

# PŘÍČINY ZAKOLMATOVÁNÍ FILTRAČNÍCH POLÍ A ZPŮSOBY JEHO SNÍŽENÍ

Jan Šálek<sup>6</sup>, Eva Hyánková<sup>7</sup>

## Abstrakt

Príspevek se zabývá kolmatací filtračních polí vegetačních kořenových čistíren odpadních vod. Zabývá se příčinami kolmatace, sledováním průběhu kolmatace v terénních i laboratorních podmínkách, vlivem kolmatace na účinnost čištění. Dále jsou rozebrány možnosti předcházení kolmatace, a to zejména zkvalitněním jednotlivých objektů mechanického předčištění a vylepšení jejich konstrukčních detailů.

## Úvod

K hlavním činitelům, ovlivňujícím čisticí proces v zemních (půdních) filtrech, patří složení odpadních vod, fyzikální vlastnosti filtračního prostředí (textura, zrnitostní složení, pórovitost aj.), hydraulické vlastnosti filtračního prostředí (hydraulická vodivost v nasyceném a nenasyceném půdním prostředí, průběh filtrace, doba zdržení, stupeň nasycení porézního prostředí), klimatické podmínky (zejména teplota), dále biologické oživení filtračního lože a podobně.

Při čištění odpadních vod na zemních filtrech a ve filtračním prostředí vegetačních kořenových čistíren patří k důležitým činitelům negativně ovlivňujícím funkci a výsledný čisticí účinek zakolmatování porézního filtračního prostředí. Rozsah zakolmatování většinou rozhoduje o životnosti půdního filtru a potřebě regenerace filtračních materiálů, což významně ovlivňuje provozní náklady.

## Filtrační prostředí kořenových čistíren

Proudění odpadní vody v porézním filtračním prostředí probíhá převážně v nasyceném filtračním prostředí. S nenasyceným filtračním prostředím se setkáváme u některých filtrů s vertikálním prouděním, impulsních systémů plnění a prázdnění aj.

Jako filtrační materiál zemních (půdních) filtrů mohou být použity tyto materiály:

- tříděné přírodní (říční) kamenivo a drčené lomové kamenivo;
- tříděný minerální filtrační materiál s upravenými sorpčními vlastnostmi;
- umělé filtrační materiály s přesně definovatelnými vlastnostmi.

Při výběru vhodného filtračního materiálu se sleduje zrnitostní složení, struktura a textura zrn, vodotělnost, mrazuvzdornost, obsah jemných vyplavitelných prachových příměsí, chemické složení, zejména obsah železa a manganu, sorpční vlastnosti, hydraulická vodivost, pórovitost, měrná a objemová hmotnost, dostupnost kameniva, cena, transportní vzdálenost a také náchylnost k zakolmatování.

---

<sup>6</sup> Prof. Ing. Jan Šálek, CSc., Vránová 96, 621 00 Brno, tel. 544 525 632, e-mail: [salek.j@centrum.cz](mailto:salek.j@centrum.cz)

<sup>7</sup> Ing. Eva Hyánková, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Veveří 95, 602 00 Brno, tel. 541 147 778, e-mail: [hyankova.e@fce.vutbr.cz](mailto:hyankova.e@fce.vutbr.cz)

## Příčiny kolmatace porézního filtračního prostředí

Kolmataci porézního filtračního prostředí způsobují minerální a organické částice obsažené v přitékající mechanicky předčištěné odpadní vodě. Ty jsou poté poutány v porézním filtračním prostředí. Určité množství kalu a organominerálních částic, které tvoří tenký film na povrchu částic filtru, je ale nezbytné, protože jsou prostředím pro život mikroorganismů zajišťujících rozkladný proces.

Teoreticky lze příčiny kolmatace rozdělit do tří skupin (Winter a Goetz, 2001):

- mechanické příčiny, spočívající v postupném zakolmatování suspendovanými látkami obsaženými v přitékající vodě,
- chemické příčiny, jejichž zdrojem je vytváření vloček a následné zakolmatování ;
- biologické příčiny, kdy se v důsledku příznivých podmínek tj. nadbytku nutrietů vytváří příliš velké množství mikrobiální biomasy.

Příčinou kolmatace u zařízení připojených na jednotnou stokovou síť jsou:

- odtoky ze znečištěného odvodňovaného prostředí projevující se ve vysoké koncentraci smyvů odtékajících do stokové sítě;
- značný obsah sedimentů, které se nárazově uvolňují z neudržovaných stok, zejména při odtoku vod z přivalových srážek;
- sufoze minerálních částic spoji do nekvalitně provedené stoky;
- nevhodně řešené dešťové oddělovače (odlehčovací komory), propouštějící neúnosně vysoké průtoky odpadních vod na mechanický stupeň čištění, který je značně přetížen a nezvládá je.

U oddílné stokové sítě jsou příčinou kolmatace:

- nárazový odtok velkého množství organické hmoty, především tuků a olejů;
- sufóze minerálních částic do nekvalitně provedené stoky;
- vniknutí povrchových smyvů do splaškové kanalizace;

Příčiny kolmatace způsobené nekvalitním mechanickým stupněm čištění:

- nekvalitní, nebo neudržovaný lapák písku u jednotné stokové sítě;
- absence lapáku tuků a olejů;
- konstrukčně chybná, nedostatečně funkční, provozně neudržovaná usazovací nádrž;
- krátká doba sedimentace, při níž dochází k odtoku jemných minerálních a většiny nerozpuštěných organických látek
- únik vzplývavého kalu z konstrukčně nevhodného řešení usazovací nádrže;

Příčiny kolmatace vyplývající z filtračního prostředí:

- nevhodný filtrační materiál, příliš jemný, s nízkou mrazuvzdorností, hrubý apod.;
- jednostranně přetěžovaný v důsledku chybného rozdělování přítoku;
- příliš zhutněný mechanizačními prostředky;

Příčiny biologické kolmatace:

- řasami a sinicemi z předřazené biologické nádrže;
- řasami, sinicemi a vyšší mokřadní vegetací z rozdělovacího příkopu;

- ucpávání pórů filtračního prostředí přebujelým kořenovým systémem doprovodné vyšší vegetace a nežádoucím plevelem.

Důsledkem těchto nedostatků je postupná kolmatace filtračního prostředí, jehož negativní důsledky je možné demonstrovat na obr. 1, 2 a 3.



**Obr. 1 Silně zakolmatovaná vtoková část filtračního pole vegetační kořenové čistírny**



**Obr.2 Silně zakolmatovaný filtrační materiál vegetační kořenové čistírny**



Obr. 3 Kolmatace filtračního prostředí odumřelou vegetací z rozdělovacího příkopu

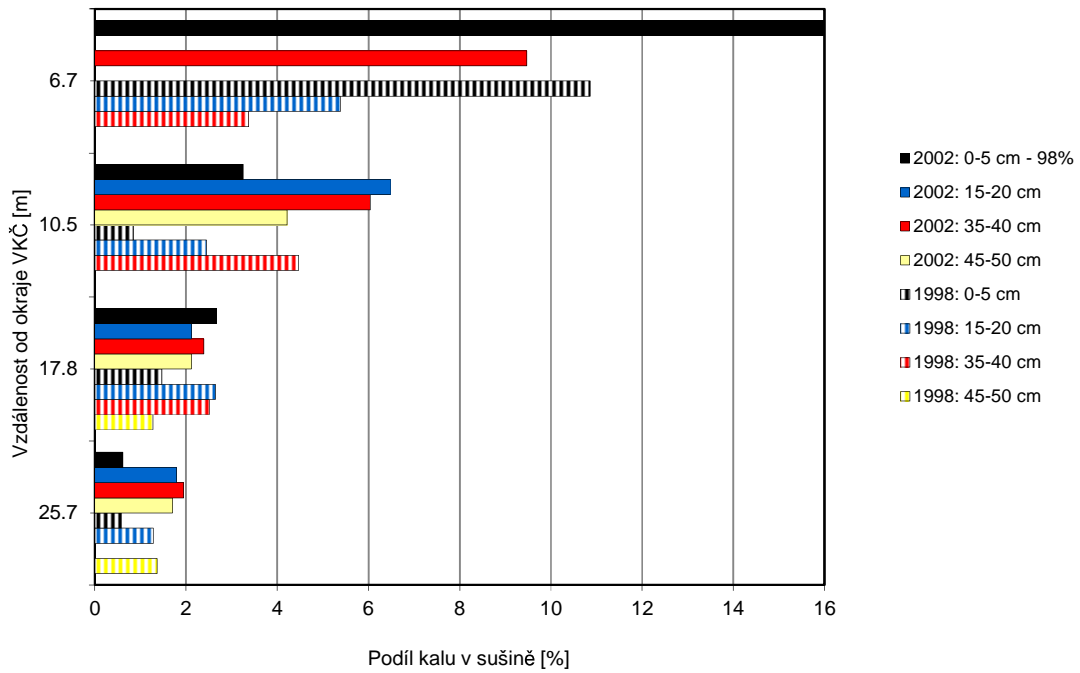
Na procesu totálního zakolmatování porézního filtračního prostředí kořenové čistírny, znázorněného na obr. 1 a 2, se podílely v podstatě všechny výše uvedené příčiny, zejména pak zcela nevhodně navržený velkoobjemový septik. Částečné zakolmatování filtračního prostředí se projevuje snížením hodnoty hydraulické vodivosti, negativním ovlivněním procesu filtrace a snížením čistícího účinku vegetační kořenové čistírny; někdy končí i úplným znepůchodněním.

### Sledování průběhu kolmatace

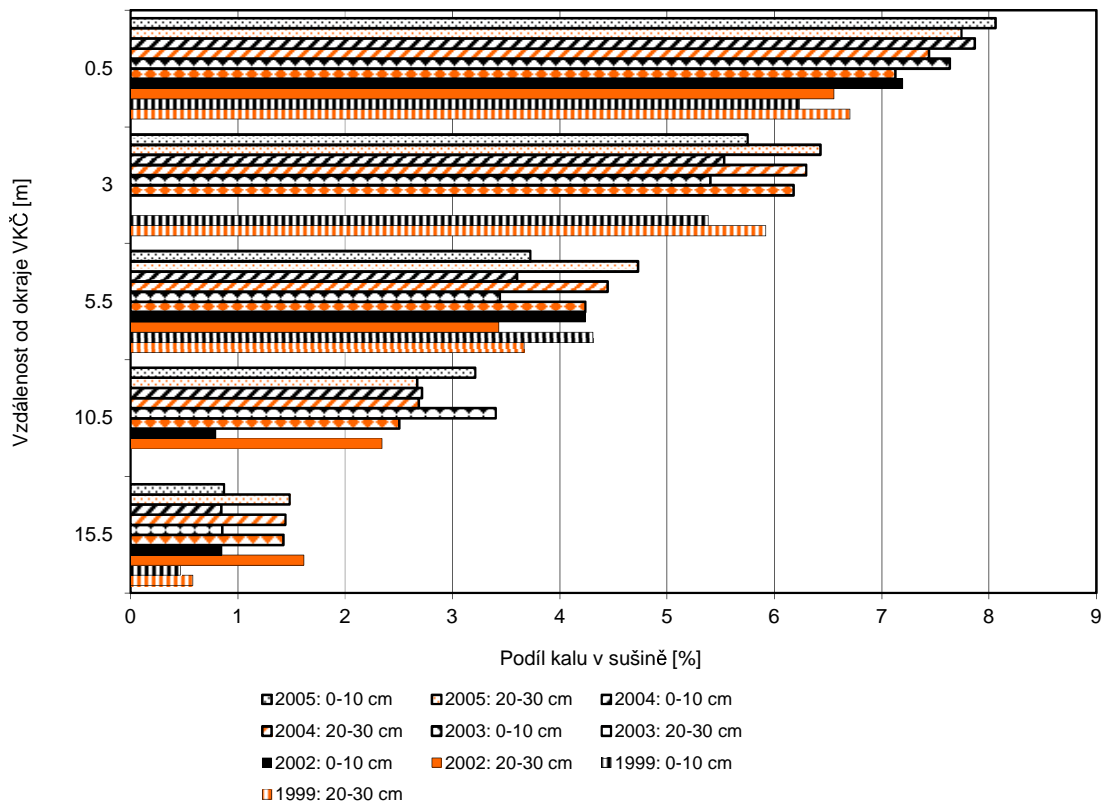
Metody a příčiny kolmatace porézního filtračního prostředí byly stanovené v terénních a laboratorních podmínkách. V terénních podmínkách se pozornost zaměřila na šetření filtračních vlastností a rozsahu kolmatace u vybudovaných a provozovaných zemních filtrů vegetačních kořenových čistíren v Osové Bítýšce, Němčičkách, Havlíčkově Borové, Rudíkově a Dražovicích.

#### Terénní průzkum

Terénní kolmatace byla sledována na výše uvedených vybraných vegetačních kořenových čistírnách. Spočívala v odběru narušených a nenarušených vzorků filtračního materiálu po předchozím snížení hladiny ve filtračním poli, měřením průběhu hladiny v revizních sondách umístěných ve směru proudění odpadní vody. Stanovení průběhu infiltrace metodou sousých válců a zjišťování rychlosti proudění pomocí chemických indikátorů nebylo úspěšné. Množství kalu v jednotlivých hloubkách a vzdálenostech od vtoku do filtračního prostředí se stanovilo vyplavováním kalu z odebraných vzorků v laboratorních podmínkách. Šetření byla realizována v rámci projektu MSM 261100006 "Výzkum čistících procesů ve vodním, půdním a mokřadním prostředí", výsledky jsou i součástí disertační práce - Hyánková (2005). Zde jsou pro příklad uvedeny souhrnné grafy z VKČ Němčičky a Rudíkov, kde byla šetření prováděna po nejdelsí dobu - viz obr. 4 a 5.



Obr. 4 Znárodnění zvyšování podílu kalu v sušině – VKČ Němčičky



Obr. 5 Znárodnění zvyšování podílu kalu v sušině – VKČ Rudíkov



### Laboratorní a poloprovozní způsoby stanovení průběhu kolmatace

Laboratorní sledování průběhu kolmatace umožňuje získat v krátké době řadu výsledků. Takto získané poznatky umožňují posoudit řadu alternativních případů, dosažené výsledky jsou přibližné, protože je obtížné navodit stejné podmínky, které jsou na konkrétních filtračních zařízeních. Příklad jednoduchého testovacího filtračního zařízení na stanovení průběhu a rozsahu kolmatace ve vertikálním směru je znázorněn na obr. 6.



Obr.6 Uspořádání testovacích zařízení na sledování průběhu kolmatace

V prvním případě bylo použito umělé, přesně definovatelné testovací prostředí, kterým byly skleněné kuličky. Ve druhém případě se jedná o konkrétní filtrační prostředí z tříděného kameniva. Testovací tekutinou je buď znečištěná odpadní voda, nebo ve vodě rozmixovaná zemina (bentonit) známého zrnitostního složení a množství v jednotce objemu. Tyto tekutiny se umísťují do nádrže vybavené průběžně pracujícím míchacím zařízením, zabraňujícím sedimentaci suspendovaných látek. Konstantní přítok testovací tekutiny zajišťuje dávkovací čerpadlo s možností plynulé regulace.

Na podobném principu pracuje testovací zařízení určené pro stanovení průběhu kolmatace při proudění v horizontálním směru – obr. 7.



Obr.7 Testovací zařízení na sledování průběhu kolmatace při horizontálním proudění

Testovací zařízení byla vyvinuta v rámci řešení projektu MSM 261100006, vybrané výsledky šetření jsou opět uvedené v disertační práci Hyánkové (2005) a jiných publikacích.

## Opatření eliminující negativní průběh kolmatace

Opatření, kterými je možné snížit, minimalizovat až odstranit kolmataci filtračního prostředí půdních filtrů, jsou rozdělena do skupin, odpovídajících v předchozí části uvedeným příčinám kolmatace.

### Opatření na snížení kolmatace na jednotné stokové síti

Opatření na snížení kolmatace u zařízení, připojených na jednotnou stokovou síť, spočívají:

- ve výrazném snížení množství smyvů nečistot odtékajících do stokové sítě zvýšením úklidu komunikací, zamezení vzniku erozních jevů v intravilánu a návrhem opatření na zamezení přítoku znečištěných vod z extravilánu;
- v pravidelné údržbě stokové sítě a odstraňování sedimentů;
- v zodpovědném návrhu dešťových oddělovačů (odlehčovacích komor), k dispozici je řada propracovaných objektů, které uvádějí Hlavínek-Mičín-Prax(2001) a široká škála nabídek regulačních zařízení, umožňujících přesné nastavení přítoku na čistírnu;
- v odůvodněných případech se doporučuje navrhnout odstředivé odlučovače (vírové separátory) na stokové síti (viz Metodický pokyn 1996).

U oddílné stokové sítě negativní vlivy vytvářející podmínky pro vznik kolmatace jsou podstatně menší, než u jednotné stokové sítě; spočívají v kvalitní údržbě stokové sítě a v zamezení vniknutí znečištěných povrchových vod do splaškové kanalizace.

### Opatření na zkvalitnění předčištění

Problematika nedostatků spojená s předčištěním odpadních vod před přírodními způsoby čištění podrobně zpracovali Rozkošný-Křiška-Šálek (2010), kteří uvádějí podrobné výsledky sledování na vybraných provozních zařízeních na Moravě a částečně v kraji Vysočina.

Odstranění nedostatků na mechanickém stupni čištění odpadních vod jsou odlišné u malých producentů, obvykle samostatně stojících objektů a skupinových producentů, obvykle obcí.

#### a) Septiky

U malých producentů odpadních vod předčištění zajišťují nefunkční klasické septiky. Tato zařízení jsou málo účinná, nezbytné je jejich nahrazení biologickými septiky, které jsou doplněné dalšími náležitostmi:

- soustavou norných stěn, zamezujících únik vzplývavého kalu;
- jednoduchým lapákem tuků a síťovým košem na zachycení hrubších nečistot, případně i předřazením vhodného drtiče;
- dostatečně velkým kalovým prostorem zajišťujícím stabilizaci kalu;
- v nezbytném případě zařazením vyrovnávací nádrže, která zajistí rovnoměrný průtok;
- pravidelným odkalením a vyřešením kalového hospodářství.

Doba zdržení odpadní vody v biologickém septiku musí zajistit poutání převážné části usaditelných látek, navrhuje se individuálně podle složení surové odpadní vody.

### b) Hrubé mechanické čištění odpadních vod

Hrubé mechanické čištění odpadních vod tvoří česle, lapák písku a lapák tuku, výjimečně lapák šterku.

Česle jsou určeny k zachycení splavenin, převážně se navrhují česle s roztečí 0,015 až 0,020 m, převážně s ručním odstraňováním splavenin. Doporučuje se:

- navrhovat u větších zařízení (nad 300 EO) automaticky stírané jemné česle resp. síta;
- zabezpečit jejich dostatečnou průtočnou kapacitu i při současném ucpání splaveninami;
- maximální průtočná rychlost by se měla pohybovat do  $0.8$  až  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Lapák písku je určen k zachycování minerálních částic písku. Navrhují se s horizontálním a vertikálním průtokem a odstředivé (vírové). Největším problémem je zajištění návrhové rychlosti proudění, která je následující:

- u horizontálních lapáků písku  $0,25$  až  $0,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (zachytí částice od  $0,1$  do  $0,3 \text{ mm}$ );
- u vertikálních lapáků písku se navrhuje vzestupná rychlost menší, než sedimentační rychlost částic, které se mají zachytit (maximální povrchové zatížení je  $120 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  na  $1\text{m}^2$ ).

Vzhledem k značnému rozkolísání průtoku na přítoku do čistírny, stávající realizovaná konstrukční uspořádání tomuto požadavku nevyhovují a vyžadují konstrukční úpravy, které spočívají v kombinaci vhodné odlehčovací komory na jednotné stokové síti a regulačního zařízení u lapáku písku. Rovněž je problematické ruční vyklízení sedimentačních prostor lapáku písku. Účelným řešením je použití mamutek na stlačený vzduch, který se před vlastním čerpáním použije k vyplavení organických sedimentů.

U splaškové (oddílné) kanalizace se lapáky písku převážně nenavrhují.

Lapák tuků a olejů je určen zachycení tuků, olejů, derivátů ropy. U většiny tato zařízení chybí, jejich absence se nepříznivě podílí na kolmataci filtračního prostředí. Považuje se za nezbytné:

- navrhovat alespoň jednoduchý lapák tuků a olejů, který tvoří soustava norných clon s ručním vyklízením;
- při vyšším obsahu tuků a olejů používat flotační mikrobublíkové lapáky.

### c) Usazovací nádrže (primární)

Usazovací nádrže jsou nejdůležitější součástí mechanického stupně čištění odpadních vod a ve většině případů rozhodují o rozsahu zakolmatování a životnosti filtračního materiálu. Usazovací nádrže se dělí podle druhu proudění na horizontální, vertikální a radiální; podle uspořádání prismatické (železobetonové, plastové aj.), zemní, s kalovým prostorem apod. Většina projektantů navrhuje dobu zdržení v usazovacích nádržích v souladu s ČSN 75 6401 dvě hodiny, která při odtocích srážkových vod na jednotné stokové síti je výrazně nižší. V tab. 1 jsou uvedené střední hodnoty specifického znečištění za usazovacími nádržemi v závislosti na době zdržení.



**Tab. 1. Hodnoty specifického znečištění v g.obyv<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup> za usazovacími nádržemi při průtoku Qv podle střední doby zdržení v usazovacích nádržích podle ČSN 75 6401**

Ukazatel	Specifické znečištění (g.obyv <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> ) pro střední dobu zdržení v usazovacích nádržích při průtoku Qv		
	od 0,5 do 1,0 hod	od 1,0 do 1,5 hod	nad 1,5 hod
BSK <sub>5</sub>	50	45	40
CHSK	100	90	80
Nerozpuštěné látky	30	27	23
Dusík celkový	10	10	10
Fosfor celkový	2,3	2,3	2,3

Hodnoty platí, není-li uvažován přívod kalové vody před primární sedimentací.

Z údajů uvedených v tab. 1 vyplývá, že při návrhu doby zdržení v rozmezí 0,5 až 1,5 hodiny, tato doba nestačí k zachycení 30 až 23 % suspendovaných látek, které se posléze podílejí na kolmataci filtračních polí. Řada chybně navržených odlehčovacích komor zvýšeným průtokem zkracuje dobu zdržení na řádově na minuty, což vyvolává proces rychlé kolmatace, uvedené v obr. 1 až 3.

Málo projektantů při návrhu usazovacích nádrží vychází ze znalosti sedimentačních rychlostí a stanovení průběhu sedimentace. Orientační hodnoty sedimentačních rychlostí  $w$  (cm.s<sup>-1</sup>) minerálních částic o průměru  $d$  (mm), měrné hmotnosti 2,26 g.cm<sup>-3</sup> a teplotě vody 20°C jsou uvedené v tab. 2.

Přesnější údaje sedimentačních rychlostí suspendovaných látek pro konkrétní odtoky ve stokové síti se stanoví přímým šetřením např. pomocí pipetovací analýzy.

**Tab.2 Orientační hodnoty sedimentačních rychlostí  $w$  (cm.s<sup>-1</sup>) minerálních zemitých částic v závislosti na jejich průměru  $d$  (mm)**

d	w	d	w	d	w
(mm)	(cm.s <sup>-1</sup> )	(mm)	(cm.s <sup>-1</sup> )	(mm)	(cm.s <sup>-1</sup> )
0,01	0,0064	0,15	1,49	0,8	8,76
0,03	0,0597	0,20	2,04	1,0	11,00
0,05	0,1600	0,40	4,29	1,5	16,60
0,08	0,424	0,60	6,52	2,0	19,00
0,10	0,663	0,80	8,76	5,0	30,00

Hodnoty usazovacích rychlostí minerálních částic jednoznačně prokazují, že doba zdržení v usazovací nádrži 2 hodiny je zcela nedostatečná k zachycení prachových a jílnatých částic, které jsou hlavní příčinou kolmatace.

V naší praxi před přírodními způsoby čištění, jsou používány tři typy usazovacích nádrží:

- šterbinové nádrže s kalovým prostorem;
- podélné usazovací nádrže typu KMN;
- zemní usazovací nádrže.

V rámci šetření realizovaných ve spolupráci s Výzkumným ústavem vodohospodářským v Brně, Šálek-Rozkošný-Křiška (2008) uskutečnili průzkum kořenových čistíren odpadních vod v moravských krajích a části kraje Vysočina, výsledky šetření prokazují nízkou účinnost všech výše uvedených typů usazovacích nádrží. Stručné shrnutí poznatkům následuje.

Štěrbínové nádrže: V praxi se nejčastěji před přírodními způsoby čištění zařazují štěrbínové nádrže. Tyto tvoří je dva prostory - horní usazovací a dolní vyhnivací. Oba prostory jsou od sebe odděleny štěrbínou. K zabezpečení plynulé funkce je třeba štěrbínové nádrže doplnit:

- úpravou vtoků odpadní vody do sedimentačního prostoru, aby nedocházelo ke zkratovým proudům;
- doplněním o nornou stěnu na zachycení tuků a olejů (pokud se nenavrhne samostatný lapák tuku);
- zakrytím nádrží, aby se minimalizovalo zarůstání hladiny usazovací nádrže řasami, které, mimo jiné ucpávají výtokové otvory v rozdělovacím potrubí a způsobují biologickou kolmataci.
- zhotovením dolní část usazovacího prostoru z plastů, aby se na šikmých hladkých stěnách nezachycovaly nečistoty;
- zajistit pravidelnou údržbu a kontrolu funkce.

Obtížně řešitelná je u štěrbínových nádrží možnost prodloužení sedimentační doby.

Kombinovaná usazovací nádrž typu KMN s oddělenými, po bocích umístěnými vyhnivacími (stabilizačními) prostory se neosvědčila, usazovací prostor se obtížně odkaluje a vyhnivací kalové prostory se nedají dostatečně vyprázdnit, vzlínavý kal odtéká do filtračních polí. Výsledky realizovaných průzkumů prokazují neuspokojivou funkci, nedoporučuje se tato zařízení dále navrhovat.

Zemní usazovací nádrže bez usměrňovacích staveb, s nepravidelným vyklížením, postrádající norné stěny zabraňující úniku vzplývavého kalu, se ve stávající úpravě nedoporučují a čistící účinek jednotlivých nádrží je nízký. Sedimentační proces v těchto nádržích je ovlivňován řadou negativních faktorů, které spočívají:

- nerovnoměrností proudění, vznikem zkratových proudů, nutnost návrhu usměrňovačů;
- vzplýváním a únikem (odtokem) plovoucího kalu, který je možné omezit nornými stěnami;
- zakrytím usazovacích nádrží při delších dobách zdržení;
- obtížným vyklížením kalu (pokud je pouze jedna nádrž, není možný střídavý provoz).

Zařízení tohoto typu vyžadují celkové konstrukční přepracování a odzkoušení v praxi.

Návrh podstatně upravených usazovacích nádrží a doprovodných zařízení bude předmětem dalšího referátu.

## **Závěr**

V předloženém referátu jsou velmi stručnou formou uvedené výsledky z výzkumu příčin kolmatace, heslovitě jsou navržena opatření, která vedou k jejímu výraznému snížení. Podrobné výsledky šetření jsou uvedené v citované literatuře.

Odstranění hlavních příčin kolmatace, resp. jejich významné zmenšení, má značný ekonomický význam. Projeví se nejen ve zvýšení čistícího účinku filtračních zařízení, ale i v podstatném prodloužení jejich životnosti.

## Literatura

- HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P.: *Příručka stokování a čištění odpadních vod* (2001), Noel 2000, Brno, 251 s.
- HYÁNKOVÁ, E.: *Vlastnosti filtračního prostředí pro přírodní způsoby čištění odpadních vod* (2005), ÚVHK FAST VUT, Brno, 150 s. Disertační práce.
- KRIŠKA DUNAJSKÝ, M.: *Výzkum vlastností filtračních materiálů pro zemní filtry a vegetační čističky* (2011), ÚVHK FAST VUT, Brno, 140 s., příl. 104 s. Disertační práce.
- Metodický pokyn. *Navrhování a provoz vírových separátorů dešťových vod na jednotné stokové síti* (1996), ČSVTS, Praha, 46 s.
- ROZKOŠNÝ, M.: *Hodnocení účinnosti vegetačních kořenových čistíren a návrhy na zlepšení jejich funkce* (2008), ÚVHK FAST VUT, Brno, 137 s., 12 příloh. Disertační práce
- ROZKOŠNÝ, M., KRIŠKA, M., ŠÁLEK, J.: *Možnosti využití přírodních způsobů čištění odpadních vod a posouzení vlivu předčištění* (2010), Vodní hospodářství, č. 5, s. 116-121
- ŠÁLEK, J., ROZKOŠNÝ, M., KRIŠKA, M.: *Poznatky z průzkumu kořenových čistíren odpadních vod v moravských krajích a části kraje Vysočina* (2008), Brno, 37s., přílohy č. 1-4, 86 s.
- ŠÁLEK, J., MALÝ, M.: *Výzkum čisticího účinku půdy a kolmace půdního profilu při filtraci odpadních vod a kalů* (1980), FAST VUT, Brno, 78 s. Výzkumná zpráva.
- ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M., PÍREK, O., PLOTĚNÝ, K., ROZKOŠNÝ, M., ŽÁKOVÁ, Z.: *Voda v domě a na chatě* (2012), Grada Publishing a.s., Praha, 144 s.
- ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V.: *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod* (2006), ČKAIT, Praha, 283 s.
- ŠÁLEK, J., ŽÁKOVÁ, Z., HRNČÍŘ, P.: *Přírodní čištění a využívání vody* (2008), ERA, Brno, 115 s.
- WINTER, K. J., GOETZ, D.: *Kolmation in Bewachsenen Bodenfiltern.* (2001), 53. Wasser u. Boden, č. 3, s. 19-22