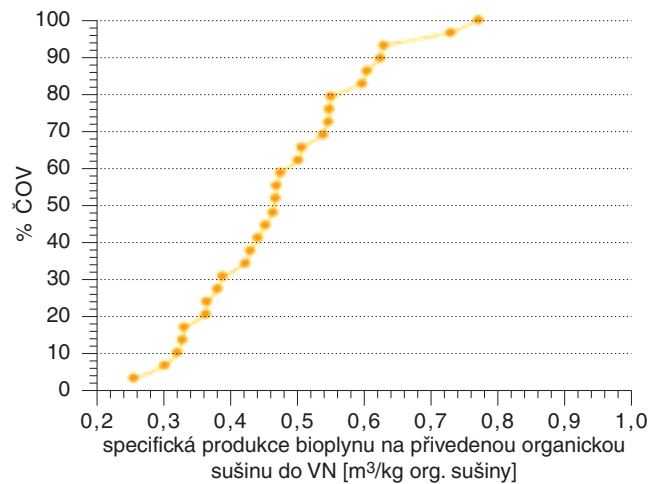


Obr. 3: Závislost specifické spotřeby tepelné energie ČOV na velikosti ČOV



10 001–100 000 EO₁₂₀ – medián 32,45 l/(EO·d)
 > 100 000 EO₁₂₀ – medián 31,71 l/(EO·d)
 celkový soubor 28 ČOV – medián 32,08 l/(EO·d)

Obr. 4: Kumulativní relativní četnost specifické produkce kalového plynu



10 001–100 000 EO₁₂₀ – medián 0,482 m³/kg org. sušiny
 > 100 000 EO₁₂₀ – medián 0,466 m³/kg org. sušiny
 celkový soubor 28 ČOV – medián 0,466 m³/kg org. sušiny

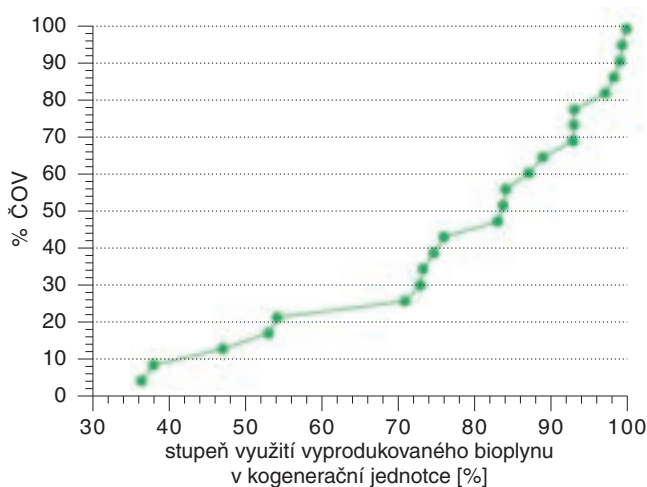
Obr. 5: Kumulativní relativní četnost specifické produkce kalového plynu na přivedenou organickou sušinu do vyhnívací nádrže

Metodika hodnocení

Vyhodnocení proběhlo v rámci řešení projektu Centrum kompetence Smart Regions (Inteligentní regiony) číslo TE02000077 (TAČR), kdy byla testována navržená metodika „Energetické hodnocení ČOV“ [5]. Postup hodnocení proběhl přesně podle uvedené metodiky, tzn. že byl vždy vyhodnocován minimálně 1 rok, systémové hranice ČOV byly v hodnoceném období konstantní, hodnocení zahrnovalo vodní i kalovou linku, časový krok vyhodnocení byl jeden měsíc kvůli zachycení sezónních vlivů, pracovalo se se „surovými“ daty provozovatelů, vždy byla sestavena úplná hmotová a energetická (elektrická energie a teplo) bilance pro kontrolu konzistence údajů. Někdy bylo potřeba zajistit doplňková měření či dopočty, zvláště v oblasti kalového hospodářství. Pro účely hodnocení je 1 EO v souladu se

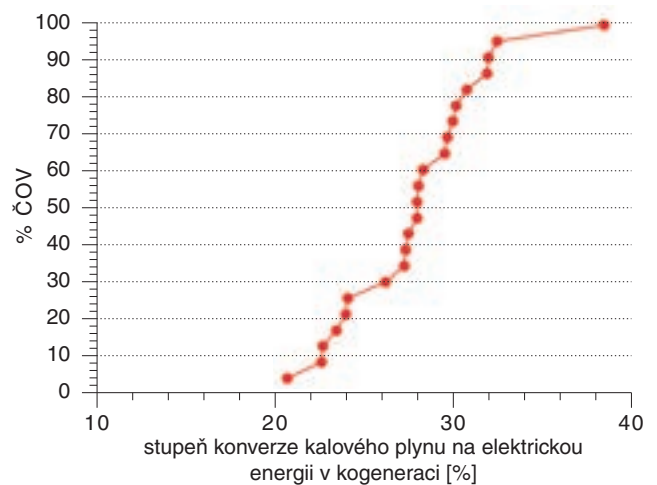
zahraniční praxí definován podle CHSK jako denní produkce 120 g CHSK/(EO · d). V rámci zpracování Energetického hodnocení ČOV byly stanoveny specifické parametry charakterizující stav nakládání s energiemi na ČOV, pro které jsou benchmarkové hodnoty uvedeny v tabulce 1.

Pro účely hodnocení úrovně zpracování kalů byla především hodnocena míra produkce kalového plynu, a to jak na EO₁₂₀ (v souladu se zahraniční praxí a tradicí jde o jediný specifický parametr vyhodnocovaný jako denní produkce, ne roční), tak i na přivedenou i odstraněnou organickou sušinu. Dále bylo posuzováno využití kalového plynu k produkci elektrické energie a tepla v kogeneračních jednotkách (KGJ). Anaerobní stabilizace je hlavním spotřebitelem tepla (vyprodukovaného v KGJ i externě dodávaného), proto tento ukazatel nejlépe charakterizuje



10 001–100 000 EO₁₂₀ – medián 83,90 %
 > 100 000 EO₁₂₀ – medián 83,00 %
 celkový soubor 23 ČOV – medián 83,71 %

Obr. 6: Kumulativní relativní četnost využití kalového plynu (bioplynu) v kogeneračních jednotkách



10 001–100 000 EO₁₂₀ – medián 28,01 %
 > 100 000 EO₁₂₀ – medián 29,70 %
 celkový soubor 23 ČOV – medián 28,02 %

Obr. 7: Kumulativní relativní četnost stupně konverze na elektrickou energii v kogeneračních jednotkách

provozní stav anaerobní stabilizace kalů na ČOV. Mimo parametrů uvedených v tabulce 1 bylo vyhodnocováno ještě několik dalších ukazatelů, jako jsou míra odstranění organické sušiny, výhřevnost kalového plynu, stupeň odvodnění vyhnílého kalu, zbytková organická sušina v odvodněném kalu apod. V návaznosti na hodnocení elektrické spotřeby celé ČOV byly hodnoceny závislosti související s provozem kalového hospodářství.

Vyhodnocení českých ČOV

Vyhodnocení proběhlo v letech 2017–2018, opakovaně hodnocení některých ČOV pak v roce 2019. Do statistického hodnocení bylo zahrnuto 34 středních a velkých ČOV, s celkovou kapacitou zatížení 4,215 mil. EO_{120} . Pro účely hodnocení byly rozděleny do kategorie 10 001–100 000 EO_{120} a nad 100 000 EO_{120} . Přehled počtu a kapacity hodnoceného souboru ČOV je na obr. 1.

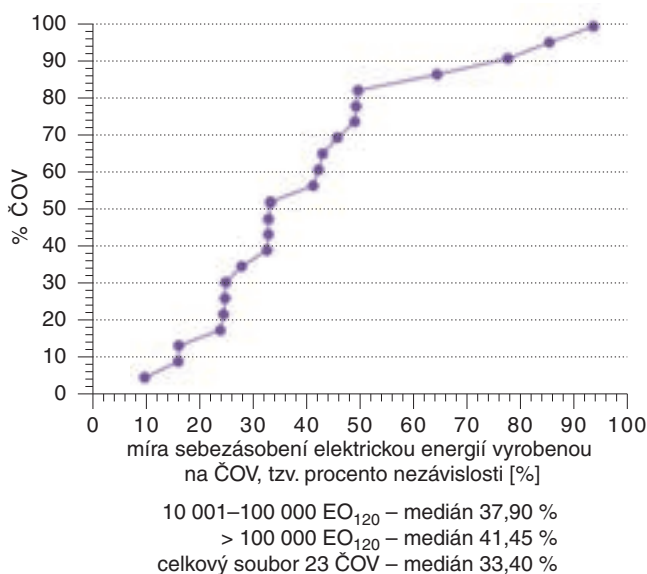
Všechny hodnocené ČOV pracovaly s technologií zvýšeného odstraňování dusíku (s denitrifikací a nitrifikací), kalové hospodářství u 28 ČOV zahrnovalo anaerobní stabilizaci, vyprodukovaný kalový plyn byl využíván u 23 ČOV v kogeneračních jednotkách k produkci elektrické energie. Statistické zpracování vyhodnotilo na základě měsíčních průměrů roční průměrné hodnoty, následně byly pro hodnocené ČOV vypočteny mediány ročních hodnot a sestavena křivka kumulativní relativní četnosti v % hodnocených ČOV pro hodnocený parametr. Kumulativní četnost je v grafech znázorněna pro celý soubor, medián je pak určen pro každou velikostní kategorii. Ze zpracování byly vyloučeny některé ČOV, kde soubor informací byl nekonzistentní nebo v hodnoceném období byly provozní údaje ovlivněny nestandardními technickými faktory (poruchy, opravy apod.).

Výsledky hodnocení spotřeby tepelné energie ČOV

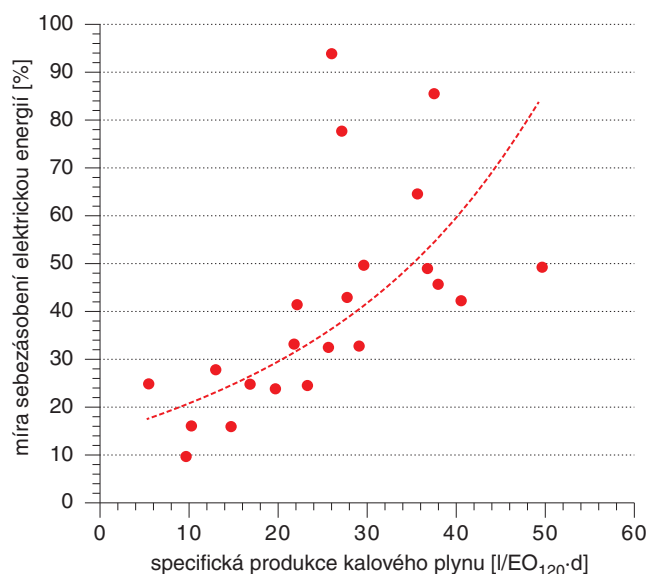
Přímé měření spotřeby tepelné energie není na většině českých ČOV zavedeno. Proto tento ukazatel byl zjišťován bilanční metodou, kdy do bilance byly zahrnuty kogenerační jednotky, kotle na kalový plyn a kotle na zemní plyn, v několika případech i přímý nákup tepla z externího zdroje ve formě páry. Na základě tepelných bilancí KGJ a kotlů byly ze spotřeb kalového plynu

a zemního plynu vypočítány produkce tepla, přičemž u těchto zdrojů tepla byla do hodnoty celkové produkce tepla započtena procesní ztráta zdroje (defaultní hodnoty: KGJ 20 %, kotel 10 %). Produkce tepla byla deklarována jako spotřeba tepla ČOV. Protože v celé řadě případů nelze oddělit spotřebu pro vytápění vyhnívacích nádrží a budov, zahrnují zjištěné hodnoty tuto nepřesnost. U několika ČOV jsme měli možnost oddělit tyto spotřeby tepla, vzorek těchto ČOV ukázal, že v celoroční spotřebě činí podíl budov do 10 % celkové spotřeby tepla. Samostatně byla vyhodnocována spotřeba tepelné energie z externích zdrojů. Hodnocený soubor představoval 28 ČOV. Medián specifické spotřeby tepelné energie pro ČOV větší než 10 000 EO_{120} dosáhl hodnoty 32,08 kWh/(EO_{120} ·rok), v oblasti velikosti 10 001–100 000 EO_{120} byl 32,45 kWh/(EO_{120} ·rok) a nad 100 000 EO_{120} poklesl na 31,71 kWh/(EO_{120} ·rok). Rozložení kumulativní relativní četnosti specifické spotřeby tepelné energie ČOV znázorňuje obr. 2.

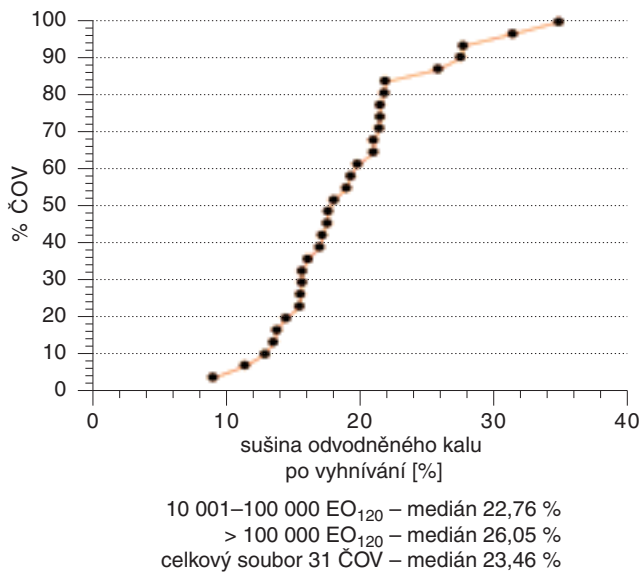
Na obr. 3 je znázorněna souvislost velikosti ČOV a specifické spotřeby tepelné energie. Je vidět, že v oblasti 10 001 až 100 000 jsou její hodnoty na ČOV značně rozptýlené, nicméně průměrná hodnota je prakticky konstantní a dosahuje zhruba 30 kWh/(EO_{120} ·rok). Vyhodnocení 5 ČOV s termofilním provozem vykazovalo spotřebu tepelné energie o přibližně 10 kWh/(EO_{120} ·rok) vyšší proti mediánu mezofilních ČOV. Čistě teoreticky by tuto vyšší spotřebu tepelné energie pokrýval nárůst specifické produkce kalového plynu o přibližně 15 l/(EO_{120} ·d), ale tohoto stavu se u termofilního vyhnívání prakticky nedosahuje. Zjištěné hodnoty specifické spotřeby tepelné energie závisí na úrovni tepelné ochrany rozvodů a vyhnívacích nádrží, na úrovni regulace teploty, ale především na době zdržení a koncentraci sušiny ve vyhnívacích nádržích. Ohřev vody špatně zahuštěných kalů byl obvykle hlavní příčinou vyšších spotřeb tepla a je hlavním problémem českých ČOV v oblasti zpracování kalů. Na celé řadě lokalit je tepelná izolace vyhnívacích nádrží za svou životnosti. Velké tepelné ztráty jsou i dnem nádrží, neboť se této skutečnosti věnovala v dřívějších normách menší pozornost. Stavební konstrukce řady vyhnívacích nádrží se navíc blíží konci své životnosti a budou nezbytně jejich sanace či obnova.



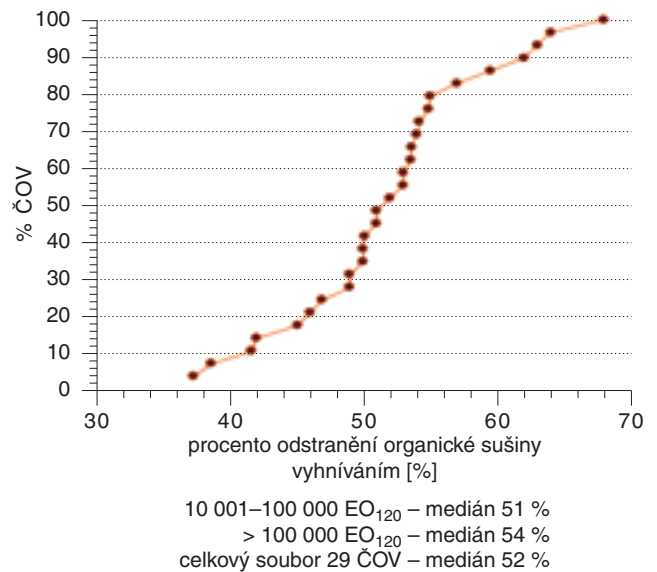
Obr. 8: Kumulativní relativní četnost míry nezávislosti ČOV na dodávce elektrické energie



Obr. 9: Závislost míry sebezásobení elektrickou energií na specifické produkci kalového plynu ČOV



Obr. 10: Kumulační relativní četnost sušiny odvodněného kalu



Obr. 11: Kumulační relativní četnost procenta odstranění organické sušiny vyhíváním

Specifická produkce kalového plynu

Specifická produkce kalového plynu byla vyhodnocována v jednotkách l/(EO₁₂₀ · d). Celková produkce byla obvykle bilancována jako součet dílčích měřených spotřeb na KGJ, na kotlích nebo na hořáku zbytkového plynu. Rozložení kumulativní relativní četnosti specifické produkce kalového plynu na českých ČOV znázorňuje obr. 4. Na obr. 5 je pak četnost výskytu specifické produkce kalového plynu na přivedenou organickou sušinu kalu do vyhívacích nádrží. Hodnocený soubor zahrnoval 28 ČOV.

Prekvapilo, že na některých ČOV až 20 % vyprodukovaného kalového plynu je spalováno bez využití na hořáku zbytkového plynu. Jednou z příčin jsou poddimenzované plynojemy, které v souladu s dříve používanými normami nejsou dimenzovány na větší vyrovnání produkce kalového plynu. Při hodnocení nebylo rozlišováno, jaké množství kalů z jiných ČOV, případně externích substrátů, je na ČOV zpracováváno mimo vyprodukované kaly. Medián pro celou kategorii ČOV větších než 10 000 EO₁₂₀ dosáhl hodnoty produkce 21,85 l/(EO₁₂₀ · d), v oblasti velikostí 10 001–100 000 EO₁₂₀ poklesl na 20,48 l/(EO₁₂₀ · d) a nad 100 000 EO₁₂₀ vystoupal na 27,02 l/(EO₁₂₀ · d).

Výsledky vyhodnocení využití kalového plynu

Na českých ČOV se pracuje s několika filozofiemi využití vyprodukovaného kalového plynu. První strategie plně preferuje výrobu elektrické energie, obvykle z důvodu výnosů za prodej elektrické energie s tzv. zeleným bonusem. Pokud vyprodukované teplo v tomto případě nepostačuje pokrýt celkovou spotřebu tepla, je nakupován zemní plyn a v zimním období se využívají kotle na zemní plyn. Druhá strategie přerozděluje vyprodukovaný kalový plyn mezi KGJ a kotle na kalový plyn a je vždy preferováno pokrytí celkové spotřeby tepla a zemní plyn není nakupován. Třetí strategie pracuje s využíváním dvoupalivových hořáků a vlastně je kombinací první a druhé strategie. Některé větší ČOV neprovozují KGJ nebo jejich kapacita je nedostatečná, pak je zde stav, kdy přebytečný kalový plyn je spalován na fláře bez využití. Stupeň využití vyprodukovaného bioplynu k výrobě elektrické energie a stupeň konverze energetického obsahu kalového plynu na elektrickou energii v kogeneračních jednotkách dokumentují obr. 6 a 7.

Relativně plochá křivka využití vyprodukovaného kalového plynu v kogeneračních jednotkách ukazuje (obr. 6), že vysoké ztráty či neefektivní provoz vyhívacích nádrží z hlediska tepla

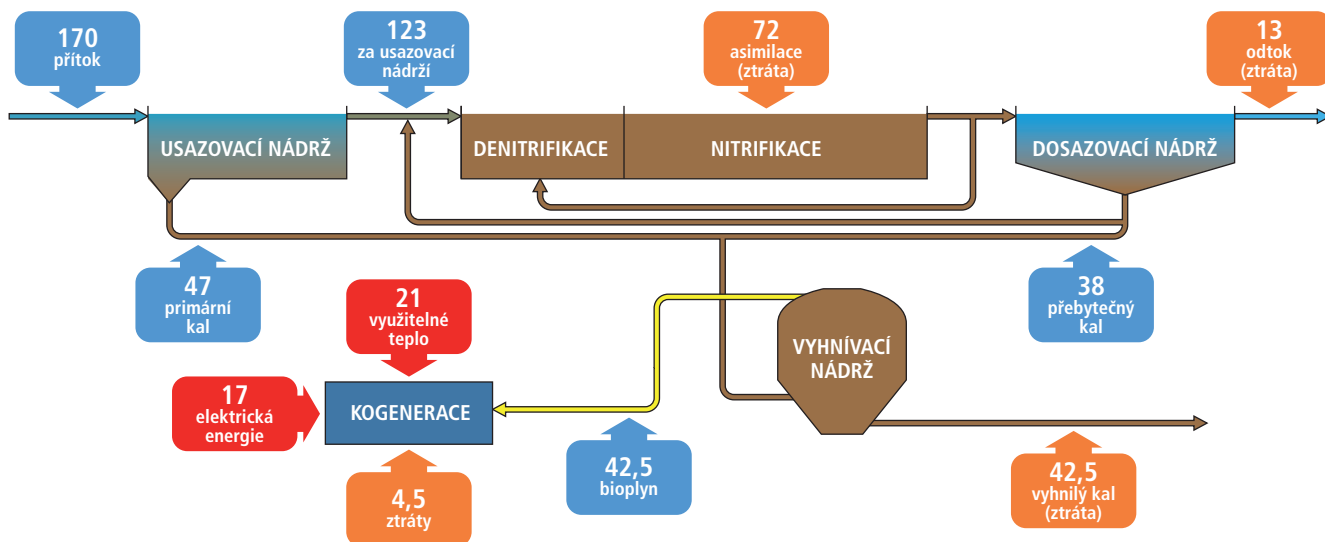
Tabulka 2: Srovnání zjištěných hodnot a vybraných ukazatelů z hodnocení DWA

rok	DWA (Německo)			Smart Regions (Česko)		
	velikostní kategorie ČOV (EO ₁₂₀)			velikostní kategorie ČOV (EO ₁₂₀)		
	10 001–100 000	> 100 000	> 10 000	10 001–100 000	> 100 000	> 10 000
specifická produkce kalového plynu na 1 EO (l/(EO ₁₂₀ · rok))						
2017–2018	23,0	27,0	32 ^{*)}	20,5	27,0	21,9
stupeň konverze kalového plynu na elektrickou energii v kogenerační jednotce (elektrická účinnost) (%)						
2017–2018	25,0	31,0	29,4	28,0	29,7	28,1
míra nezávislosti na dodávce elektrické energie (% vyrobené elektrické energie na celkové spotřebě ČOV) (%)						
2017–2018	42,0	63,0	67 ^{*)}	37,9	41,5	33,4

^{*)} produkce včetně ko-substrátu

Tabulka 3: Porovnání získaných výsledků s benchmarkem podle metodiky Smart Regions

Parametr	Rozměr	Benchmark – hodnota BAT – cílová hodnota	Medián 2017–2018
specifická produkce kalového plynu na 1 EO ₁₂₀ (normální podmínky)	m ³ /(EO ₁₂₀ · rok) m ³ /(EO ₁₂₀ · d)	9,1 0,025	8,0 0,02185
specifická produkce kalového plynu na 1 kg organických látek přivedených do vyhňovací nádrže	m ³ /kg org. suš.	0,48	0,466
specifická produkce kalového plynu na 1 kg odstraněných organických látek ve vyhňovací nádrži	m ³ /kg Δorg. suš.	0,9	0,917
stupeň využití kalového plynu v kogenerační jednotce z celkově vyprodukovaného bioplynu	%	98	83,71
míra nezávislosti na dodávce elektrické energie (% vyrobené elektrické energie na celkové spotřebě ČOV)	%	65	33,40
stupeň konverze kalového plynu na elektrickou energii v kogenerační jednotce (elektrická účinnost)	%	40	28,02
specifická výroba elektrické energie na 1 EO ₁₂₀ za rok	kWh/(EO ₁₂₀ · rok)	17	11,00
specifická výroba (spotřeba) tepelné energie na 1 EO ₁₂₀ za rok	kWh/(EO ₁₂₀ · rok)	27	32,08
specifická spotřeba externí tepelné energie	kWh/(EO ₁₂₀ · rok)	5	12,60

Obr. 12: Energetická bilance ČOV na základě bilance CHSK, údaje v kWh/(EO₁₂₀ · rok), předpoklady: 120 g CHSK/(EO · d), 14 kJ/g CHSK, 350 l CH₄/kg CHSK, el. účinnost KGJ 40 %, a další předpoklady, modifikováno podle [8]

vedou často k uplatňování strategie preferující výrobu tepla v kotlích na kalový plyn. Tato strategie signalizuje špatné využívání produkovaného tepla v kalovém hospodářství nebo vysoké tepelné ztráty, což vyvolává nutnost využívání kalového plynu přímo k topení. Na řadě lokalit provedli provozovatelé po energetickém hodnocení významné úpravy na omezení tepelných ztrát nebo výměnu výměníků tepla a významně snížili množství kalového plynu využívaného k produkci tepla.

Elektrická účinnost kogeneračních jednotek byla v několika případech neuvěřitelně nízká, což svědčí o jejich špatném technickém stavu nebo častém najíždění. Na oba hodnocené parametry má velikost ČOV poměrně malý vliv. Míra nezávislosti (sebezásoben) na dodávce elektrické energie je na českých ČOV relativně nízká (obr. 8) a skýtá velký potenciál pro zlepšení. Zjištěná hodnota % nezávislosti (medián 33,4 %) je přitom vyšší, než vychází z údajů ERÚ uvedených v úvodu (23,4 %). Důvodem je skutečnost, že námi hodnocený soubor ČOV zahrnoval

většinu velkých českých ČOV. Zajímavé je vyhodnocení, zda specifická produkce kalového plynu souvisí s mírou sebezásobením elektrickou energií. Jak ukazuje obr. 9, lze vysledovat, že dobrá produkce kalového plynu vede k jeho vyššímu využívání v KGJ, a tím k vyšší míře soběstačnosti z hlediska elektrické energie.

Sušina odvodněného vyhnilého kalu a účinnost odstranění organické sušiny vyhňáváním

Při odvodnění vyhnilého kalu dosahuje průměrná sušina hodnoty 23,46 % hmot., přičemž v oblasti velikostí 10 001 až 100 000 EO₁₂₀ poklesla sušina odvodněného kalu na 22,76 % a u ČOV nad 100 000 EO₁₂₀ byla významně vyšší – 26,05 % hmot. (obr. 10). Je skutečností, že ve vyhnilém kalu lze pozorovat, že již delší dobu postupně mírně roste organický podíl. U ČOV nad 100 000 EO₁₂₀ byl medián ztráty žiháním 58,5 %, v oblasti pod

100 000 EO_{120} dokonce přesahoval 63 %. Na obr. 11 je vidět, že procento odstranění organické sušiny vyhníváním je vyšší u ČOV nad 100 000 EO_{120} . Vyhodnocení korelace specifické produkce kalového plynu na přivedenou organickou sušinu do vyhnívací nádrže a procenta odstranění organické sušiny vyhníváním vykazovalo růst produkce kalového plynu s růstem odstranění organické sušiny, nicméně korelace je poměrně slabá.

Srovnání některých výkonových ukazatelů s německými ČOV

Významnou výhodou certifikované metodiky Smart Regions je, že pracuje s obdobnými parametry jako metodika DWA A 216 [6], proto umožňuje srovnávání výsledků energetického hodnocení českých a německých ČOV. Ke srovnání jsme využili hodnoty (medián) publikované v ročních zprávách německé DWA [7]. Porovnání je provedeno v tabulce 2, porovnání s navrženým benchmarkem (cílová hodnota) je v tabulce 3.

Ze srovnání je vidět, že přes obdobné hodnoty specifické produkce kalového plynu a stupně jeho konverze na elektrickou energii, je míra nezávislosti na dodávce elektrické energie významně vyšší u německých ČOV. Jednoznačně to souvisí s tím, že české ČOV musí vyžít kalový plyn přímo na zabezpečení spotřeby tepla k vytápění. Nutno však podotknout, že námi hodnocený soubor má průměrnou velikost ČOV cca 75 000 EO_{120} , zatímco u DWA je to 24 200 EO_{120} . Reálné průměrné hodnoty u českých ČOV v oblasti nad 10 000 EO_{120} budou tedy nižší, než je uvedeno v tabulce 2.

Souhrn

V letech 2017–2018 jsme provedli hodnocení 34 českých ČOV metodikou Energetického hodnocení ČOV. V tomto souboru bylo u 28 ČOV posouzeno kalové hospodářství s anaerobní stabilizací kalu. Výsledky jsou znázorněny formou grafů kumulativní relativní četnosti. V kategorii ČOV větších než 10 000 EO_{120} dosáhla specifická produkce kalového plynu hodnoty ve výši 21,85 l/($EO_{120} \cdot d$) a hodnota specifické produkce kalového plynu na 1 kg organických látek přivedených do vyhnívací nádrže 0,466 m^3/kg org. suš. Zjištěné hodnoty se blíží cílovým hodnotám uvedeným v použité metodice a jsou srovnatelné s hodnotami zjišťovanými v Německu. Medián specifické spotřeby tepelné energie na 1 EO_{120} za rok dosáhl 32,08 kWh/($EO_{120} \cdot rok$), což je vyšší spotřeba tepla, než je hodnota benchmarkingu. České ČOV s ohledem na neefektivní hospodaření s teplem mají významně vyšší spotřebu tepla nakupovaného z externích zdrojů, 12,6 kWh/($EO_{120} \cdot rok$). Byl zjištěn docela vysoký stupeň využití kalového plynu v kogeneračních jednotkách z celkově vyprodukovaného bioplynu (83,7 %), ale je zde významný prostor pro zlepšení. Zjištěné hodnoty jsou vůči německým údajům pozitivně ovlivněny velikostní skladbou hodnocených ČOV, neboť jsme hodnotili v průměru větší ČOV. Jak ukazuje hodnocení produkce elektrické energie [3], využívání

kalového plynu a účinnosti kogeneračních jednotek, existuje poměrně velký prostor pro zlepšení a posunu směrem k vyšší elektrické a tepelné soběstačnosti českých ČOV.

Celková energetická bilance ČOV na základě bilance CHSK na obr. 12 ukazuje, jaké jsou možnosti z hlediska klasického aktivního procesu s anaerobní mezofilní stabilizací kalu [8]. Z bilance je vidět, že velký potenciál je skryt ve vyhnívacím kalu.

V blízkém výhledu vstoupí do sestav kalového hospodářství technologie využívající tepelnou energii. Před jejich implementací je naprosto nezbytné se zabývat stavem hospodaření s teplem, produkcí kalového plynu a jeho využíváním. Jako strategické cíle se jeví posílení produkce kalového plynu, dosažení jeho efektivnějšího využívání k produkci elektrické energie a tepla. Za strategický cíl je nutno považovat snížení spotřeby energie (elektrické i tepelné energie), pomocí oprav a investic snížit tepelné ztráty a optimalizovat provoz vyhnívacích nádrží. Jako první krok by mělo být dosažení vyšší míry nezávislosti (soběstačnosti) v zásobení elektrickou energií, alespoň na úrovni cca 65 % a dosáhnout tepelné soběstačnosti anaerobní stabilizace kalu. Ke zlepšení úrovně provozování je nezbytné zavést pravidelné energetické audity, které by měly být podkladem pro benchmarkingová vyhodnocení provozu ČOV.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen v rámci projektu TAČR TE02000077 Smart Regions – Buildings and Settlements Information Modeling, Technology and Infrastructure for Sustainable Development.

Literatura

1. Remy Ch, Cazalet D. Proposition of POWERSTEP process schemes and WWTP reference models, Deliverable 5.1, 2017, <http://powerstep.eu/resources/deliverables>.
2. Roční zpráva o provozu ES ČR. Oddělení statistiky a sledování kvality ERÚ, Praha 2019.
3. Kos M. Vyhodnocení spotřeby a produkce energie na českých ČOV. Časopis Sovak 2020;29(4):12–17. ISSN 1210-3039.
4. Chudoba P, Beneš O, Rosenbergová R. Benchmarking velkých ČOV – II. část, časopis Vodní hospodářství 2010;60(6):157–161.
5. Kos M. Energetické hodnocení ČOV. Časopis Sovak 2018;27(2):10–15. ISSN 1210-3039.
6. Arbeitsblatt A216: Energiecheck und Energieanalyse-Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen. Hennef, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. DWA 2015.
7. 30. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen, DWA-Leistungsvergleich 2017, 2018.
8. Krampe J. Energy consumption and production in wastewater treatment plants, přednáška na VŠCHT Praha 26. 11. 2019.

Ing. Miroslav Kos, CSc., MBA
SMP CZ, a. s., divize 5

ZPRÁVY

Produkce čistírenských kalů v ČR v roce 2019

Český statistický úřad vydal počátkem prosince 2020 Statistickou ročenku České republiky 2020. Mezi zveřejněnými vodárenskými údaji je tradičně registrovaná i produkce čistírenských kalů, tentokrát jako tabulka číslo 3-27. s názvem Produkce kalů v ČOV a způsob jejich zneškodnění.

V roce 2019 bylo vyprodukováno celkem 196 967 tun sušiny kalu, což představuje proti předchozímu roku pokles produkce kalů (tab. 1). Ve způsobech zneškodnění kalů byl zaznamenán další nárůst v kategorii „Přímá aplikace a rekultivace“

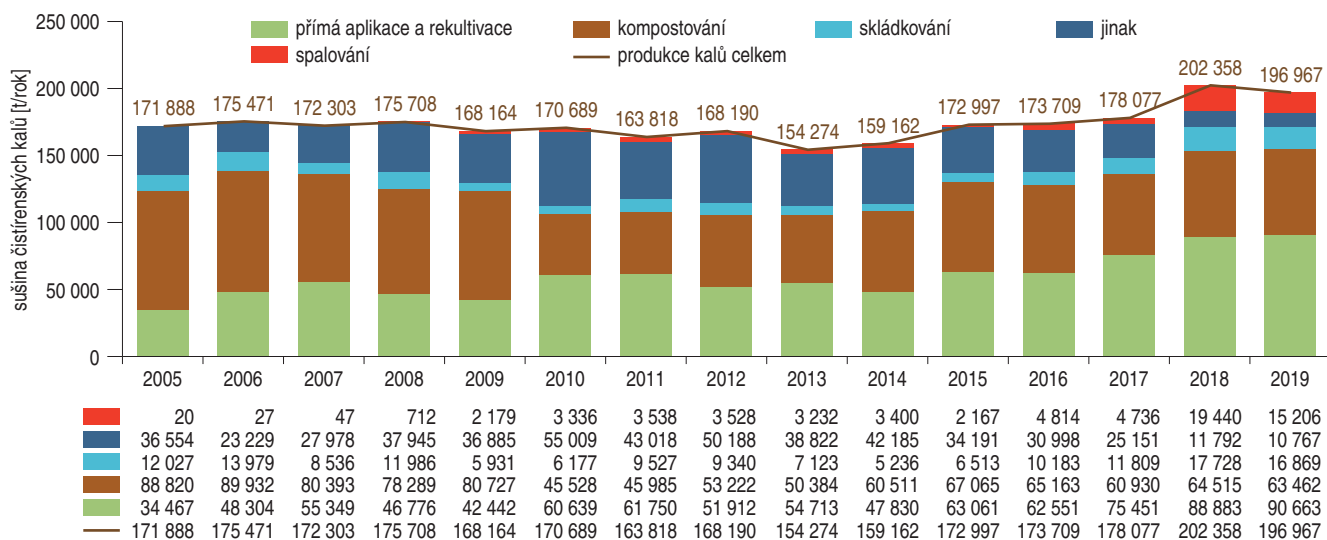
o cca 2,1 % na 90 663 t suš. za rok (46,03 %), „Kompostování“ představuje cca 32,2 %, vykazovaná kategorie „Skládkování“ se drží na 8,56 %, mírně poklesl podíl „Spalování“ na 7,72 % z celkové produkce čistírenských kalů.

Vývoj produkce a zneškodnění čistírenských kalů od roku 2005 je znázorněn na obr. 1.

Zdroj: webové stránky ČSÚ www.czso.cz/csu/czso/3-zivotni-prostredihgr9vbljeu

Tabulka 1: Meziroční porovnání 2019–2018 způsobů nakládání s čistírenskými kalů v České republice

	Sušina čistírenských kalů (t/rok)		Procento z celkové produkce čistírenských kalů	
	2019	2018	2019	2018
produkce kalů celkem	196 967	202 358	–	–
přímá aplikace a rekultivace	90 663	88 883	46,03 %	43,92 %
kompostování	63 462	64 515	32,22 %	31,88 %
skládkování	16 869	17 728	8,56 %	8,76 %
spalování	15 206	19 440	7,72 %	9,61 %
jinak	10 767	11 792	5,47 %	5,83 %



Obr. 1: Vývoj produkce čistírenských kalů v ČR 2005–2019

Ing. Miroslav Kos, CSc., MBA
SMP CZ, a. s., divize 5

Zásobování pitnou vodou jako rozvojový potenciál obcí – pohled malých obcí v rámci celorepublikového dotazníkového šetření

Pavína Hejduková, Lucie Kureková, Tomáš Hejduk, Štěpán Marval, Miroslav Cölba

Príspevek se zabývá problematikou zásobování pitnou vodou v malých obcích a představuje vybrané výsledky realizovaného dotazníkového šetření na úrovni České republiky pohledem starostek a starostů. Jedná se o dílčí výstupy projektu č. TL02000060 s názvem „Dostupnost pitné vody pro obyvatele malých obcí jako indikátor socioekonomického rozvoje společnosti“, který vznikl za podpory Technologické agentury ČR (TAČR).

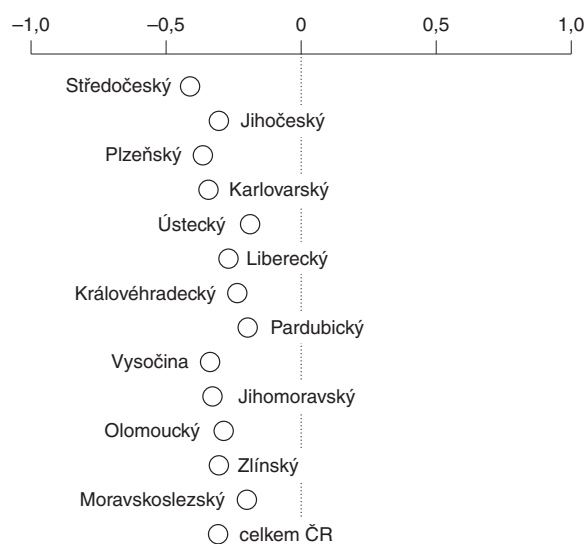
Úvod do problematiky

Zásobování obcí pitnou vodou je zásadní problematikou, která je podrobována diskusi jak na úrovni odborné, tak laické veřejnosti. Zejména dostupnost pitné vody v malých obcích se dostává do popředí zájmu mnoha zainteresovaných stran, a to nejen z pohledu environmentálního a hydrologického, ale též socioekonomického.

Zásadním impulzem pro otevírání diskuse k uvedenému tématu je samozřejmě sucho, jelikož s prodlužující se řadou let s deficitem srážek se zvyšuje počet obcí ohrožených nedostatkem pitné vody, a to zejména těch malých [1,2,3]. Téma nedostatku vody ve společnosti aktuálně rezonuje a v posledních letech byla o hydrologickém, zemědělském či socioekonomickém suchu a jeho dopadech v našich podmínkách publikována celá řada zpráv a odborných příspěvků [4,5,6]. Z pohledu nedostatku pitné vody jsou nejohroženější malé individuálně zásobované obce, které nejsou napojeny na centrální přivaděče [7].

Vyjma pohledu environmentálního a hydrologického jsou neméně závažnou oblastí sociální a ekonomické aspekty dané problematiky, což je dáno skutečností, že zásobování pitnou vodou je nejen na úrovni malých obcí zásadní součástí jejího rozvojového potenciálu.

Zásobování pitnou vodou v malých obcích je roztržštěné, nekonceptní a vyznačuje se také svou nekoordinovaností. Podle



Obr. 1: Důležitost zajištění pitné vody a průměrné skóre ohrožení. Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného dotazníkového šetření

Tabulka 1: Přehled počtu obcí a sesbíraných dotazníků v jednotlivých krajích

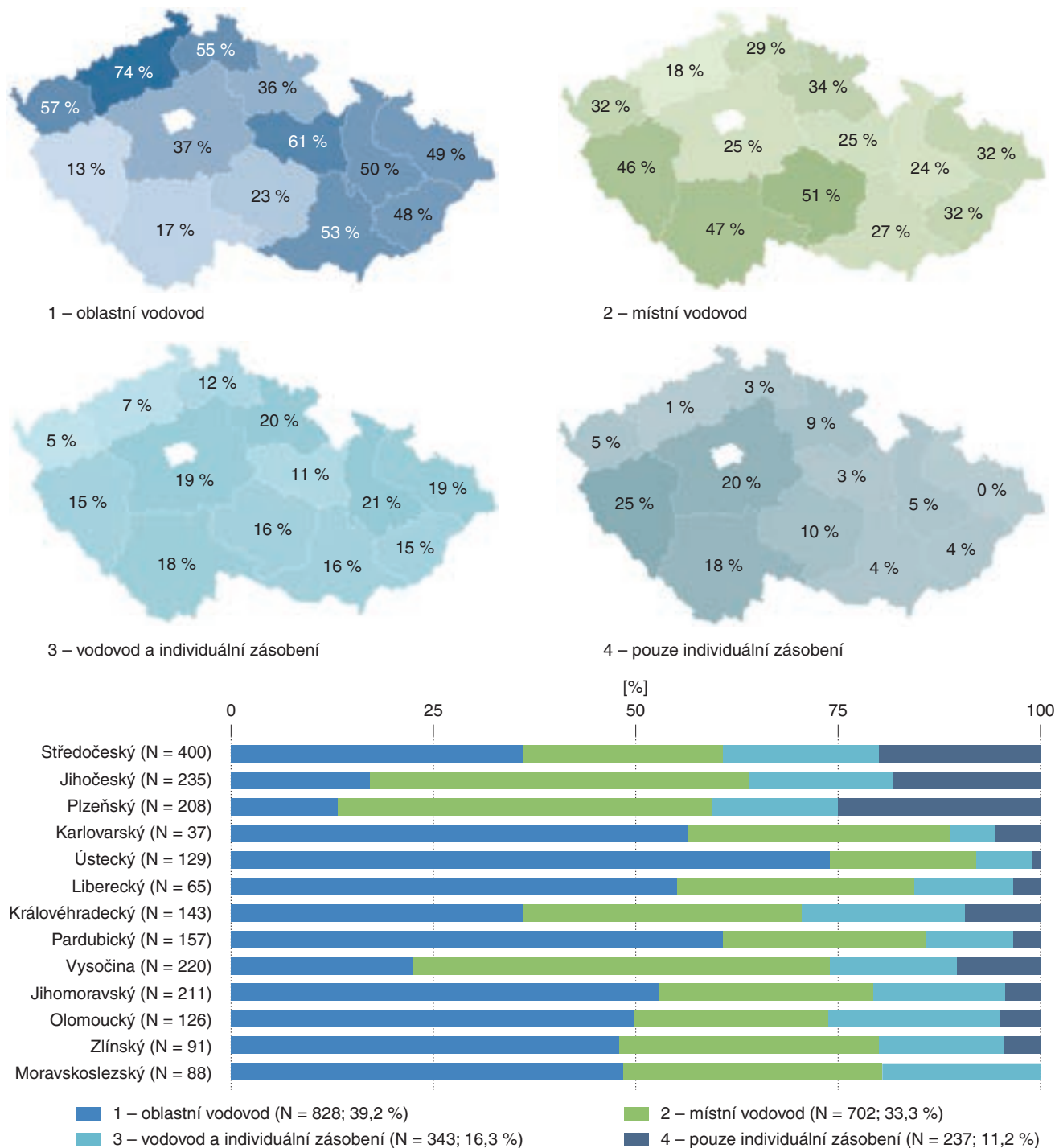
Kraj	Počet obcí do 2 000 obyvatel	Rozložení obcí v krajích	Počet získaných dotazníků	Rozložení získaných dotazníků	Návratnost
Středočeský	1 026	18,5 %	400	19,0 %	39,0 %
Jihočeský	571	10,3 %	235	11,1 %	41,2 %
Plzeňský	457	8,2 %	208	9,9 %	45,5 %
Karlovarský	108	1,9 %	37	1,8 %	34,3 %
Ústecký	302	5,4 %	129	6,1 %	42,7 %
Liberecký	183	3,3 %	65	3,1 %	35,5 %
Královéhradecký	404	7,3 %	143	6,8 %	35,4 %
Pardubický	415	7,5 %	157	7,4 %	37,8 %
Vysočina	673	12,1 %	220	10,4 %	32,7 %
Jihomoravský	587	10,6 %	211	10,0 %	35,9 %
Olomoucký	356	6,4 %	126	6,0 %	35,4 %
Zlínský	252	4,5 %	91	4,3 %	36,1 %
Moravskoslezský	218	3,9 %	88	4,2 %	40,4 %
Celkem	5 552	100,0 %	2 110	100,0 %	38,0 %

Zdroj: ČSÚ (2020) a vlastní dotazníkové šetření

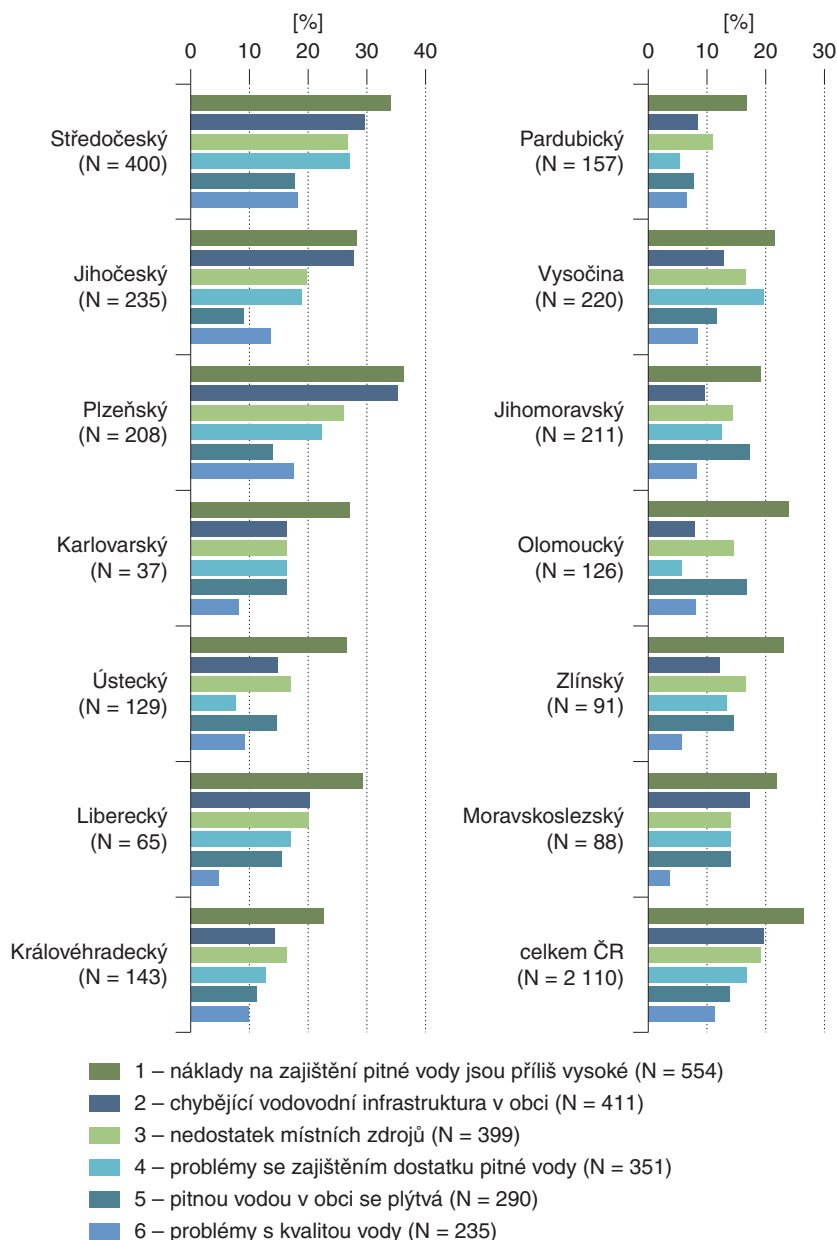
údajů z roku 2011 žije 1 800 000 obyvatel právě v malých obcích, konkrétně v 4 846 obcích do 1 000 obyvatel [8]. Vodovody jsou evidovány v celkem 5 036 obcích, z nichž 87 % jsou malé obce do 2 000 obyvatel. Zhruba 1 200 obcí, vesměs obce malé, nemá vodovod pro veřejnou potřebu, kde jsou obyvatelé odkázáni na individuální zdroje, případně obecní studny [2].

Nedostatečná či nevyhovující úroveň vodohospodářské infrastruktury v obci se může stát limitujícím faktorem jejího dalšího rozvoje [9]. Uvedenému odpovídají i výsledky ze studie [10]

zaměřené na vnímání globálních environmentálních hrozeb. V rámci dané studie autorky zjišťovaly, které globální problémy považují obyvatelé České republiky za nejvíce závažné. Z jejich analýzy vyplývá, že v roce 2014 bylo za nejvíce závažný problém považováno hromadění odpadu, jako druhý nejzávažnější problém byl vyhodnocen nedostatek pitné vody a třetím nejzávažnějším problémem bylo znečištění pitné vody. Naopak za nejméně závažné považovali respondenti tyto tři problémy: jaderná energie, geneticky upravené potraviny a globální oteplo-



Obr. 2: Základní přehled typů hlavního zdroje pitné vody v malých obcích ČR. N odpovídá počtu obcí v daném kraji, které se účastnily dotazníkového šetření. Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného dotazníkového šetření



Obr. 3: Problémy malých obcí s pitnou vodou. Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného dotazníkového šetření

vání. V roce 2018 došlo ke změně pořadí nejvíce palčivých globálních problémů, přičemž za nejzávažnější problém považovali obyvatelé ČR nedostatek pitné vody následovaný problémem hromadění odpadů a pak opět znečištění pitné vody. Z těchto statistik je zřejmé, že nedostatek pitné vody a její kvalita jsou v ČR vnímány jako aktuální a závažný problém.

Předkládaný příspěvek si klade za cíl představit výsledky z realizovaného dotazníkového šetření a upozornit tak na význam zásobování pitnou vodou v malých obcích v kontextu jejího rozvoje. V rámci dotazníkového šetření byli osloveni zástupci malých obcí, kteří mohou nejlépe posoudit významnost problematiky zásobování pitnou vodou pro konkrétní lokalitu.

Data a metodika

Pro sběr dat byla zvolena empirická metoda dotazníkového šetření. Toto šetření bylo realizováno formou elektronického

dotazníku a sběr dat probíhal na jaře roku 2020. Cílovou skupinou byly malé obce v České republice. Ze seznamu všech obcí ČR vedeným v databázi ČSÚ (2020) byla provedena selekce obcí s počtem obyvatel nižším než 2 000. Prostřednictvím datových schránek byly osloveny takto vybrané obce s žádostí o vyplnění elektronického formuláře. Celkem bylo osloveno přes 5 500 malých obcí a podařilo se získat celkem 2 110 kompletně vyplněných dotazníků. Bylo tak dosaženo vysoké míry návratnosti, a to konkrétně 38,0 %. V případě porovnání míry návratnosti v jednotlivých krajích byla nejvyšší návratnost zaznamenána v Plzeňském kraji, kde dosahovala 45,5 % a nejnižší návratnost pak byla zaznamenána v kraji Karlovarském, a to 34,3 %. Podrobný přehled počtu obcí a sesbíraných dotazníků v jednotlivých krajích je prezentován v tabulce 1. Údaje o počtu sesbíraných dotazníků ukazují, že rozložení získaných dotazníků koresponduje s rozložením počtu obcí do 2 000 obyvatel v jednotlivých krajích. Tento údaj společně s vysokou mírou návratnosti dotazníků zvyšuje kvalitu a spolehlivost realizovaného šetření.

Celkem bylo formulováno 13 dotazů a kladené dotazy byly rozděleny do tří oblastí: (A) Současný stav zásobování pitnou vodou, (B) Rozvoj obce a zajištění pitné vody do budoucna a (C) Bariéry (kritická témata) rozvoje obce z pohledu představitelů obcí.

V rámci oblasti (A) **Současný stav zásobování pitnou vodou** bylo zjišťováno prostřednictvím sady dotazů, jak se liší způsoby zásobování v jednotlivých částech, zda je obec vlastníkem vodovodu a kdo je provozovatelem vodovodu. Dále bylo zjišťováno, jaká byla výše částky za vodné pro rok 2019, jakou měrou se různé typy objektů bydlení a provozů podílí na spotřebě pitné vody, jaký jiný typ spotřebitele nebo spotřebitelů je odběratelem pitné vody, jak obce hodnotí současný stav zásobování pitnou vodou, zda se obci týkají určitá doporučení nebo zákazy

v situacích, kdy zdroje a dodávky pitné vody nedostačují potřebě a zda obec, případně provozovatel vodovodu zajišťuje náhradní zdroj pitné vody (např. cisterny) v situacích, kdy zdroje a dodávky pitné vody nedostačují potřebě.

V druhé oblasti (B) **Rozvoj obce a zajištění pitné vody do budoucna** bylo zjišťováno, jaké projekty v oblasti rozvoje zásobování pitnou vodou obce plánují v příštích 5 letech a v jaké fázi se tyto projekty právě nacházejí (projekt je ve výhledu/plánován v následujících 5 letech; obce mají projekt, ale zatím jej nerealizují; projekt je v realizaci; v následujících 5 letech projekt neplánují, ani jej momentálně nerealizují). Dále byly zjišťovány, jaké jsou překážky rozvoje v oblasti zásobování pitnou vodou v jejich obci.

Ve třetí oblasti (C) **Bariéry (kritická témata) rozvoje obce z pohledu představitelů obcí** byly otázky soustředěny na oblasti, které mohou mít vliv na rozvoj obce a do jaké míry daná ob-

last omezuje nebo přímo ohrožuje rozvoj obce v horizontu dalších 10 let.

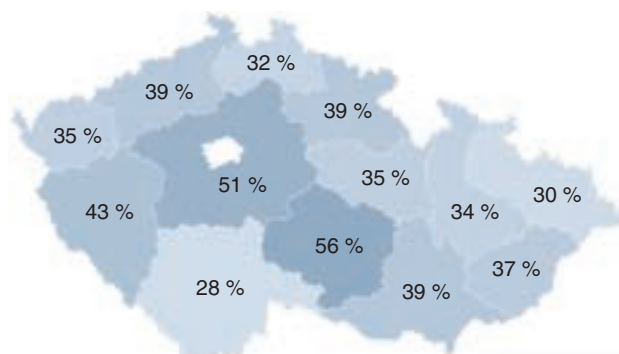
Výsledky získané prostřednictvím dotazníkového šetření budou sloužit pro získání relevantních podkladů vázaných na problematiku zásobování pitnou vodou v malých obcích a budou implementovány do navazujících výstupů řešení výzkumného projektu „Dostupnost pitné vody pro obyvatele malých obcí jako indikátor socio-ekonomického rozvoje společnosti“.

V následující části **Vybrané výsledky dotazníkového šetření** jsou představeny dílčí poznatky z dotazníkového šetření prezentované na úroveň krajů (tj. NUTS3).

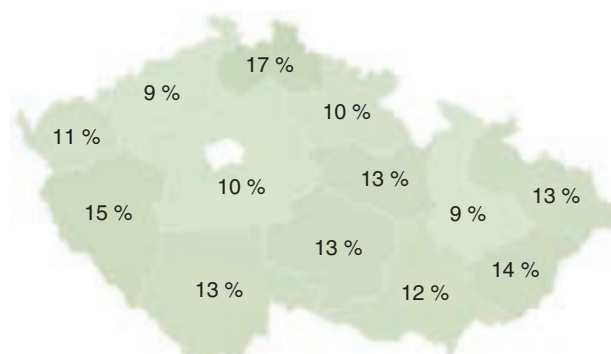
Vybrané výsledky dotazníkového šetření

V dotazníkovém šetření byla zjišťována důležitost zajištění pitné vody z pohledu rozvoje obce. Respondenti vybírali z 6 možných odpovědí:

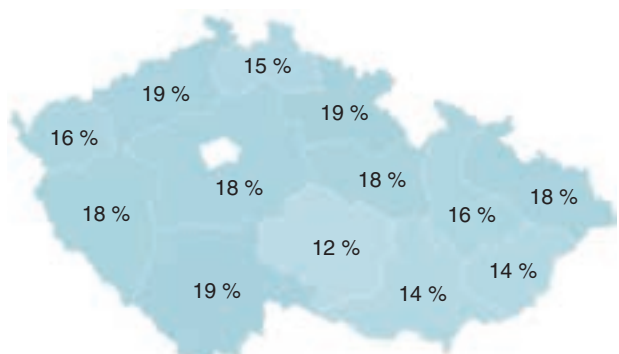
- Naprosto zásadní a zásadně to ohrožuje rozvoj obce.
- Naprosto zásadní a může to ohrozit rozvoj obce.
- Naprosto zásadní, ale neohrožuje rozvoj obce.
- Důležité a může to ohrozit rozvoj obce.
- Důležité, ale neohrožuje rozvoj obce.
- Nedůležité.



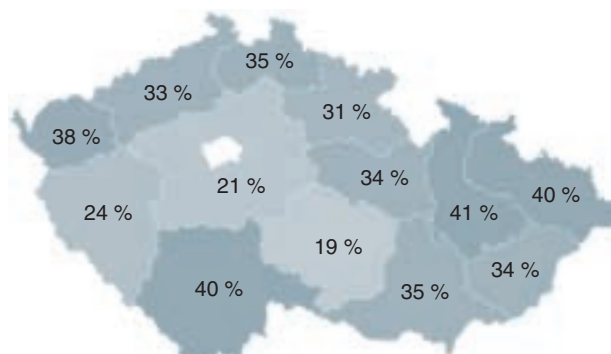
1 – vydávají zákazy



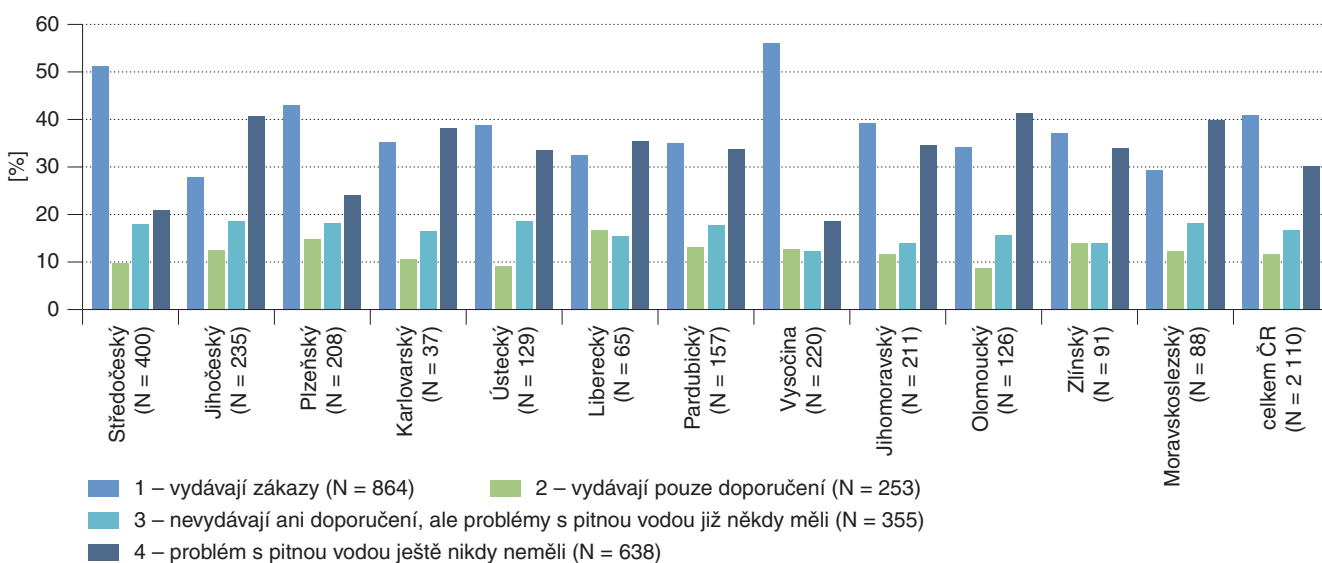
2 – vydávají pouze doporučení



3 – nevydávají ani doporučení, ale problémy s pitnou vodou již někdy měli



4 – problém s pitnou vodou ještě nikdy neměli

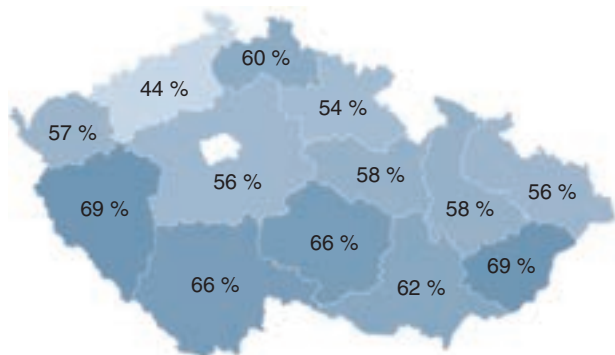


Obr. 4: Opatření v souvislosti s pitnou vodou. Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného dotazníkového šetření

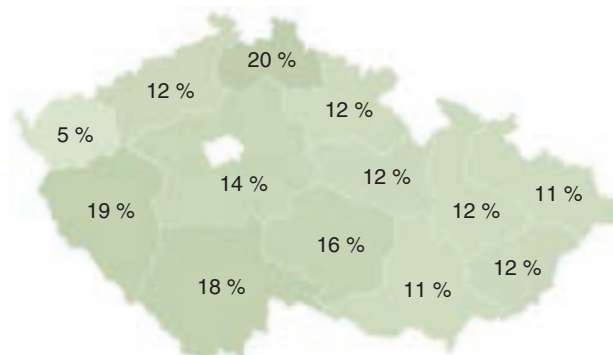
Na základě odpovědí bylo vypočteno tzv. skóre ohrožení, které nabývá hodnot v intervalu mezi -1 a 1, přičemž pokud se skóre blíží -1, tak je považována důležitost zajištění pitné vody za naprosto zásadní a zásadně to ohrožuje rozvoj obce, a naopak pokud se hodnoty blíží 1, tak zajištění pitné vody pro obec není důležité a de facto neohrožuje její rozvoj. Přehled hodnot průměrného skóre v jednotlivých krajích je znázorněn v obrázku 1. Průměrné skóre ohrožení nedostatku pitné vody v jednot-

livých krajích nabývá hodnot v intervalu mezi -0,41 a -0,19, přičemž nejvíce ohrožené obce jsou malé obce ve Středočeském kraji, a naopak nejméně ohrožené se jeví obce v Ústeckém kraji.

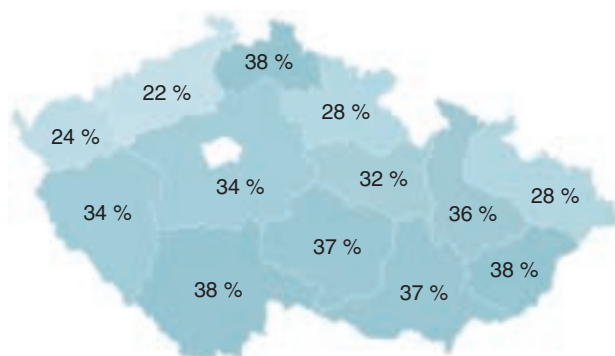
V dotazníku byla formulována otázka zaměřená na zjištění, jaký typ hlavního zdroje pitné vody mají malé obce. Respondenti vybírali ze čtyř možných typů: 1: Oblastní vodovod (39,2 %), 2: Místní vodovod (33,3 %), 3: Vodovod a individuální zásobení (16,3 %) a 4: Pouze individuální zásobení (11,2 %). Základní pře-



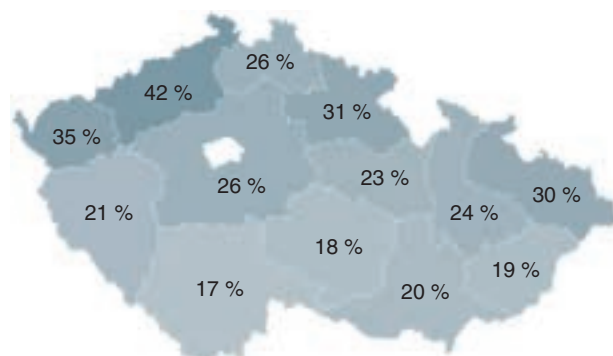
1 – plánují vodohospodářský projekt v příštích 5 letech



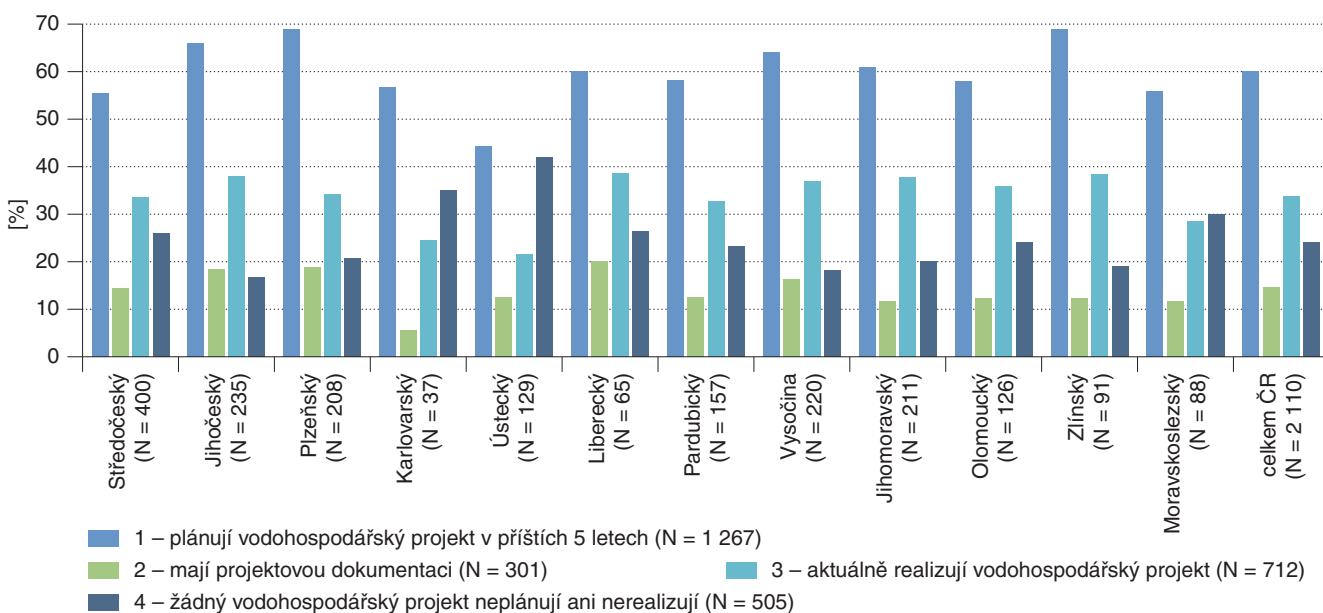
2 – mají projektovou dokumentaci



3 – aktuálně realizují vodohospodářský projekt



4 – žádný vodohospodářský projekt neplánují ani nerealizují



Obr. 5: Vodohospodářské projekty. Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného dotazníkového šetření

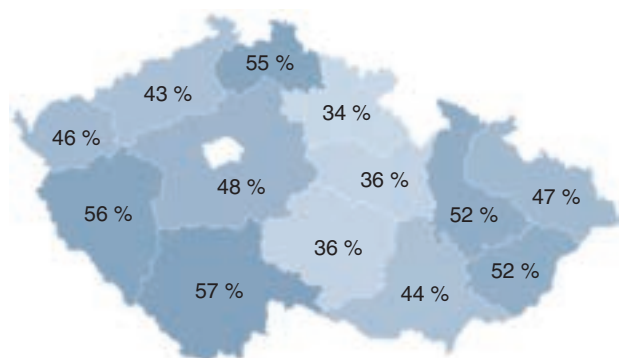
hled typů hlavního zdroje pitné vody v malých obcích ČR je prezentován v obrázku 2.

Z výsledků je patrné, že celkově převládají první dva typy zdroje pitné vody, jimiž jsou oblastní a místní vodovod. Nejméně častým typem zásobení je pouze individuální zásobení, přičemž v Moravskoslezském kraji se tento typ nevyskytl u žádné z obcí, která se účastnila dotazníkového šetření. Získané výsledky korespondují s údaji prezentovanými v aktuální Zprávě o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2018 [11], kde je uvedeno, že v roce 2018 bylo v České republice zásobováno z vodovodů 10,064 mil. obyvatel, tj. 94,7 % z celkového počtu obyvatel. Významný podíl individuálního zásobení (možno definovat jako způsob nejméně zabezpečený z pohledu dodávek pit-

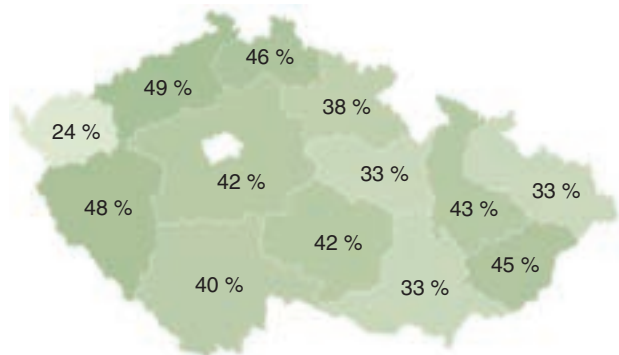
né vody v odpovídajícím množství a kvalitě) lze vysledovat ve Středočeském a Plzeňském kraji. Uvedené koresponduje se zjištěním, že právě zástupci obcí Středočeského kraje považují problematiku zásobení pitnou vodou za naprosto zásadní.

Na obrázku 3 je naopak prezentováno hodnocení současného stavu zásobení pitnou vodou, u každého z výroků bylo zjišťováno, zda se daný problém vyskytuje v jejich obci. Na celostátní úrovni (CZ TOTAL) je patrné, že dotazované obce za nejčastěji vyskytovaný problém označily **Náklady na zajištění pitné vody pro naši obec jsou příliš vysoké** (26,3 % z dotazovaných obcí). V případě Středočeského a Plzeňského kraje přesáhla četnost u této odpovědi dokonce 30 %. Druhým nejvíce frekventovaným problémem je **Chybějící vodovodní infrastruktura v obci**, celkem jej označilo za problém 411 obcí (19,5 % z dotazovaných obcí), v Plzeňském kraji opět frekvence odpovědi přesáhla 30 %, v případě Středočeského kraje se blížila 30 %. Na druhou stranu u tří krajů – Pardubického, Jihomoravského a Olomouckého byla tato hodnota nižší než 10 %. Dále na základě odpovědi obcí lze pro ně považovat **Problém s kvalitou pitné vody** za nejméně plačivý, neboť jej označilo pouze 11,1 % z dotazovaných obcí. Pozitivním zjištěním je, že pouze v 13,7 % obcí dochází z pohledu starostů a starostek k plýtvání pitnou vodou. Avšak ve Středočeském a Jihomoravském kraji se frekvence problému **Plýtvání s pitnou vodou** téměř blížila jedné pětině dotazovaných obcí (přes 17 %).

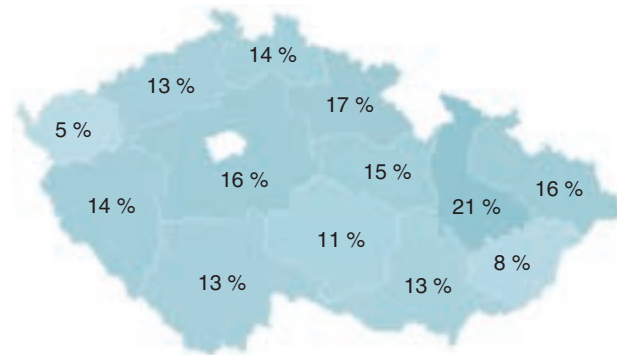
S výskytem problémů s pitnou vodou souvisí možnost obcí provádět různá opatření pro řešení těchto problémů, proto byly obce tázány, zda vydávají zákazy, či vydávají pouze doporučení.



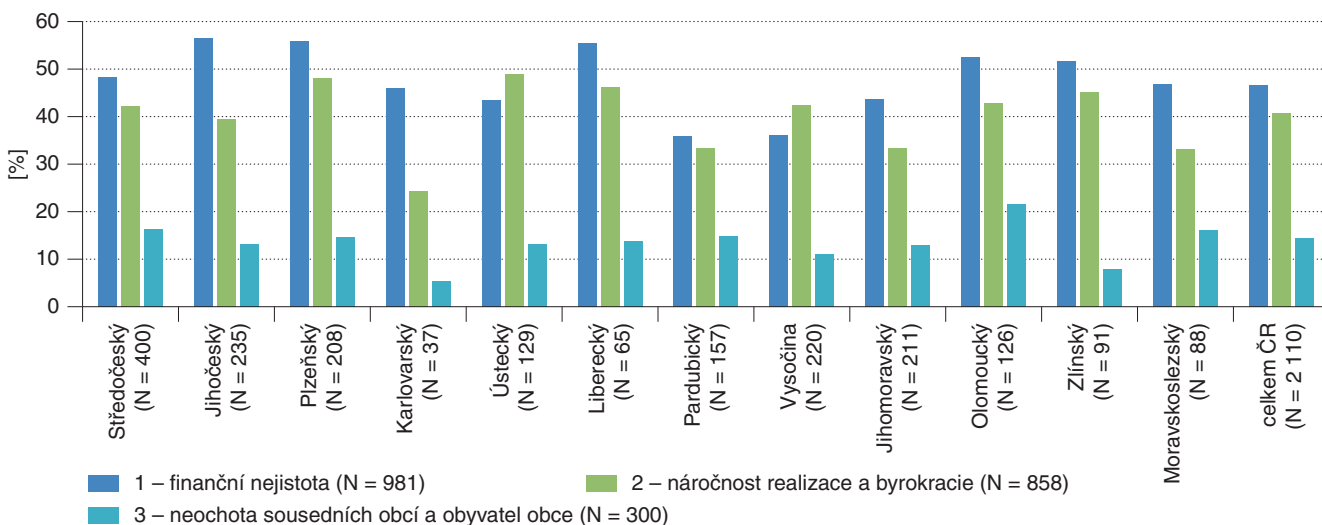
1 – finanční nejistota



2 – náročnost realizace a byrokracie



3 – neochota sousedních obcí a obyvatel obce



Obr. 6: Překážky rozvoje zásobování pitnou vodou. Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného dotazníkového šetření

V datasetu se vyskytly obce, které již měly problém s pitnou vodou, avšak nevydávají zakázky ani doporučení. Ukázalo se, že i část obcí odpověděla, že problém s pitnou vodou ještě v obci nikdy neměla. Z obrázku 4 je patrné, že obce nejčastěji řeší problémy formou zakáz. Poměrně velká část obcí vyhodnotila (u 10 krajů více než 1/3 obcí), že se neseťkala s problémy s pitnou vodou, a tudíž nevydávají zakázky, ani doporučení. Z detailnějšího šetření vyplývá závislost výskytu a absence problémů s pitnou vodou. Obce, kde se neseťkaly s problémy s pitnou vodou, jsou ty, které jsou napojeny na oblastní vodárenské systémy. Obce, které se problémy s pitnou vodou zabírají, jsou obce, kde převládá individuální zásobování, potažmo místní vodovody.

S rozvojem obce do budoucna souvisí zajištění pitné vody, a to především prostřednictvím plánování a realizace projektů v oblasti zásobování pitnou vodou. Na obrázku 5 je přehled plánů a realizací vodoхозяйských projektů. Z výsledků je patrné, že velká část dotazovaných obcí plánují vodoхозяйský projekt v příštích pěti letech. V souvislosti s realizací těchto projektů a s rozvojem zásobování pitnou vodou vůbec jsou spojené určité překážky a bariéry, viz obrázek 6. Většinou obcí brání v rozvoji s pitnou vodou finanční nejistota a dále náročnost realizace a byrokracie spojená s realizací.

Závěr

Príspevek si kladl za cíl představit výsledky realizovaného dotazníkového šetření a upozornit tak na význam zásobování pitnou vodou v malých obcích v kontextu rozvoje obce. Sběr dat byl realizován formou elektronického dotazníkového šetření a probíhal na jaře roku 2020. Bylo dosaženo vysoké míry návratnosti. Na základě dílčích výsledků z dotazníkového šetření lze konstatovat, že průměrné skóre ohrožení nedostatkem pitné vody v jednotlivých krajích nabývá hodnot v intervalu mezi -0,41 a -0,19, nejvíce ohrožené obce jsou malé obce ve Středoevropském kraji, a naopak nejméně ohrožené se jeví obce v Ústeckém kraji. Malé obce se nejčastěji setkávají s problémem vysokých nákladů na zajištění pitné vody pro jejich obec. Na druhou stranu za nejméně palčivý problém považují kvalitu pitné vody v jejich obci. Jak se dalo očekávat, většina obcí řeší

problémy s pitnou vodou formou vydávání zakáz a velká část obcí má do budoucna v plánu realizovat vodoхозяйský projekt, avšak této realizaci mnohdy brání finanční nejistota, náročnost a byrokracie spojená s realizací těchto projektů.

Poděkování

Príspevek vznikl za podpory projektu Technologické agentury ČR (TAČR) číslo TL02000060 s názvem „Dostupnost pitné vody pro obyvatele malých obcí jako indikátor socioekonomického rozvoje společnosti“.

Literatura a zdroje dat

1. Datel JV. Kvalita pitné vody z místních vodních zdrojů malých obcí. Liberec: TESEUS, 2017.
2. Kožíšek F, Paul J, Datel JV. Zajištění kvality pitné vody při zásobování obyvatelstva malými vodárenskými systémy. Praha: VÚV TGM, 2013;114 s. ISBN 978-80-87402-26-9.
3. Wannier J, Hánová K, Hála R, Janda, V. Sucho a jeho dopady na provoz úpraven vody a čištění odpadních vod. Konference Voda 2017, Poďbrady.
4. Bernard J. Endogenní rozvojové potenciály malých venkovských obcí – obtížné hledání a měření jejich vlivu. Sociologický časopis/ Czech Sociological Review 2011;47(4):745–775.
5. Datel JV, Hrabánková A. Specifika místních vodních zdrojů při zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Vodoхозяйské technicko-ekonomické informace 2016;58(3):21–27.
6. Kyncl M, Langarová S, Dirner V. Nástin opatření v zásobování vodou v období sucha. Časopis Sovak 2011;20(12):10/398–11/399.
7. Marval Š, Hejduková P, Roub R. Dostupnost pitné vody v malých obcích. Geografické rozhledy 2019;29(2):8–11.
8. Počet obyvatel v obcích České republiky k 1. 1. 2020. ČSÚ, 2020. Dostupné z: www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112019 (cit. 31. 7. 2020).
9. Kameníčková V. Obecní rozpočty a výdaje na vodní hospodářství. Deník veřejné správy, rubrika Ekonomika 2019;1.
10. Hejduková P, Kureková L. Water scarcity: regional analyses in the Czech Republic from 2014 to 2018. Oeconomia Copernicana 2020;11(1):161–181.
11. Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2018. Odbor státní správy ve vodním hospodářství a správy povodí – Ministerstvo zemědělství, Odbor ochrany vod – Ministerstvo životního prostředí. Za kolektiv autorů: Bc. Petra Hubalová a RNDr. Tomáš Janíček, 2019. ISBN 978-80-7434-523-4.

*Ing. Pavlína Hejduková, Ph. D., Ing. Lucie Kureková
Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická*

*Ing. Tomáš Hejduk, Ph. D., Ing. Štěpán Marval
Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.*

*Ing. Miroslav Čölba
Vodoхозяйský rozvoj a výstavba a. s.*

Vplyv tepelnej úpravy na obsah farmaceutík v kaloch

Petra Szabová, Dóra Varjúová, Roman Grabic, Andrea Vojs Staňová, Igor Bodík

Úvod

Na čistiarni odpadových vôd vzniká veľké množstvo odpadov. Takýto odpad môže byť vo forme kvapaliny alebo polotuhej kvapaliny, a to napríklad piesok, tuk, primárny, prebytočný a stabilizovaný kal [1]. Z hľadiska objemu resp. hmotnosti môžeme stabilizovaný kal považovať za jeden z najdôležitejších typov odpadov vznikajúceho pri čistení odpadových vôd. Produkcia kalu, ktorý prešiel všetkými stupňami úpravy v rámci čistiarne odpadových vôd (ČOV), sa pohybuje okolo 45–56 g sušiny/EO · deň [2].

Súčasná technológia čistenia odpadových vôd nie sú určené na odstraňovanie farmaceutických látok, ktoré sa nachádzajú v splaškovej odpadovej vode. Pri odstraňovaní týchto produktov je potrebné využiť moderné technológie medzi ktoré patrí napríklad membránová filtrácia, aktívne uhlie alebo ozonácia [3]. Tieto látky majú schopnosť sa viazať na čistiarenský kal [4] vďaka tomu, že kal pozostáva z viskózneho matrice organických materiálov, mikroorganizmov a anorganických častíc, ktoré sú vzájomne spojené biopolymermi, s vysokou afinitou pre väčšinu polymérnych povrchov [5]. Taktiež to závisí aj od fyzikálno-chemických vlastností danej látky a typu kalu (aktivovaný, anaeróbny, odvodnený) [4]. Pri nasorbovaní farmaceutických látok na primárny, resp. prebytočný kal putujú do linky kalového hospodárstva, kde podliehajú procesu desorpcie. Z literatúry môžeme konštatovať, že liečivá s vyššou sorpčnou schopnosťou zostávajú v kale aj po stabilizácii, resp. po odvodnení a odchádzajú z čistiarne v odvodnenom kale na ďalšie spracovanie [6]. Následná aplikácia čistiarenských kalov na poľnohospodársku pôdu sa vo svete prijíma veľmi negatívne, a to hlavne z dôvodu obsahu už spomínaných farmaceutických látok. Z našich doterajších výsledkov vyplýva, že v slovenských kaloch sa nachádza viac ako 100 druhov liečiv a ich metabolitov [2]. Aj preto je potrebné nájsť vhodné riešenie na uskladňovanie kalov alebo nájsť vhodnú úpravu na odstránenie liečiv z kalu. Jedným z možných spôsobov úpravy kalov je jeho termické spracovanie, ktoré je už využívané vo Švajčiarsku. Pri takomto type spaľovania je možné využiť monospalovanie, spoluspalovanie, resp. pyrolýzu avšak vysoký podiel vody 65–80 % obmedzuje priame použitie surových kalov [7]. Sušením môžeme zvýšiť podiel sušiny na 75–90 %. Počas tohto procesu pri teplote 85 °C dochádza k hygienizácii kalu, a preto sa vysušený kal považuje už za bezpečnejší [8].

Tepelné spracovanie kalov môže mať významný vplyv na zloženie kalov, hlavne na výsledný podiel organických látok v kale. Farmaceutické látky totiž podliehajú termickému rozkladu v širokom teplotnom rozsahu, a preto je možné očakávať zníženie obsahu, resp. úplné odstránenie týchto látok počas termických procesov [7].

Cieľom práce je zistiť účinnosť termických procesov na redukciiu liečiv a ich metabolitov v kaloch z komunálnych čistiarní odpadových vôd na Slovensku. Boli testované tri termické procesy: sušenie kalu v rozsahu teplôt od 80 °C–150 °C, vysokoteplotné sušenie pri 250 °C. Posledným testovaným procesom bolo žihanie/spaľovanie pri 550 °C, ktoré redukuje objem kalu až o 70 % a znižuje patogény a toxické organické látky [9].

Metodika práce

V laboratórnych podmienkach boli realizované termické testy čistiarenskeho kalu z kalového hospodárstva rôznych slovenských čistiarní: Devínska Nová Ves (DNV), Košice (KE), Banská Bystrica (BB), Piešťany (PN), Trenčín (TN), Poprad (PP), Trnava (TT) a Nitra (NR). Odvodnený kal z ČOV bol sušený pri teplotách 80 °C, 105 °C, 150 °C, vysokoteplotne sušený pri 250 °C a spaľovaný/žihávaný pri 550 °C. Kal bol sušený na laboratórnych váhach s analyzátorom vlhkosti až do ustálenia hmotnosti kalu a spaľovaný v muflovej peci po dobu 2 hodín. Tepelne spracované čistiarenské kaly boli zhomogenizované pomocou mažiara a následne zamrazené a pripravené na transport a analýzu.

Analýza vzoriek liečiv, drog a ich metabolitov

Liečivá a ich metabolity boli extrahované z kalu dvojkrokovým postupom extrakcie podľa Golovko [10]. Po extrakcii sledovaných látok z tuhej kalovej do kvapalnej formy boli vzorky následne prefiltrované cez celulóznú membránu, ktorá mala veľkosť pórov 0,45 μm. Pred HPLC/MS/MS analýzou sa k 10 ml vzorky pridala zmes izotopov označených vnútorných štandardov. Na detekciu farmaceutických produktov sa použila SPE kvapalinová chromatografia spojená s „hybrid quadrupolom-Orbitrap“ hmotnostným detektorom s vysokým rozlíšením [11].

Výsledky práce a diskusia

V jednotlivých kaloch upravených termickými procesmi bo-

Tabuľka 1: Sumárne koncentrácie liečiv v kale na slovenských ČOV

[ng/g]	DNV	KE	BB	PN	TN	PP	TT	NR	Priemer
odvodnený kal	3 411	3 037	2 259	2 597	4 975	3 347	2 151	4 892	3 334
sušenie 80 °C	948	994	531	756	1 382	1040	531	1 032	901
sušenie 105 °C	497	641	484	554	942	895	427	857	662
sušenie 150 °C	541	879	604	779	1 222	965	568	978	817
sušenie 250 °C	7	113	50	3	180	91	58	10	64
spaľovanie 550 °C	< LOQ	< LOQ	0,61	< LOQ	18	2	5	0,62	3

< LOQ = pod limitom detekcie

la analyzovaná koncentrácia liečiv vzťahnutá na celkovú sušinu kalu. V tabuľke 1 sú uvedené sumárne koncentrácie nameraných liečiv v kaloch z jednotlivých ČOV a pre jednotlivé teploty. Najvyššia sumárna koncentrácia liečiv v pôvodnom odvodnenom kale bola na ČOV TN (4 975 ng/g) a najnižšia bola na ČOV TT (2 151 ng/g). Na základe nameraných výsledkov je možno konštatovať, že koncentrácia liečiv klesá so vzrastajúcou teplotou sušenia. Jedinou výnimkou je sušenie pri 150 °C, kedy môžeme pri niektorých kaloch pozorovať mierny nárast koncentrácie liečiv oproti pôvodnému kalu. Nárast koncentrácie môže byť spôsobený zmenou chemickej štruktúry liečiv, resp. možnou syntézou reakciou metabolitov na pôvodnú látku, ako je to často pozorované v pozdĺž linky ČOV [12]. Určité rozdiely v homogenite vzorky a chyby merania mohli nastať aj pri odberoch vzoriek, meraniach sušiny a v chemickej analýze liečiv v kaloch, v každom prípade však z meraní je zrejmy trend znižovania obsahu liečiv so vzrastajúcou teplotou sušenia. Pomocou tepelnej úpravy pri 250 °C bolo pozorované výrazné zníženie koncentrácie liečiv. Spaľovaním pri 550 °C sme koncentráciu liečiv zredukovali na minimum, v mnohých prípadoch boli koncentrácie pod limitom stanovenia.

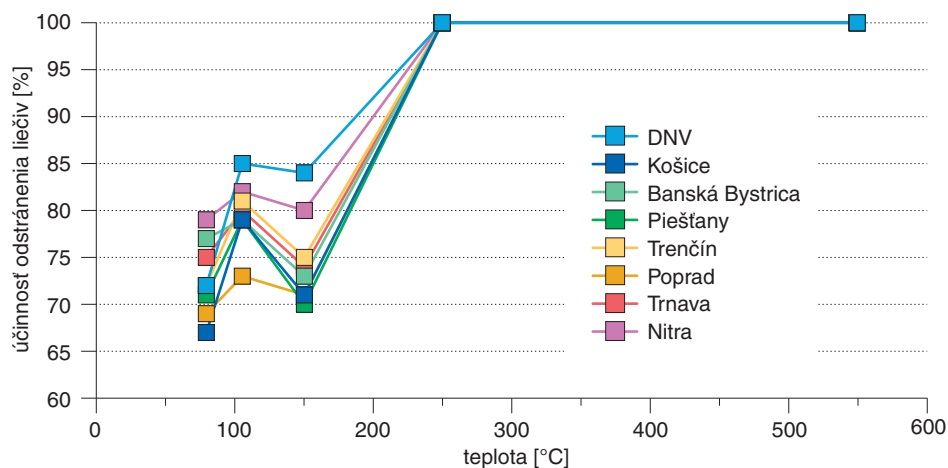
Teplota sušenia 80 °C

Teplota sušenia 80 °C spôsobila prakticky pri všetkých sledovaných kaloch ich vysušenie na úroveň mierne nad 90 %, teda kaly pri tejto teplote boli po dvoch hodinách prakticky kompletne vysušené. Pri 80 °C sušení sme dosiahli priemernú účinnosť odstraňovania sumy farmaceutík na úrovni asi 73 %. Pri tejto teplote bola najvyššia účinnosť dosiahnutá na ČOV Nitra (82 %) najnižšia v Košiciach (67 %). Pri detailnom sledovaní zloženia farmaceutík pri tejto teplote možno pozorovať viacero anomálií. Na štyroch ČOV vykazoval azitromycín vyššiu koncentráciu liečiv ako bola v pôvodnom kale po odvodnení, pričom tento nárast sa pohyboval v rozsahu 13–160 %. Podobné správanie vykazovali na viacerých kaloch napr. aj tramadol, mirtazapín, diklofenak. Na druhej strane však mnoho liečiv vykazovalo aj pri tejto „nižšej“ teplote sušenia vysoké úrovne odstraňovania nad 90 % ako napr. verapamil, fexofenadín, telmisartan.

Z uvedených výsledkov vyplýva, že sušením pri 80 °C nedochádza k jednoznačnému rozkladu farmaceutík vplyvom tejto teploty. Podobne ako je to pozorované pri účinnostiach odstraňovania farmaceutík v biologickom stupni, aj pri sušení je miera odstraňovania rôzna. Predsa len dominuje rozklad, časť sledovaných látok však dokonca zvyšuje svoju koncentráciu miernou zmenou teploty. Správanie sa liečiv pri 80 °C budeme ešte bližšie skúmať.

Teplota sušenia 105 °C a 150 °C.

Porovnaním kalov sušených pri 105 °C a 150 °C nastal síce mierny nárast v eliminácii liečiv v porovnaní s teplotou 80 °C, avšak nie je to také jednoznačné v tomto rozsahu teplôt. Sušením pri 105 °C sa dosiahlo asi 80 % odstránenie liečiv, pri 150 °C sa úroveň odstránenia liečiv mierne znížila na 75 %. Najvyššiu účinnosť odstraňovania bola zaznamenaná v kaloch z ČOV DNV (84–85 %), najnižšie v Poprade (71–73 %). Podobne



Graf 1: Priemerná úroveň odstraňovania liečiv v kale v závislosti od teploty

ako to bolo pozorované pri 80 °C, aj pri týchto teplotách sme zaznamenali mierny nárast koncentrácií niektorých liečiv, ktorých koncentrácia sa aj pri teplote 150 °C zvýšila oproti koncentrácii pri 105 °C. Medzi takéto liečivá patrili napr. diklofenak, kofeín, teofylín. Pri teplote 105 °C sme namerali viacero liečiv s vysokým percentom odstránenia. Medzi tieto liečivá patrí napríklad fexofenadín, telmisartan, sertralín a iné. Z liečiv obsiahnutých v kale pri 150 °C sušení malo najvyššiu úroveň odstránenia liečivo verapamil, ktoré bolo odstránené vo všetkých vzorkách nad 95 %. Celkovo možno konštatovať, že teploty v rozsahu 80–105–150 °C vykazujú už pomerne vysokú mieru odstraňovania farmaceutík z čistiarenských kalov a to na úrovni asi 75–80 %.

Teplota 250 °C a 550 °C

Pri teplote 250 °C a 550 °C sme dosiahli takmer 100% odstránenie liečiv v kale. Z toho vyplýva, že takto tepelne upravený kal mal veľmi nízky obsah organických zlúčenín a pri vyššej teplote dochádza aj k jeho hygienizácii. Takto upravený kal by mohol byť vhodný ako prísada do hnojív využívaných na poľnohospodárske účely. Avšak samozrejme je dôležité podotknúť, že táto práca sa zaoberala len odstraňovaním organického podielu v kale, a to konkrétne liečiv v ňom obsiahnutých. V prípade teplôt 250 °C a 550 °C sa koncentrácia liečiv zredukovala na minimum, vo veľa prípadoch nám vyšli výsledky pod úrovňou detekcie meracieho prístroja. Aj najvyššie koncentrácie liečiv ako napríklad telmisartan, ktorého koncentrácie sa pohybovali v odvodnenom kale nad 1 000 ng/g sušiny kalu, pri vysokých teplotách bol odstránený na 100 %. Rovnako aj všetky ostatné detegované liečivá sa v takto upravenom kale už nenachádzajú alebo sú obsiahnuté, len v stopových množstvách.

Záver

Termické procesy ako sušenie pri teplotách nad 80 °C a spaľovanie sa javia ako perspektívne pri odstraňovaní liečiv z čistiarenských kalov. V teplotných rozsahoch 80–150 °C sušenie vykazovalo účinnosť odstraňovania farmaceutík v rozsahu 70–80 %, čo možno považovať za dostatočne účinné. Pri týchto teplotách sa nám podarilo niektoré liečivá odstrániť úplne a niektoré zostali v kale v nižších koncentráciách. Boli pritom však pozorované aj určité anomálie, kedy pri niektorých látkach nastal aj nárast koncentrácií týchto látok oproti ich koncentrácii v pôvodnej neupravenej vzorke. Tepelná úprava pri 250 °C a spaľovanie 550 °C rozloží a odstráni takmer všetky organické látky z kalu. Sušenie

kalov obvykle predchádza ďalším termickým procesom, ako je pyrolýza a spaľovanie, ktoré prakticky úplne odstránia liečivá z čistiarenských kalov.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja, na základe zmluvy číslo APVV-17-0119.

Literatúra

1. Metcalf and Eddy. Wastewater Engineering-Treatment. Dispos Reuse. 1991;3rd edn.
2. Ivanová L, Grabic R, Golovko O, et al. Science of the Total Environment Pharmaceuticals and illicit drugs – A new threat to the application of sewage sludge in agriculture. 2018;634:606–615.
3. Lindholm-lehto PC, Ahkola H, Knuutinen JS. Pharmaceuticals in processing of municipal sewage sludge studied by grab and passive sampling. Water Quality Research Journal of Canada 2018;14–23.
4. Verlicchi P, Zambello E. Pharmaceuticals and personal care products in untreated and treated sewage sludge: Occurrence and environmental risk in the case of application on soil — A critical review. Sci Total Environ. 2015;538:750–767.
5. Zhang Z, Chen Y. Effects of microplastics on wastewater and sewage sludge treatment and their removal: A review. Chem Eng J. 2020; 382(September 2019):122955.
6. Bodík I, a kol. Putovanie farmaceutík čistiarnou odpadových vôd. Seminár VHOS Moravská Třebová; 2020 (v tlači).
7. Bodík I, Ivanová L, Szabová P, Plekancová M, Raček J, Hlavínek P, Grabic R, Vojs Staňová A. Pomáha sušenie alebo pyrolýza odstraňovať farmaceutika z kalov? In: Rekonštrukcie stokových sietí a čistiarní odpadových vôd. Podbanské, Slovensko; 2019.
8. Frček Z. Karlovy Vary, sušení kalu – zhodnocení zkušeností z provozu. Brno, Česká republika; Konferencia Kaly a odpady, 2018.
9. Raček J, Chorazy T, Komendová R, Kučerík J, Hlavínek P. Characteristics of a solid carbonaceous product of microwave torrefaction of

sewage sludge. Athens, Greece: National Technical University of Athens, School of Chemical Engineering, Unit of Environmental Science & Technology, 2019;p. 1–20.

10. Golovko O, Koba O, Kodesova R, Fedorova G. Development of fast and robust multiresidual LC-MS/MS method for determination of pharmaceuticals in soils. Environ Sci Pollut Res. 2016;14068–14077.
11. Grabic R, Fick J, Lindberg RH, Fedorova G, Tysklind M. Multi-residue method for trace level determination of pharmaceuticals in environmental samples using liquid chromatography coupled to triple quadrupole mass spectrometry. Talanta. 2012;100:183–195.
12. Vieno N, Sillanpää M. Fate of diclofenac in municipal wastewater treatment plant – A review. Environ Int. 2014;69:28–39.

*Ing. Petra Szabová, Ing. Dóra Varjúová,
prof. Ing. Igor Bodík, PhD.
Oddelenie environmentálneho inžinierstva
FCHPT STU v Bratislave, SR*

*doc. Mgr. Roman Grabic, Ph. D.
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství a ochrany vod
Jihočeské výzkumné centrum akvakultury
a biodiverzity hydrocenóz, ČR*

*RNDr. Andrea Vojs Staňová, Ph. D.
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství a ochrany vod
Jihočeské výzkumné centrum akvakultury
a biodiverzity hydrocenóz, ČR
Oddelenie Analytickej chémie, Fakulta prírodných vied,
Univerzita Komenského, SR*

ZPRÁVY

Nová směrnice pro pitnou vodu byla vydána

Dne 15. prosince potvrdil Evropský parlament aktualizaci směrnice o pitné vodě z roku 1998 a dne 23. 12. 2020 byla tato novelizovaná směrnice oficiálně vydána v Úředním věstníku EU pod číslem 2020/2184. Směrnici lze nalézt na této adrese: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2020.435.01.0001.01.ENG&toc=OJ%3AL%A2020%3A435%3ATOC

Směrnice nabyla účinnost 12. 1. 2021. Jejím cílem je zlepšit kvalitu a bezpečnost vody z vodovodu a usnadnit přístup k pit-

né vodě všem v Evropské unii. Cílem je i podpora pití vody z vodovodu namísto balené vody tím, že se kvalita vody z vodovodu zvýší zavedením přísnějších limitů pro určité znečišťující látky, včetně olova. Nová pravidla byla navržena tak, aby se kvalitní kohoutková voda stala dobře dostupnou v celé EU.

*Ing. Radka Hušková
zástupkyně SOVAK ČR v EurEau
v Komisi pro pitnou vodu (EU1)*

ZPRÁVY

SOVAK ČR upozorňuje na bezplatný přístup k právně závazným normám

SOVAK ČR dlouhodobě podporuje obecný a bezplatný přístup k právně závazným oborovým normám mimo jiné i v oblasti veřejných vodovodů a kanalizací. Podpis prezidenta České republiky na novele zákona o technických požadavcích na výrobky (projednané Senátem PČR 12. 11. 2020) dokončil dlouhou cestu, na jejímž konci stojí bezplatný přístup (§ 6c předmětného zákona) k textu norem, na které odkazují právní předpisy.

Ministerstva, do jejichž kompetence spadají zákonné odkazy na konkrétní technické normy, jsou tak nyní povinna zajistit k textu norem sponzorovaný přístup.

SOVAK ČR je na poli tvorby a aktualizace oborových norem aktivní prostřednictvím komise pro normalizaci a vítá zaslání jakýchkoliv podnětů pro další normalizační úkoly v následujících letech.

Každý hlas a každý názor se počítá

Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z. s., pečlivě sleduje aktuální dění v OSN a směřování k cílům trvale udržitelného rozvoje. Sem mimo jiné patří cíle (tzv. SDG) pro zajištění přístupu k vodě i odkanalizování a čištění vod odpadních. Nyní je čas, aby se i odborná veřejnost zapojila do procesu konzultace tak, aby OSN i vlády v jednotlivých zemích pochopily priority, které jsou v oblasti vodního hospodářství důležité.

Na www.worldwaterday.org již koncem loňského roku začala komunikační kampaň OSN ke Světovému dni vody, který nás čeká 22. března 2021. Tato kampaň je ale jiná. OSN si totiž tentokrát klade za cíl shromáždit co nejvíce hlasů lidí z celého světa o tom, co pro nás vlastně voda a přístup k ní znamená.

Jednotlivé názory jsou sbírány online pomocí jednoduchého hashtagu: #Water2me. Každý může tweetovat, vytvářet videa, obrázky, či používat blog na www stránkách. Možné je i vložit jakýkoliv další materiál, o kterém si myslíme, že odpovídá na klíčovou otázku, co vše pro nás voda vlastně znamená. Souhrn získaných názorů bude prezentován ve zprávě, která bude zveřejněna společně s tradiční výroční zprávou o vývoji vody ve světě, která je zveřejněna ke Světovému dni vody.

Budeme velmi rádi, pokud i Váš hlas zazní mezi ostatními.

*Ing. Ondřej Beneš, Ph. D., MBA, LL. M.
člen představenstva SOVAK ČR*

Z REGIONŮ

Investice, stavby, rekonstrukce

- **Ostravské vodárny a kanalizace a. s.**

Statutární město Ostrava ve spolupráci se společností Ostravské vodárny a kanalizace a. s. bude investovat do dvoustupňové filtrace vody v Úpravně vody Ostrava-Nová Ves, a to v celkové výši 450 mil. Kč (bez DPH). Projekt je ve fázi projektové přípravy. Bylo vydáno územní rozhodnutí. Historie vodního zdroje v Ostravě-Nové Vsi a navazující Úpravny vody Ostrava-Nová Ves sahá až do 19. století. Za tuto dobu byly technologie zajišťující dostatek kvalitní vody pro centrální část Ostravy, Mariánské Hory, Přívoz, část Slezské Ostravy, Hrušov, dolní část Heřmanic, Muglínov a část Poruby mnohokrát modernizovány tak, aby vyhovovaly požadavkům zásobování vodou třetího největšího města v České republice. Do modernizace bylo za



posledních 5 let investováno více než 51 mil. Kč (bez DPH). I když současná filtrace vyhovuje všem potřebným normám, přechází společnosti, které zajišťují vodu pro moderní světové metropole, na dvoustupňovou filtraci. Je to investice do budoucnosti pro další zlepšení kvality pitné vody, připravenosti na možné zprísnění legislativy či případného zhoršení kvality surové vody. Projektu předcházely průzkumné práce a architektonická a objemová studie, přičemž projekční práce byly zahájeny v roce 2019. Stavba by měla být zahájena v roce 2022 a ukončena nejpozději v roce 2024. V rámci této stavby dojde k demolici stávajícího objektu filtrace I, vodojemu, kalové nádrže, základů bývalé úpravně vody, k rekonstrukci a zásahům do objektu filtrace II, trafostanice, strojovny, sedimentace, staré a nové úpravně vody (rekonstrukce vápenného hospodářství, aerace, rychlého míchání, akumulace předupravené vody), rekonstrukce inženýrských sítí, úprava areálových ploch, osvětlení a výstavbě nového objektu filtrace. Nová budova filtrace v rámci návrhu je rozdělena na správní nadzemní část, kde bude umístěn zejména velín a technické zázemí, a technologickou část. V technologické části v jejím suterénu budou umístěny nádrže na špinavou vodu, prací vodu, upravenou vodu, dešťovou vodu a čerpadla. V nadzemní části technologie budou umístěny pískové a GAU filtry, rozvodna, dmychadla, kotelna, chlorovna včetně neutralizace a výtah. Paralelně je připravován i projekt Úpravna vody Ostrava-Nová Ves, rekonstrukce sedimentačních nádrží, který je ve fázi zahájení vodoprávního řízení před vydáním stavebního povolení. V rámci této stavby

se jedná o rekonstrukci dvou sedimentačních nádrží včetně technologie, rekonstrukce obvodového pláště, střechy, vzduchotechniky, vytápění, silnoproudých a slaboproudých rozvodů. Rozpočtové náklady z dokumentace pro stavební povolení a provádění stavby jsou 80 mil. Kč (bez DPH).

- **Vodovody a kanalizace Jablonné nad Orlicí, a. s.**

Technicky náročná rekonstrukce tlakového vrtu LT-2 Letohrad U koupaliště je úspěšně dokončena. Vrt LT-2 s tlakově napjatou hladinou podzemní vody sloužil doposud jako záložní zdroj pitné vody pro zásobování veřejného vodovodu města Letohrad. V rámci probíhající výstavby na rozšíření vodovodu Letohradská skupina je plánováno jeho stálé připojení na vodovodní systém, čímž se tento vodní zdroj stane jedním z klíčových zdrojů pro variabilní zásobování celé Letohradské vodárenské skupiny, tedy i vodovodu Jablonné nad Orlicí a obcí tzv. „Orlické skupiny“. Protože vrt LT-2 byl jako vodní dílo zhotoven již v 80. letech minulého století, bylo nezbytné zjistit jeho technický stav, prohlédnout ho speciální kamerovou technikou a provést karotážní měření. Ta bohužel odhalila zcela chybějící obsyp pažnice v úseku nad hlavním přítokem vody, postižení výstroje značnou korozí, kolmatované (zkorodované a zanesené) části perforačních otvorů a především pak závažnou poruchu – necelistvost cementového mostu v etáži 60–75 m, který již nebyl schopen dostatečně izolovat celou horní třetinu vrtu. Pokud byl vrt uzavřen, zvýšil se tlak vody na jeho tlakové zhlaví a voda filtrovala právě skrze nedokonalý cementový most do okolních hornin. Nežádoucí drenáž vody



se ukázala být problémem i při výkopových pracích při rekonstrukci blízkého koupaliště, kdy kvalitní podzemní voda silně prosakovala do základových spár objektů koupaliště. Bylo tedy rozhodnuto o kompletní opravě vrtu. Již v červnu 2020 po náročném odstranění celé staré ocelové pažnice bylo během září přistoupeno k opětovnému vystrojení vrtu silnostěnnou PVC pažnicí s centrátoru a následně tlakové cementací v záplášťovém prostoru, která byla klíčová z pohledu izolace spodního a středního turonu. Takové práce jsou v případě širokoprofilo-

Z REGIONŮ

vého vrtu, vysokého tlaku a objemu přetokové vody technicky náročné. Po ověření celistvosti a nepropustnosti cementového mostu bylo na začátku listopadu 2020 instalováno nové robustní tlakové zhlaví a vrt byl uzavřen. Ve velmi krátkém čase došlo ke zvyšování hladin podzemní vody na pozorovacích vrtech v předpolí jímací oblasti Kyšperské synklinály (dokumentováno např. v monitorovacím vrtu ČHMÚ Dlouhoňovice), což potvrdilo dokonalé těsnění jímané zvodně vůči okolí vrtu a naplnění plánovaného cíle opravy. Celkové náklady na opravy dosáhly cca 2,5 mil. Kč (včetně DPH). Takto náročná rekonstrukce byla i pro profesionály pohybující se v realizaci a opravách vrtů desítky let jedním z nejtěžších projektů. Je třeba zmínit, že jde nejen o úspěšnou rekonstrukci vodárensky využívaného zdroje, ale taktéž i dle pochvalných reakcí ČHMÚ a Povodí Labe o napravení nekvalitně provedeného těsnění vrtu z 80. let, které mělo za následek letité odvodňování a propojení spodnoturonské zvodně s kvalitní vodou (tzv. kolektoru B) s povrchovými horninami Jizerského souvrství.

• Vodohospodářská a obchodní společnost, a. s.

Zlepšení parametrů kvality vody a efektivnější provoz zařízení byly jedním z důvodů, proč Vodohospodářská a obchodní společnost, a. s., (VOS, a. s.) přistoupila k rekonstrukci úpravní vody v Lázních Běláhořadu. Na celkovou rekonstrukci nejen této úpravní, ale i čerpací stanice v Mlázovicích, získala dotační příspěvek ze Státního fondu životního prostředí ČR. „Stavba začala v srpnu 2018 a prováděla se za plného provozu. Celkové náklady na rekonstrukci byly 64,4 mil. Kč (bez DPH), z toho úpravná Lázně Běláhořad stála necelých 51,3 mil. Kč a čerpací stanice Mlázovice pak 13,1 mil. Kč. Výrazně nám s financováním pomohla dotace ve výši přes 35,6 mil. Kč,“ uvádí ředitel Ing. Richard Smutný. Od konce listopadu 2020 je úpravná spuštěna ve zkušebním provozu. Hlavním cílem rekonstrukce bylo plné využití kapacity vrtů a také zefektivnění úpravy získané vody. Zlepšily se tak i hodnoty parametrů jakosti vody, například obsah železa. „Při čerpání vody z vrtů se pro její úpravu používal pískový filtr, který byl neefektivní, protože spotřeboval pro své čištění až 15 % získané vody. Nyní to jsou pouhá 2 %. Zvýšili jsme také lehce kapacitu úpravní, aby bylo možné v případě nedostatku vody v některém z připojených zdrojů tento výpadek pokrýt. Nová technologie nám umožňuje efektivnější řízení celého provozu a procesu výroby přes centrální velín,“ doplňuje Richard Smutný. V Mlázovicích pak došlo na celkovou výměnu technologií, protože se jedná o významný vodovodní uzel pro Jičín a okolní obce. V posledních letech procházela postupnou obnovou také vodovodní infrastruktura, tedy samotný skupinový vodovod vedoucí z Lázní Běláhořadu na Jičín. Každoročně se po částech vyměňovalo několik kilometrů původního potrubí od úpravní směrem k vodojemu Kamensko a dále od vodojemu směrem k Jičínu. Úpravná Lázně Běláhořad stejně tak jako infrastruktura slouží od 70. let 20. století a denně upravuje zhruba 1 600 kubíků vody pro 23 000 obyvatel v městech Lázně Běláhořad, Jičín a v přilehlých obcích. V okolí úpravní jsou tři podzemní vrty, ze kterých se jednotlivě čerpá až 15 l/s z hloubky cca 50–75 m. Z areálu úpravní je voda dále vedena řadem do Běláhořadu, pro který také slouží

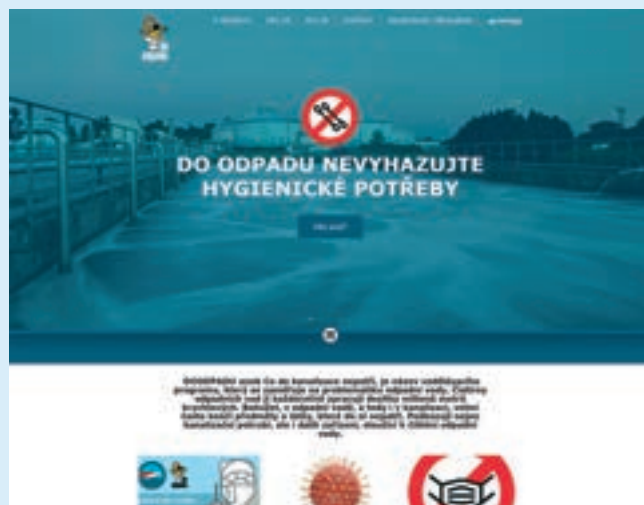


ještě další dva vodojemy – v Horní Nové Vsi (objem 300 m³) a v Lánech (objem 150 m³). Dále směrem na Jičín je voda přiváděna do vodojemu Kamensko, který má objem 450 m³. Na cestě vody se pak pro Jičín přidávají další zdroje, a to Mlázovice, Studeňany a Lužany. Zásobeny tak jsou i tyto a další přilehlé obce. Voda pro Jičín je přiváděna do hlavního vodojemu o objemu 5 000 m³ na Zebíně a dále je rozvedena do města. Další menší 500 m³ vodojem je umístěn na Čeřovce a slouží převážně jako rezervoár pro Oblastní nemocnici Jičín.

Akce, nové technologie, různé

• AQUA SERVIS, a. s.

Na správné zacházení s odpadní vodou dlouhodobě upozorňuje projekt DOODPADU aneb Co do kanalizace nepatří. Čistírný odpadních vod každoročně zpracují desítky milionů metrů krychlových této vody. Bohužel velmi často zde končí předměty a látky, které poškozují nejen kanalizační potrubí, ale i další zařízení, sloužící k čištění odpadní vody. Více informací o projektu najdete na www.doodpadu.cz.



Zdroje rubriky Z regionů: internet a tiskové zprávy uvedených vodárenských společností.

Rádi uveřejníme informace i o vašich akcích či projektech. Napište nám o nich do redakce.

Je čistírna odpadních vod hotspotem pro šíření genetické rezistence?

Radka Rosenbergová, Beáta Plutová, Pavel Chudoba, Ondřej Beneš

Vlastníci a provozovatelé čistíren odpadních vod se potýkají se změnami v odpadové legislativě a změnami podmínek pro použití čistírenských kalů na zemědělské půdě. Vyhláškou č. 437/2016 Sb. bylo upraveno použití kalů na zemědělské půdě. Jeho použití je možné (resp. po roce 2023 bude možné) pouze po jeho hygienickém zabezpečení.

Čistírenský kal byl a dosud je v ČR tradičně využíván v zemědělství, a to pro své pozitivní hnojivé vlastnosti. Kaly jsou zdrojem organických látek a živin. Čistírenský kal obsahuje vysoké koncentrace fosforu a dusíku. Pravidelné používání kalů k hnojení zajišťuje návratnost uhlíkatých látek do půdy, půdy pravidelně hnojené kaly mají vyšší obsah okamžité půdní vlhkosti, maximální kapilární kapacitu, pórovitost i sorpční kapacitu.

Na druhé straně kaly mohou obsahovat také celou řadu mikropolutantů. Významnou část mikropolutantů tvoří anorganické sloučeniny, například toxické kovy. Anorganické polutanty jsou dobře prostudované a informace o jejich toxicitě i mechanismech šíření do životního prostředí jsou obecně známé. Jejich obsah v čistírenských kalech pro přímé použití na zemědělskou půdu i pro kompostování je jasně definován příslušnými vyhláškami.

Další skupinou polutantů, které mohou být přítomny v čistírenských kalech, jsou v poslední době velmi diskutované organické mikropolutanty. Problematické mohou být například perfluorované látky, jejichž pozitivní nálezy v kalech a sedimentech se dostávají do centra pozornosti, a zejména rezidua léčiv či jejich metabolity. Tyto mikropolutanty tvoří velmi širokou skupinu, která se v souvislosti s rozvojem farmakologického průmyslu stále rozšiřuje. Mechanismus chování těchto látek v odpadních vodách, v procesu čištění a následně v čistírenských kalech je velmi rozmanitý v důsledku rozdílných fyzikálně-chemických vlastností i rozdílné biologické rozložitelnosti. Vzhledem k rozsáhlosti skupiny těchto látek není jejich koncentrace v kalech, ale ani jiných hnojivech limitována. Obvykle se jedná o velmi nízké koncentrace v řádech nanogramů.

Omezení použití kalů na zemědělské půdě a pro kompostování nesoúvisí ani s jedním z výše zmíněných potenciálních polutantů v čistírenských kalech. Souvisí se zpřísněním mikrobiologických ukazatelů v čistírenských kalech. Z pohledu hnojiv lze čistírenský kal nejvíce připodobnit běžně používaným statkovým hnojivům (hnůj, hnojůvka, kejda). Jedná se o hnojiva, ve kterých hlavní složku tvoří organické látky rostlinného nebo živočišného původu, které nelze v souvislosti se zvyšováním půdní úrodnosti nijak nahradit. Požadavky na kaly z ČOV jsou mnohem přísnější než pro klasická statková hnojiva, u nichž limity na mikroorganismy nejsou vůbec stanoveny.

Jaký je tedy skutečný důvod pro omezení použití kalů v zemědělství? Jsou to obavy z šíření antibiotické rezistence do životního prostředí. Čistírny odpadních vod bývají v této souvislosti označovány za tzv. „hotspoty“ šíření antibiotické rezistence, a to z velmi logických důvodů – v odpadních vodách se na přítoku ČOV vyskytuje celá škála antibiotik a jejich metabolitů. Čistírny pracují s koncentrovanou biomasou, která se při kontaktu s nízkými koncentracemi antibiotik, která ještě nemají

toxický efekt na mikroorganismy a při katalytickém působení některých kovů, které jsou v odpadní vodě rovněž přítomny, „učí“ rezistenci na antibiotika a tu pak různými mechanismy šíří dál [1].

Problém však je poněkud složitější.

Celosvětový problém

Rezistence bakterií vůči antibiotikům je vážným medicínským problémem. Antimikrobiální léčiva, zahrnující nejen antibiotika, ale také antimykotika, antivirotika, antiprotozoika (léky proti prvokům) a chemoterapeutika jsou klíčovým nástrojem v boji proti lidským nemocem, ale také k léčbě suchozemských i vodních živočichů a rostlin. Podle zprávy OSN z dubna roku 2019 se jejich účinnost rapidně snižuje.

Evropské centrum pro kontrolu a prevenci infekcí (ECDC) provozuje největší veřejně financovaný systém pro sledování antimikrobiální rezistence European Antimicrobial Surveillance Network (EARS – net). V projektu je zapojeno 30 zemí Evropy včetně České republiky, která se projektu účastní již od roku 2010. Výsledky jsou každoročně zveřejňovány na webu ECDC a nabízejí zajímavý a ucelený přehled o rezistenci sedmi nejvýznamnějších původců k antibiotikům volby pro léčbu invazivních infekcí [2].

Příkladem výstupu je například četnost výskytu rezistence bakterie *Streptococcus pneumoniae* vůči penicilínu. Toto je jeden z mála pozitivních příkladů, kde si Česká republika stojí velmi dobře (obr. 1).

Další příklady již tak pozitivní nejsou. Na obr. 2 je například rezistence bakterie *Staphylococcus aureus* vůči meticilínu.

Tato data vycházejí z analýzy vzorků od pacientů z desítek zapojených nemocnic (72 nemocnic v ČR).

Naproti tomu dánský výzkum [3] provedl komplexní analýzu odpadních vod ze 74 velkých měst a 60 zemí celého světa. V rámci tohoto metagenomického výzkumu vědci dospěli k rozdělení světa do dvou oblastí z pohledu mikrobiální rezistence. Severní Amerika, západní Evropa, Austrálie a Nový Zéland mají obecně nižší úroveň antimikrobiální rezistence, zatímco Asie, Afrika a Jižní Amerika mají daleko vyšší úroveň. Na základě sbíraných dat dochází k závěru, že úroveň rezistence závisí na úrovni kanalizačních systémů, celkovém zdraví populace a systému zdravotní péče v dané zemi.

Obrázek 3 představuje predikovanou mikrobiální rezistenci, přičemž tmavší oblasti představují vyšší riziko [3].

Autoři studie vyslovují domněnku, že v boji s antibiotickou rezistencí musíme podpořit rozvoj a výstavbu sanitárních zařízení (kanalizace, ČOV) v rozvojových oblastech světa. Je to tedy správná cesta nebo jsou rozvojové země nabádány k budování hotspotů antibiotické rezistence?

Výsledky studie [4] ukázaly, že ve vyspělých státech je hlavním přispěvatelem antibiotické rezistence nadměrné používání antibiotik v živočišné výrobě a špatná nemocniční regulace. Čína a USA jsou největšími spotřebiteli antibiotik v živočišné výrobě, v rozvíjejících se státech je pak hlavní příčinou zneužívání lehká dostupnost antibiotik v nízké kvalitě.

Způsoby přenosu antibiotické rezistence

Samotné mechanismy přenosu genetické rezistence jsou složité. Podstatnou složkou genomu bakterií jsou plazmidy (plazmid je malá, většinou kruhová molekula DNA schopná replikace, která se přirozeně vyskytuje v cytoplazmě). O schopnosti přenést část své genetické výbavy do druhé bakterie rozhoduje přítomnost **sex-chromatinu (F-faktoru)**. Buňky obsahující R – faktor plazmidy nesou vazebnou skupinu genů tzv. rezistenčních transferových faktorů, které jsou schopny replikace a distribuce plazmidů při dělení buňky. Tyto plazmidy se podílí na rezistenci buňky k antibiotikům, neboť kódují enzymy, a tím inaktivují působení antimikrobiálních látek [5]. Zjednodušeně lze říct, že bakterie, které obsahují R – faktor jsou rezistentní a za přítomnosti F – faktoru mohou rezistenci šířit [6].

Rezistence k antibiotikům je podmíněna složitými a vícenásobnými mechanismy a je schopna se šířit mezi bakteriemi stejného nebo dokonce různého druhu.

Rezistence bakterií se může vyvinout pomocí mutací, vnitřní rezistencí anebo pomocí horizontálního přenosu genů (HGT – horizontal gene transfer). Tento mechanismus je nejnámější a může nastat pomocí mobilních genetických elementů mezi bakteriemi – donory, fágy, volnou DNA a bakteriemi – recipienty.

Existují 4 rozdílné mechanismy horizontálního přenosu genů (HGT):

- Konjugace – při tomto několikastupňovém procesu dochází k výměně DNA, přičemž je potřebný přímý kontakt buněk.
- Transformace – je děj, při kterém dochází k výměně volné DNA, která se dokáže absorbovat a následně integrovat a způsobit genetické změny v buňce bakterie.
- Transdukcce – je děj související s bakteriofágy. Tyto významné složky mikrobiomu dokážou přenášet geny, které jsou pro hostitelskou buňku výhodné, zároveň tak podporují vlastní přežití a šíření.
- Částice přenášející geny – tyto částice jsou strukturně podobné bakteriofágům. Kvůli nedostatku vlastní DNA nedokážou kódovat všechny svoje proteiny [7].

A jaká je míra vlivu jednotlivých mechanismů přenosu?

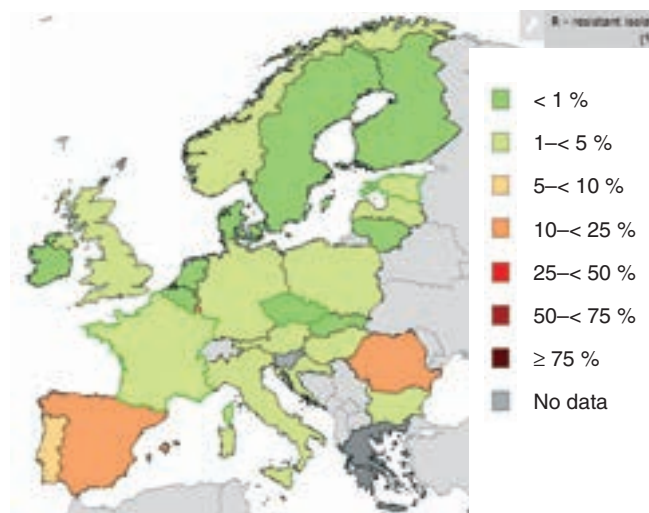
Nejvíce studovaným mechanismem přenosu a nejvíce rozšířeným mechanismem je **konjugace**. Při konjugaci dochází k přímému kontaktu buněk a přenos je efektivnější než při transformaci, zároveň zahrnuje širší rozmezí hostitelských buněk než transdukcce. Konjugace jako způsob přenosu antibioticky rezistentních genů byla zaznamenána v různých typech ekosystému.

Při procesu **transformace** musí být splněné některé podmínky jako přítomnost extracelulární DNA. Bylo prokázáno, že vystavení bakterií antibiotikům způsobuje potřebnou kompetenci buňky nejen k překonání antibiotické zátěže, ale i k stimulaci přenosu rezistentních genů pomocí transformace [8]. Mao, Luo et al. 2014 vyvinul standardní metodu, jak získat intracelulární a extracelulární DNA ze sedimentů a vody. Přenos intracelulární DNA je možný pomocí konjugace a transdukcce a přenos extracelulární DNA pomocí transformace. Následně tuto metodu aplikoval při kvantifikaci antibioticky rezistentních genů v toku v oblasti s velmi vysokým používáním antibiotik. Zjistil, že výskyt rezistentních genů byl v sedimentech významnější ve formě extracelulární DNA, což naznačuje, že také mechanismus transformace je v přenosu rezistence významným mechanismem [9].

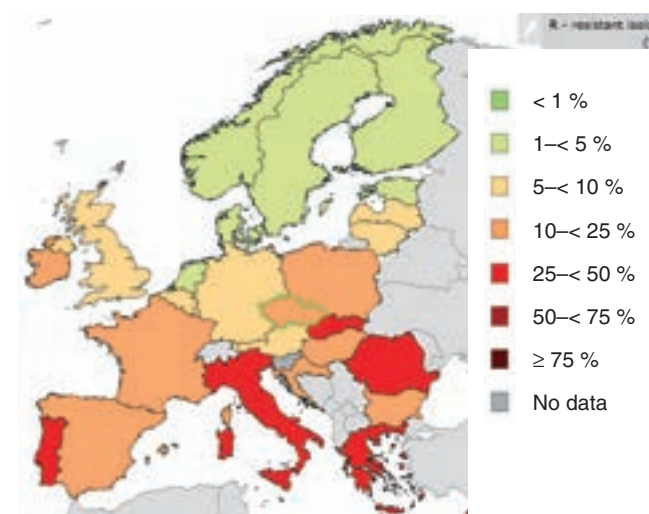
Mechanismus **transdukcce**, tedy přenos rezistence pomocí **bakteriofágů** byl do nedávné doby považován za méně podstatný. Nové studie využívající metagenomický výzkum však ukazují, že bakteriofágy mohou zastávat mnohem podstatnější roli [7]. Výskyt bakteriofágů byl detekován v odpadních vodách i v kalech několika ČOV [10]. Marti, Variatza et al. 2014 [11] ve svém výzkumu zjišťují, že jsou to právě bakteriofágy, které se nejvíce podílely na přenosu 6 zkoumaných rezistentních genů ve vzorcích odpadních vod z nemocnic.

Přenos **pomocí částic** mají oproti jiným mechanismům přenosu výhodu v tom, že částice mají bakteriální geny uložené v kapsidách, které je ochraňují před nukleázami a ostatními chemikáliemi, které mohou poškodit DNA. Částice přenášející geny jsou schopny přenosu i v podmínkách, kdy hostitelská bakterie zemře. Oproti bakteriofágům, které mají limitovaný obsah genomu hostitelské buňky, částice obsahují náhodný počet fragmentů genomu hostitelské buňky [12]. McDaniel, Young et al. 2010 [13] zjistili, že frekvence přenosu genů pomocí částic byla sto až tisíckrát větší oproti konjugaci a transformaci.

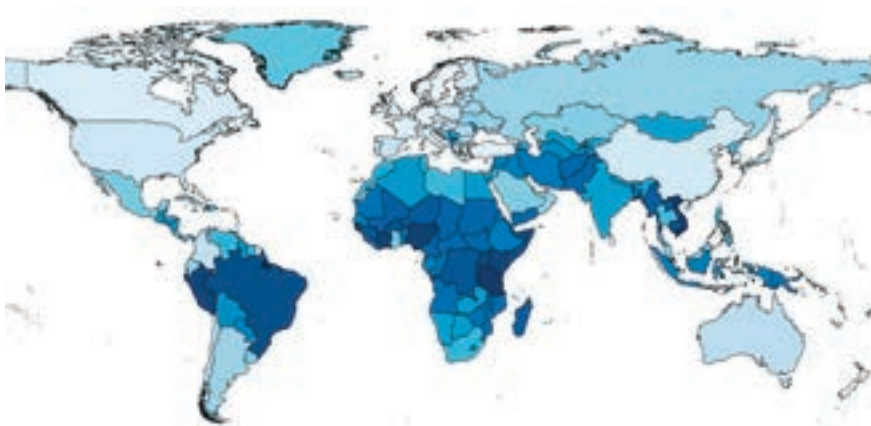
V životním prostředí se rezistence mikroorganismů vůči mikrobiálním látkám vyskytuje přirozeně jako důsledek působení bioaktivních látek. Zvýšený výskyt rezistence je pak ve vyspělých státech způsoben především nadměrným používáním an-



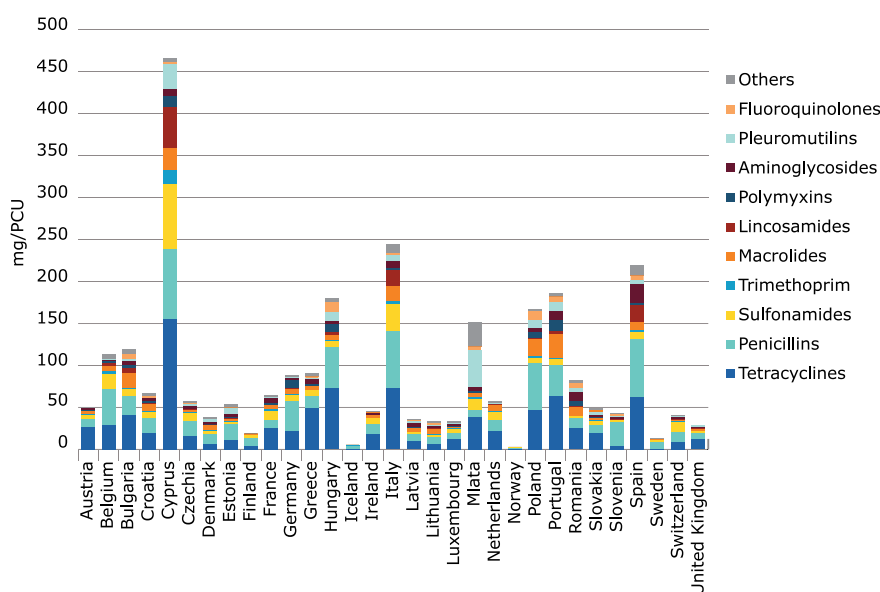
Obr. 1: Četnost výskytu rezistence bakterie *Streptococcus pneumoniae* vůči penicilínu



Obr. 2: Četnost výskytu bakterie *Staphylococcus aureus* vůči metilicilínu



Obr. 3: Předpověď výskytu mikrobiální rezistence – výstupy metagenomického výzkumu vzorků z kanalizací



Obr. 4: Spotřeba antibiotik ve veterinární medicíně vztahovaná na PCU (jednotka populačního ekvivalentu). (European database of sales of veterinary antimicrobial agents) [17]

tiotik v živočišné výrobě [4] a nevhodnou aplikací humánních antibiotik, jejich zneužíváním, v rozvíjejících se zemích také snadnou dostupností a špatnou kvalitou.

Spotřeba antibiotik v humánní a veterinární léčbě

Na začátku 20. století se lidé dožívali průměrně 47 let. Od objevení penicilínu v roce 1928 počet infekčních onemocnění klesl, avšak začala narůstat spotřeba antibiotik. Mezi lety 2010–2015 byl zaznamenán značný nárůst celosvětové spotřeby antibiotik. Spotřeba antibiotik se určuje pomocí ukazatele definovaného denní dávkou (DDD), která vzrostla z 21,1 bilionu DDD v roce 2010 na 34,8 bilionu DDD v roce 2015.

Použití antibiotik je rozšířené zejména v humánní a veterinární medicíně. Celosvětová spotřeba antibiotik je mezi 100 000–200 000 t, z čehož jsou v Evropě využívány cca 2/3 v lidské medicíně a 1/3 ve veterinářství [14]. V USA se ročně spotřebuje 16 000 t antimikrobiálních přípravků, z čehož je 70 % využíváno jinak než k terapeutickým účelům [15]. Je to právě masivní způsob používání antibiotik, který způsobil zvýšení výskytu bakterií, které si jsou schopny vyvinout rezistenci nejen k jednomu léku, běžná je i multirezistence některých bak-

teriálních kmenů. Následky infekcí způsobených bakteriemi rezistentními na antibiotika způsobují v Evropě úmrtnost přibližně 5,1 obyvatel/100 000 a zhruba 2,8 obyvatel/100 000 v USA. To znamená, že v souvislosti s tímto fenoménem zemře v Evropě ročně 25 000 lidí a v USA 23 000 lidí [16].

Zajímavé jistě je, že veřejně dostupná data k využívání antibiotik v České republice jsou mnohem snáze dohledatelná a konzistentní pro veterinární využití než pro humánní medicínu

Z obrázku 4 je zřejmé, že v oblasti spotřeb veterinárních antibiotik si Česká republika stojí relativně dobře ve srovnání s dalšími evropskými státy. A jak je vidět z grafu na obrázku 5 i trend spotřeby byl až do roku 2016 mírně klesající.

Na druhé straně barikády jsou pak data o spotřebě antibiotik v humánní medicíně. Sběr dat o spotřebě léčiv má v ČR na starosti SUKL (Státní ústav pro kontrolu léčiv). Ze zprávy [18], která obsahuje data za rok 2016, vyplývá, že spotřeba antibiotik v ČR roste, snižuje se však jejich dostupnost (cena).

Existuje i evropská databáze, ve které jsou pro Českou republiku uvedena mírně odlišná data, bohužel, pouze do roku 2015, další roky pro ČR nejsou vyplněny.

Nesoulad v datech je dán změnou metodiky výpočtu DDD (definované denní dávky) v roce 2019, která vedla k přepočtu i dat do té doby reportovaných, což vyplývá z e-mailového vyjádření Státního ústavu pro kontrolu léčiv (SUKL).

Z celistvé řady dat, kterou SÚKL poskytl, vyplývá, že spotřeba antibiotik v humánní medicíně v ČR je od roku 2010 prakticky na stejné úrovni. Statistiky jsou k dispozici pouze v jednotkách DDD a v počtu balení. SÚKL neevduje spotřebu antibiotik v hmotnostních jednotkách.

Lze však odhadnout, že spotřeba humánních antibiotik tvoří zhruba 60 % celkové spotřeby, cca 40 % připadá na veterinární použití. Ve srovnání s evropskými státy dosahuje ČR průměrných, či velmi mírně nadprůměrných hodnot. V roce 2019 česká vláda schválila strategický dokument – Akční plán Národního antibiotického programu pro roky 2019–2022, který definuje úkoly a cíle, které by měly směřovat k omezení dopadů antimikrobní rezistence na veřejné zdraví, zdraví zvířat i životního prostředí.

Statková hnojiva versus kaly

Jak již bylo řečeno, výskyt genetické rezistence je do značné míry přírodní jev. Vytvořením vhodných podmínek (přítomnost zbytkových koncentrací antibiotik a kumulace mikrobiální biomasy) může být posílen vliv jednotlivých mechanismů přenosu genetické rezistence.

Aplikace čistírenských kalů na zemědělskou půdu byla omezena z důvodů obav před šířením antibiotické rezistence, na druhou stranu statková hnojiva nejsou v tomto smyslu nijak omezena, ačkoliv, jak bylo ukázáno výše, cca 40 % spotřeby antibiotik je tvořeno spotřebou ve veterinární léčbě a biocenóza statkových hnojiv je podobně bohatá jako ta čistírenských kalů.

Co je horší – voda, nebo kal?

Uvádí se, že až 99 % genů pro antibiotickou rezistenci, dále jen ARG, se akumuluje v přebytečném kalu [20]. ARG a bakterie rezistentní na antibiotika, dále jen ARB, jsou tak více koncentrovány v kalu než v odpadní vodě. Výskyt ARG v kalech je zhruba 1 000× vyšší než ve vyčištěné odpadní vodě, na straně druhé produkce kalu je o 3 řády nižší než produkce vyčištěné odpadní vody. Riziko vnosu do prostředí je přibližně stejné.

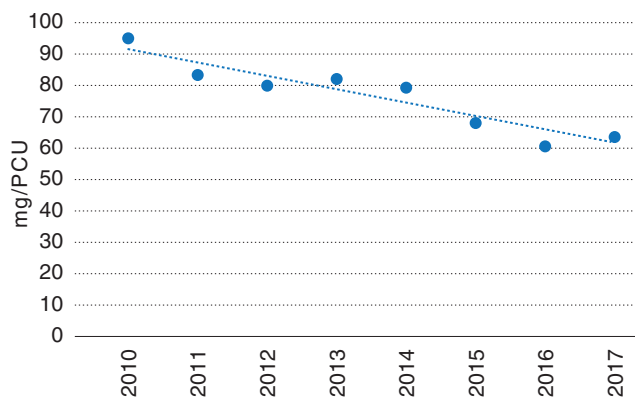
Účinnost odstranění v odpadní vodě

Předpokládá se, že produkce antibiotik je přirozený jev, jímž určití mikrobi od svého vzniku uplatňovali výhodu před jinými mikroby a geny rezistence jim sloužily k ochraně před inhibicí vlastními antibiotiky. Determinanty rezistence tedy existují v přírodě velmi dlouho a vznikly dávno před zavedením antibiotik do lékařské praxe. Potvrdila to také analýza 30 000 let staré DNA, zveřejněná v srpnu loňského roku v časopise Nature. V sedimentu získaném z permafrostu byl přítomen vysoce diverzní soubor genů, kódujících rezistenci k beta-laktamovým antibiotikům, tetracyklinům a glykopeptidům. Nalezené geny rezistence byly velmi podobné genům prokazovaným u rezistentních bakterií v současnosti. Tento objev potvrdil, že antibiotická rezistence je přirozený jev, který se uplatňuje v evoluci mikrobů jako jeden z mechanismů adaptace na nové podmínky v prostředí [21].

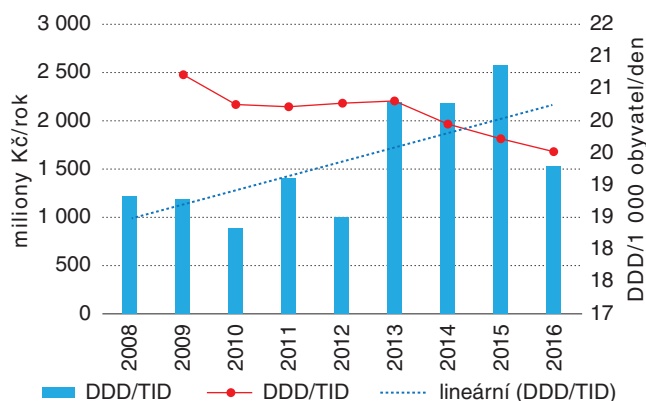
Detekce genu rezistentního vůči antibiotikům nutně neznamená, že způsobí v hostitelské buňce schopnost rezistence. Proto je zapotřebí využít takových metod detekce, které rozliší mezi rezistentními geny v hostiteli a rezistentními geny způsobujícími komplikace v léčbě bakteriálních infekcí.

V první řadě je třeba konstatovat, že výsledky z různých ČOV se značně až zásadně liší, prozatím není jasné, zda je to způsobeno rozdílnou metodikou výzkumu zaměřenou na různé bakteriální kmeny a hodnocení jejich citlivosti vůči různým antimikrobiálním látkám, technologií samotného procesu čištění nebo způsobem provozování. Lze však konstatovat, že celková úroveň rezistence se v důsledku čištění OV snižuje, protože se snižuje bakteriální zátěž 10 až 100krát a množství ARG se také snižuje, ačkoliv není zcela eliminováno.

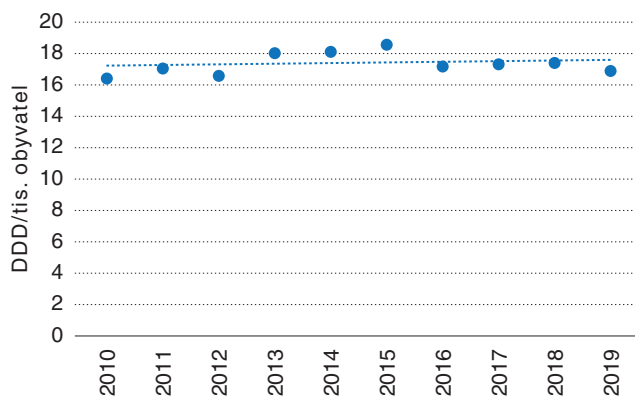
Jednoznačně se však ukazuje, že pokročilé metody čištění OV a zejména pak dezinfekce odpadní vody nemusí nutně znamenat i vyšší odstranění ARG. Tento fakt je vysvětlován tzv. **SOS reakcí bakterií**. SOS reakce zvyšuje rychlost mutace v bakteriích tím, že zvyšuje expresi DNA-polymeráz náchylných k chybám a podporuje horizontální přenos rezistentních genů [22]. Před zavedením pokročilých a dodatečných technologií v procesu čištění odpadních vod, zejména pak finálních úprav jako je dezinfekce ve velkém měřítku by měl být zhodnocen možný přínos těchto technologií k šíření ARG.



Obr. 5: Vývoj spotřeby veterinárních antibiotik v ČR v mg/PCU



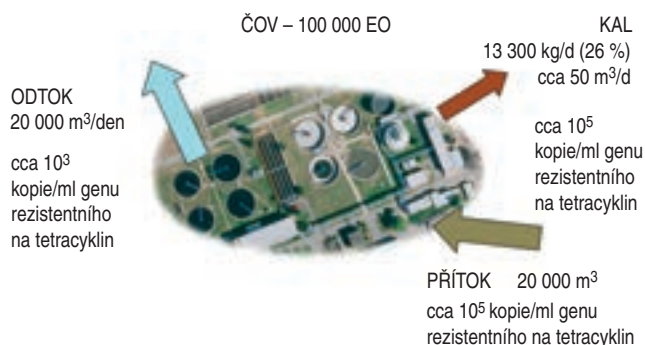
Obr. 6: Spotřeba antibiotik v humánní medicíně v ČR [18]



Obr. 7: Spotřeba antibiotik v humánní medicíně v ČR

Tabulka 1: Spotřeba antibiotik v humánní medicíně v ČR – různé zdroje

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
lidská antibiotika (DDD/1 000 obyv.) – zdroj EU databáze	16,0	16,5	15,7	16,9	17,1	17,4				
lidská antibiotika (DDD/1 000 obyv.) – zdroj SÚKL dokument [19]	18,4	19,1	18,5	20,3	20,3	20,85	19,32			
lidská antibiotika (DDD/1 000 obyv.) – zdroj SÚKL data poskytnutá mailem	16,5	17,2	16,7	18,2	18,2	18,65	17,26	17,44	17,51	16,92



Obr. 8: Ilustrativní bilance ČOV

Snížení ARG v procesu čištění OV bylo také hlášeno v mnohých studiích. Jiné studie však ukázaly, že nedošlo k žádné změně relativního počtu ARG nebo že se počet zvýšil. Naopak v některých případech bylo pozorováno zvýšení podílu ARG v odtoku [23,24,25]. Selektivní podmínky v ČOV mohou poskytnout selektivní výhodu pro ARG a ARB nebo pro HGT mezi bakteriální komunitou. Antibiotická rezistence může být také posílena jinými neantibiotickými selektivními tlaky, jako jsou kovy nebo biocidy.

Provozní podmínky systému čištění v ČOV mají různé dopady na osudy ARB. Například ve studii [26] koncentrace bakterií rezistentních na tetracyklin a sulfonamidy klesly v upravené vodě o několik řádů ve srovnání se surovou přítokovou vodou, ale koncentrace ARB zůstala velmi podobná v pre- a post-dezinfikovaných odpadních vodách.

Vliv úpravy kalu

Čistírenský kal obsahuje významná množství rozličných antibiotik zahrnující prakticky všechny jejich hlavní třídy, jejich koncentrace se pohybuje od nano- do mikro-gramů na kg sušiny. Hlavním mechanismem, který doprovází výskyt antibiotik v kalech je adsorpce. Rychlost adsorpce je závislá na chemické struktuře antibiotika, struktuře kalu, hydrofobních vlastnostech kalu, biodegradabilitě a mobilitě antibiotik. Antibiotika v kalu mají vyšší stabilitu než ta, která se nachází v odpadní vodě [27].

Technologie jako je anaerobní vyhnívání a stabilizace kalu významným způsobem redukuje antibioticky rezistentní bakterie v porovnání s prostým odvodňováním [28]. Pro potvrzení výskytu patogenů a antibioticky rezistentních koliformů byly použity metody založené na kultivaci. Jejich výskyt byl výrazně větší v surovém než v anaerobně vyhníleném kalu. Procento antibioticky rezistentních koliformů bylo vyšší v surovém kalu. Výskyt rezistentních bakterií nebyl významně odlišný mezi půdou a sesbíranou zeleninou z obou testovaných polí (se surovým i upraveným kalem). Bylo prokázáno, že jediným vlivem při hnojení surovým kalem byl zvýšený výskyt *Clostridium perfringens* a koliformních bakterií rezistentních na cefloxitin ve sklizené mrkvi. Avšak jasný vliv surového a upraveného kalu nebyl zjištěn, protože repliky koliformních bakterií rezistentních na některá antibiotika se lišily. Výsledky taktéž ukázaly, že životaschopnost bakterií byla poškozena ještě před tím, než byla sklizena úroda, při další sklizni v následujícím roce nebyl zaznamenán opětovný nárůst těchto bakterií.

Způsob úpravy čistírenského kalu má velmi významný vliv na odstranění genů rezistence.

Studie [29] prokázala účinnost anaerobního vyhnívání přibližně 50,7 %. Dále byl zkoumán vliv hydrolyzy kalu na účinnost odstranění genů rezistence. Ze tří zkoumaných metod se jako nejúčinnější metoda jevila hydrolyza ultrazvukem, kde bylo do-

saženo až 75% účinnosti odstranění rezistentních genů. Méně účinná byla alkalická hydrolyza s účinností 66,4 % a nejméně účinná pak byla termická hydrolyza předřazená vyhnívání – tato metoda měla účinnost odstranění genů rezistence jen o málo větší než samotná anaerobní stabilizace – 52,5 %.

Poradí si půda s kalem? Geneticky rezistentní organismy ve zdravé půdě nepřezijí?

Vlivem aplikace čistírenských kalů se dlouhodobě (v průběhu 24 let) zabýval výzkumný tým španělské univerzity a Ústavu ochrany přírodních zdrojů [30]. Výsledky studie jsou unikátní zejména délkou jejich trvání. Na testovanou půdu byl aplikován anaerobně vyhníly sušený kal v různých množstvích a s různou frekvencí dávkování (40–80 t/ha, 1–4× ročně). Výsledky studie prokazují pozitivní vliv aplikace kalů na obsah organické hmoty v půdě, došlo rovněž k mírnému, ale signifikantnímu poklesu pH. Oproti kontrolním vzorkům byl zaznamenán nárůst množství dostupného fosforu, nedošlo ke změně obsahu celkového dusíku ani esenciálních prvků jako je draslík. Při dlouhodobé aplikaci byla zaznamenána akumulace Cu a Zn v půdě (koncentrace těchto kovů byla v půdě hluboce pod limitem evropské směrnice), na druhou stranu v extrahovatelné formě byly tyto kovy pod mezí detekce.

Aplikace kalů v tomto průzkumu neprokázala významnou změnu v mikrobiální diverzitě, došlo ke stimulaci půdní mikrobiální aktivity, což se odráží ve vyšších hodnotách půdních enzymových aktiv a zvýšení indexu kvality půdy.

Ve vazbě na antibiotickou rezistenci byla skutečně přítomnost genů rezistence v kalech vyšší než ve zkoumané neošetřené půdě. Nicméně je nutno konstatovat, že z 95 genů zkoumaných ve studii, bylo přítomno v kalech 74 a v půdě samotné 86. Tato okolnost potvrzuje známou skutečnost, že půdní mikrobiom je sám o sobě rezervoárem genů antibiotické rezistence, i bez aplikace čistírenských kalů.

Závěr

Úroveň antibiotické rezistence podle dat Evropského systému surveillance antimikrobiální rezistence (EARSS) je v přímé korelaci se spotřebou antibiotik, tj. čím více antibiotik se v populaci používá, tím bude vyšší rezistence bakterií, které způsobují infekce.

Primárním nástrojem pro snižování rizik spojených s antibiotickou rezistencí by mělo být omezení vstupu těchto látek do prostředí, naopak řešení problému na konci řetězce (na ČOV) je jako ucpávání jedné díry v příliš hustém cedníku.

ČOV lze určitě považovat za aktivní bod pro ARB a ARG, ale obraz dynamiky antibiotické rezistence v ČOV není zdaleka kompletní. Ukazuje se, že různé ČOV mají různou účinnost pro odstranění ARG, ale stále nevíme, zda je to kvůli tomu, jak byly konstruovány, jak jsou provozovány, je-li to čistě složením přítékajících odpadních vod, mikrobiocenózou aktivovaného kalu nebo dalšími vnějšími faktory.

Srovnání ČOV také brání nedostatek standardů nebo obecně používaných metod. Existují oprávněné obavy, že intenzivní způsoby čištění OV mohou naopak podpořit rezistenci vůči antibiotikům tím, že vyvolají bakteriální stres (SOS response). Tyto obavy by měly být rozptýleny soustředěným výzkumem rychleji, než dojde k celosvětovému investování do čištění odpadních vod. Závěry bychom měli činit na základě důkazů o rizicích rezistence na antibiotika v odpadních vodách a na základě těchto důkazů pak pracovat na zmírnění těchto rizik.

Je velmi těžké zhodnotit, jestli čistírenský kal nebo vyčištěná odpadní voda dokážou způsobit fatální následky. Regulace použití antibiotik v humánní i veterinární medicíně je krok, jenž se dá ustanovit jednodušším a rychlejším způsobem než ostatní

výzkumy, které by měly předcházet opatřením zaváděným na ČOV a které by měly zodpovědně odpovědět alespoň na některé z dosud neobjasněných otázek, zejména:

- Které ARB a ARG mohou přežít v různých prostředích (voda, půda) a jak dlouho?
- Které mohou přežít v lidském či zvířecím organismu?
- Které ARB a ARG jsou čistírnou schopné odstranit, které nikoliv a pro které bakteriální komunity je ČOV zdrojem rezistence na antibiotika?
- Co je příčinou velkých rozdílů napříč provedenými průzkumy?
- Jak velké je riziko spojené s tokem vyčištěných odpadních vod a s použitím kalů?
- Které technologie jsou účinné a které mohou problém zhoršit?
- Kolik investičních prostředků jsme ochotni k řešení tohoto potenciálního rizika vynaložit?

V ČR je s trochou nadsázky vytvářen obraz, že čistírenské kaly jsou smrtelně nebezpečný materiál, jehož využití k rekultivacím, nebo, nedej bože, jeho aplikace na zemědělskou půdu ohrozí generaci našich dětí, způsobí planetární kolaps a možná dojde i na meziplanetární selhání. Pozitivní hnojivé vlastnosti (dusík, fosfor) i vysoký podíl organické hmoty v kalu bývají zcela zanedbávány jako marginální. Postupuje se, jak již bývá v našich krajích zvykem, nesystémově a často spíše na základě pocitů několika úředníků než faktů. Řeší se kaly na straně jedné, organická hnojiva mají (naštěstí pro naši půdu) zcela volnou ruku na straně druhé, aniž by někdo limitoval jejich bakteriální oživení či obsah ARG.

Problematiku rezistence bakterií na antibiotika rozhodně nelze zlehčovat, než si však dobrovolně uzavřeme cestu k přirozenému využití hnojivých vlastností kalů v zemědělství na úkor termických metod likvidace, měli bychom umět odpovědět minimálně na výše uvedené otázky.

Literatura

1. Rizzo L, Manaia C, Merlin C, Schwartz T, Dagot C, Ploy MC, et al. Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: a review. *Sci. Total Environ.* 2013;447:345–360.
2. Surveillance atlas of infectious diseases <https://atlas.ecdc.europa.eu/public/index.aspx>
3. Sewage reveals levels of antimicrobial resistance worldwide (2019, March 8) retrieved 26 March 2019 from <https://phys.org/news/2019-03-sewage-reveals-antimicrobial-resistance-worldwide.html>
4. Chokshi A, et al. Global contributors to antibiotic resistance. *Journal of Global Infectious Diseases* 2019;11(1):36–42.
5. Kučerová G. Význam plazmidů v genomu bakteriální buňky. *Bakalářská práce*, 2013.
6. Lood R, et al. Revisiting antibiotic resistance spreading in wastewater treatment plants – Bacteriophages as a much neglected potential transmission vehicle. *Frontiers in Microbiology* 2017;8(NOV).
7. Von Wintersdorff CJH, et al. Dissemination of antimicrobial resistance in microbial ecosystems through horizontal gene transfer. *Frontiers in Microbiology* 2016;7(FEB).
8. Thomas CM, Nielsen KM. Mechanisms of, and barriers to, horizontal gene transfer between bacteria. *Nature Reviews Microbiology* 2005; 3(9):711–721.
9. Mao D, et al. Persistence of extracellular DNA in river sediment facilitates antibiotic resistance gene propagation. *Environmental Science and Technology* 2014;48(1):71–78.
10. Calero-Cáceres W, et al. Sludge as a potential important source of antibiotic resistance genes in both the bacterial and bacteriophage fractions. *Environmental Science and Technology* 2014;48(13): 7602–7611.
11. Marti E, et al. Bacteriophages as a reservoir of extended-spectrum β -lactamase and fluoroquinolone resistance genes in the environment. *Clinical Microbiology and Infection* 2014;20(7):0456–0459.
12. Stanton TB. Prophage-like gene transfer agents—Novel mechanisms of gene exchange for *Methanococcus*, *Desulfovibrio*, *Brachyspira*, and *Rhodobacter* species. *Anaerobe* 2007;13(2):43–49.
13. McDaniel LD, et al. High frequency of horizontal gene transfer in the oceans. *Science* 2010;330(6000):50.
14. Klein EY, et al. Global increase and geographic convergence in antibiotic consumption between 2000 and 2015. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2018; 115(15): E3463–E3470.
15. Ezzariai A, et al. Human and veterinary antibiotics during composting of sludge or manure: Global perspectives on persistence, degradation, and resistance genes. *Journal of Hazardous Materials* 2018;359: 465–481.
16. Stiborová H, Bačáková A, Musilová L, Demnerová K. Od přirozeného fenoménu výskytu genů rezistence k antibiotikům v životním prostředí ke vzniku multirezistentních kmenů. *Chemické listy* 2018;112(12): 833–839.
17. European database of sales of veterinary antimicrobial agents.
18. SUKL. Spotřeba a náklady na ATB používaná v humánní medicíně v ČR 2008–2016 a jejich základní vyhodnocení podle metodiky ECDC.
19. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/downloadable-tables-antimicrobial-consumption-annual-epidemiological-report-2018>
20. Matějů L, Drahošová Z, Kořínková M. Zdravotní rizika při nakládání s kalů z městských čistíren odpadních vod, 2019.
21. Urbášková P, Hrabák J, Žemličková H. Antibiotická rezistence bakterií – hrozba selhání léčby infekcí neustále sílí. *Medical tribune* 2012;2.
22. Karkman A. Antibiotic-Resistance Genes in Waste Water Trends in microbiology 2018.
23. Al-Jassim N, et al. Removal of bacterial contaminants and antibiotic resistance genes by conventional wastewater treatment processes in Saudi Arabia: Is the treated wastewater safe to reuse for agricultural irrigation? *Water research* 2015.
24. Guo MT, et al. Microbial selectivity of UV treatment on antibiotic-resistant heterotrophic bacteria in secondary effluents of a municipal wastewater treatment plant. *Water Res.* 2013;47:6388–6394.
25. Sharma VK, et al. A review of the influence of treatment strategies on antibiotic resistant bacteria and antibiotic resistance genes. *Chemosphere* 2016;150:702–714.
26. Munir M, et al. Release of antibiotic resistant bacteria and genes in the effluent and biosolids in five wastewater utilities in Michigan. *Water Res.* 2011;45.
27. Hang J, et al. Sludge bio-drying followed by land application could control the spread of antibiotic resistance genes. *Environment International* 2019;130.
28. Bondarczuk K, et al. The urgent need for risk assessment on the antibiotic resistance spread via sewage sludge land application. *Environment International* 2016;87:49–55.
29. Mengli Wang, Ruying Li, Qing Zhao. Distribution and removal of antibiotic resistance genes during anaerobic sludge digestion with alkaline, thermal hydrolysis and ultrasonic pretreatments. *Frontiers of Environmental Science & Engineering* 2019;13(3): pp. 43.
30. Urra J, et al. Application of sewage sludge to agricultural soil increases the abundance of antibiotic resistance genes without altering the composition of prokaryotic communities. *Science of the Total Environment* 2019;647:1410–1420.

Ing. Radka Rosenbergová
VEOLIA ČESKÁ REPUBLIKA, a. s.

Ing. Beáta Plutová
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
Ústav technologie vody a prostředí

Dr. Ing. Pavel Chudoba
VEOLIA ČESKÁ REPUBLIKA, a. s.

Ing. Ondřej Beneš, Ph. D., MBA, LL. M.
VEOLIA ČESKÁ REPUBLIKA, a. s.

SOVAK • VOLUME 30 • NUMBER 1 • 2021

CONTENTS

Vilém Žák Editorial	1
Jaroslav Hedbávný Technically unique raw water pumping station in Vranov	2
Miroslav Kos Energy assessment of sludge management of Czech Wastewater Treatment Plants	4
Miroslav Kos Production of sewage sludge in 2019	11
Pavlna Hejduková, Lucie Kureková, Tomáš Hejduk, Štěpán Marval, Miroslav Čolba Drinking water supply is a key factor influencing the development potential of municipalities – a view of small municipalities within a nationwide questionnaire survey	12
Petra Szabová, Dóra Varjúová, Roman Grabic, Andrea Vojs Staňová, Igor Bodík Influence of heat treatment on the content of pharmaceuticals in sludge	20
Regional news	24
Radka Rosenbergová, Beáta Plutová, Pavel Chudoba, Ondřej Beneš Are wastewater treatment plants hotspots for spreading genetic resistance?	26

Cover page: Floating raw water pumping station on the Vranovská dam

Při zpracování osobních údajů dbá Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z. s., na dodržování nejpřísnějších norem zabezpečení a důvěrnosti, zaručující soulad s nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 (GDPR) a dále se zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů, ve znění pozdějších předpisů. Podrobnější informace a Zásady zpracování osobních údajů SOVAK ČR naleznete na www.sovak.cz.

Redakce (Editorial Office):

Šéfredaktor (Editor in Chief): Mgr. Jiří Hruška, tel.: 221 082 628, 601 374 720; redaktorka (Editor): Ing. Ivana Weinzettlová Jungová, tel.: 221 082 661, 727 915 184.

e-mail: redakce@sovak.cz

Adresa (Address): Novotného lávka 200/5, 110 00 Praha 1

Redakční rada (Editorial Board):

Ing. Ladislav Bartoš, Ph.D., prof. Ing. Michal Dohányos, CSc., Ing. Miroslav Dundálek, Ing. Karel Frank, Ing. Milan Hruška, Mgr. Jiří Hruška, Ing. Radka Hušková, Ing. Miroslav Kos, CSc., MBA (předseda – Chairman), Ing. Jakub Kovařík, Ing. Jan Kretek, prof. Dr. Ing. Miroslav Kyncl (místopředseda – Vicechairman), JUDr. Josef Nepovím, Ing. Jiří Novák, Ing. Jan Plechatý, RNDr. Pavel Punčochář, CSc., Ing. Josef Reidinger, Ing. Bohdan Soukup, Ph.D., MBA, Ing. Petr Šváb, MSc., Ing. Bohdana Tláskalová, Ing. Filip Wanner, Ph.D.

Fotografie: archiv časopisu Sovak.

Sovak vydává Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z. s., (SOVAK ČR) Novotného lávka 200/5, 110 00 Praha 1 (IČO: 6045 6116; DIČ: 001-6045 6116), v nakladatelství a vydavatelství Mgr. Pavel Fučík, Čs. armády 488, 254 01 Jílové u Prahy, e-mail: pfck@bon.cz. Sazba a grafická úprava SILVA, s. r. o., tel.: 737 836 825, e-mail: pfck@bon.cz. Tisk Studiopress, s. r. o. Časopis je registrován Ministerstvem kultury ČR (MK ČR E 6000, MIČ 47 520). Nevyžádané rukopisy a fotografie se nevracejí. Časopis Sovak je zařazen v seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik. Číslo 1/2021 bylo dáno do tisku 11. 1. 2021.

Sovak is issued by the Water Supply and Sewerage Association of the Czech Republic (SOVAK CR), Novotného lávka 200/5, 110 00 Praha 1 (IČO: 6045 6116; DIČ: CZ60456116). Publisher Mgr. Pavel Fučík, Čs. armády 488, 254 01 Jílové u Prahy, e-mail: pfck@bon.cz. Design: SILVA Ltd, tel.: 737 836 825, e-mail: pfck@bon.cz. Printed by Studiopress, s. r. o. Magazin is registered by the Ministry of Culture under MK ČR E 6000, MIČ 47 520. All not ordered materials will not be returned. This journal is included in the list of peer reviewed periodicals without an impact factor published in the Czech Republic. Number 1/2021 was ordered to print 11. 1. 2021.

ISSN 1210–3039

Ceník předplatného a inzerce v časopisu Sovak v roce 2021

Předplatné

Roční předplatné pro tuzemské odběratele je 800,- Kč, zahraniční předplatné je 890,- Kč. Prodejní cena jednoho výtisku je 70,- Kč (dvojičíslo 140,- Kč).

Ceník inzerce

Plošná inzerce na obálce:

provedení	celá stránka	1/2 strany
1. strana (jen pro řádné členy SOVAK ČR)	10 000,-	
ostatní strany obálky	22 000,-	•• 11 000,-
reklamní návrh		32 000,-



vodorovný



Plošná inzerce uvnitř časopisu (časopis vychází na křídovém papíru s plnobarevným tiskem):

provedení	celá stránka	1/2 strany	1/3 strany	1/4 strany	1/6 strany	chlopeň 70 mm	chlopeň 100 mm
plnobarevná	20 000,-	• 10 000,-	• 7 000,-	• 5 000,-	• 3 000,-	17 000,-	25 000,-

Textová inzerce

pouze text	6 000,-	3 000,-
text a grafika, černobíle	8 000,-	4 000,-
text a grafika plnobarevná	11 000,-	5 500,-

Při větším rozsahu se cena textové inzerce stanoví násobkem ceny za polovinu strany. Textová inzerce je zpracovávána stylem (písmo, úprava stránky) a metodou standardního článku. Požadavkům inzerenta na umístění grafiky na stránce lze vyhovět jen v omezeném rozsahu – podle možnosti a zásad sloupcového zlomu. K textu lze doplnit logo inzerenta.

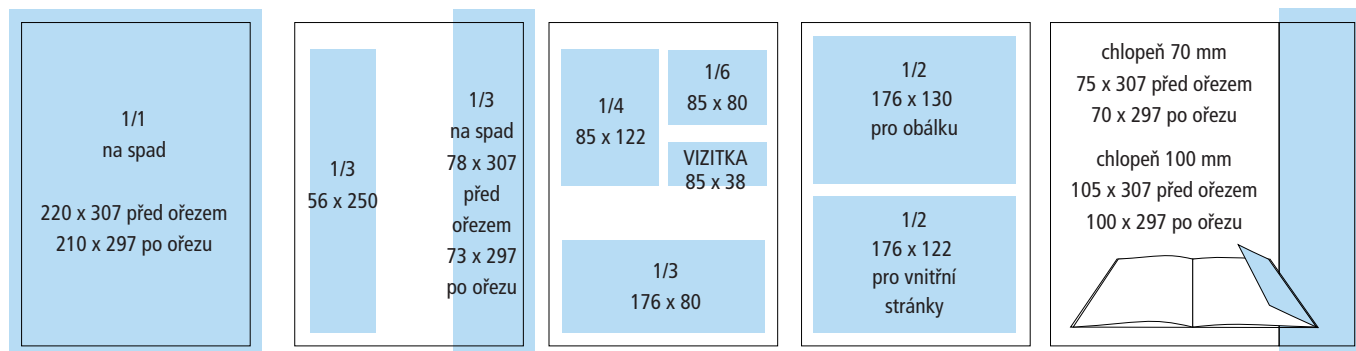
Vizitky

černobílá	1 200,-	jde o cenu za uveřejnění vizitky třikrát po sobě
plnobarevná	3 000,-	jde o cenu za uveřejnění vizitky třikrát po sobě

•• pouze po předchozí konzultaci • takto označené formáty pouze na zrcadlo (viz následující schéma), s výjimkou 1/3 strany ve svislém provedení
Odlišné řešení nutno dohodnout předem.

Všechny uvedené ceny jsou v Kč a bez DPH. Ceny inzerce (mimo vizitkové) se rozumí za jedno uveřejnění inzerátu či inzertního článku. Při čtvrtém uveřejnění je poskytována sleva 25 % (prvá tři uveřejnění se fakturují v plné ceně, čtvrté je zdarma). Počet uveřejnění je nutno sjednat předem, sleva neplatí pro vizitkovou inzerci.

Inzerent – řádný nebo přidružený člen SOVAK ČR, který si objedná plošnou inzerci od formátu 1/2 strany výše, má ve stejném čísle nárok na shodnou velikost plochy zdarma také pro svoji textovou prezentaci. **Inzerenti – členové SOVAK ČR** – mohou inzerovat formou plnobarevné vizitky za cenu černobíle.



Reklamní návrh: slepený papírový proužek, navlečený na časopis ve vodorovném nebo svislém směru, s reklamním potiskem na přední i zadní straně. Přípravu podkladů je třeba vždy předem konzultovat.

Inzertní chlopeň: otevírací rozšíření levé nebo pravé stránky časopisu. Je nutno vždy využít její líc i rub. Lze ji spojit s jinou plošnou inzercí nebo inzertním článkem na dané stránce. U takových řešení se stanoví cena dohodou. Přípravu podkladů je třeba vždy předem konzultovat. Redakce si vyhrazuje právo regulovat množství této inzerce v jednom čísle časopisu.

Distribuce reklamních letáků a prospektů: vkládají se jako volná příloha časopisu. Nejvyšší přípustná váha přílohy je 70 g. Redakce si vyhrazuje právo regulovat rozsah a množství volných příloh časopisu. Maximální přípustný rozměr přílohy je formát A4, doporučený maximální rozměr je 205 x 292 mm. Cena za distribuci činí u přílohy do 10 g 12 000,- Kč, od 11 g do 40 g 19 000,- Kč a od 41 g do 70 g 30 000,- Kč.

Adresa pro objednávky: redakce časopisu Sovak, Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1, tel.: 221 082 628, e-mail: redakce@sovak.cz

Podklady přebírá a technické konzultace poskytuje: studio Silva, s. r. o., tel.: 737 836 825, e-mail: pfck@bon.cz

Upozornění – důležité pro fakturaci

Pokud je pro váš účetní systém důležité, aby objednávka byla vystavena jmenovitě na fakturujícího dodavatele, adresujte objednávku přímo vydavatelství, které předplatné a inzerci fakturuje:
Mgr. Pavel Fučík, vydavatelství a nakladatelství, Čs. armády 488, 254 01 Jilové u Prahy, IČO: 4756 7601, DIČ: CZ430327489
Takto upravenou objednávku zašlete redakci i přímo vydavatelství na e-mail: pfck@bon.cz

2021 ZRUŠENO



VODOVODY-KANALIZACE

**Z důvodu epidemiologické situace
v České republice představenstvo
SOVAK ČR rozhodlo svým usnesením**

o zrušení

**VODOHOSPODÁŘSKÉ VÝSTAVY
VODOVODY-KANALIZACE v roce 2021.**

www.vystava-vod-ka.cz

Pořadatel a odborný garant:



Organizátor:

