

NOVÉ METODY OPTIMALIZACE DOSAZOVACÍCH NÁDRŽÍ

Jaroslav Pollert¹, Ondřej Švanda²

Abstract

The omnipresent trend of reducing pollution which is pushed by the legislation and effort to minimize operating costs is of course apparent also in the waste water industry. One of the key facilities that strongly influences the waste water treatment plant (WWTP) overall efficiency are the secondary settling tanks (SST). The aim of this paper is to propose a methodology that enables to evaluate, design and improve tanks efficiency based on modern tools such as camera recordings, multitracker probes, computational fluid dynamics and patented construction modification.

Úvod

Dosazovací nádrže (DN) představují důležitý prvek v kaskádě čištění odpadních vod z hlediska přínosu k celkové účinnosti ČOV. Dobré sedimentační vlastnosti kalu v DN jsou klíčové pro plnění limitů koncentrace nerozpuštěných látek na odtoku do recipientu, umožňují úspory v nákladech dávkování koagulantů, flokulantů a další chemie a zároveň umožňují převádět bez problémů dešťové průtoky bez významného vlivu na účinnost separace. Vzhledem ke komplexnosti návrhu DN, kdy roli hraje nejenom hydrodynamika, ale také především biologické a chemické vlastnosti kalu, které se navíc v čase mění a jsou různé pro každou ČOV, je velmi obtížné pomocí standardních metod navrhnout účinnou konstrukci nádrží.

Cílem tohoto článku je představit návrh metodiky, která umožňuje posoudit a navrhnout opatření ke zlepšení sedimentace kalu s pomocí moderních nástrojů jako jsou kamerové zkoušky, multitrackery, computational fluid dynamics (CFD) a stavební úpravy chráněné průmyslovým vzorem.

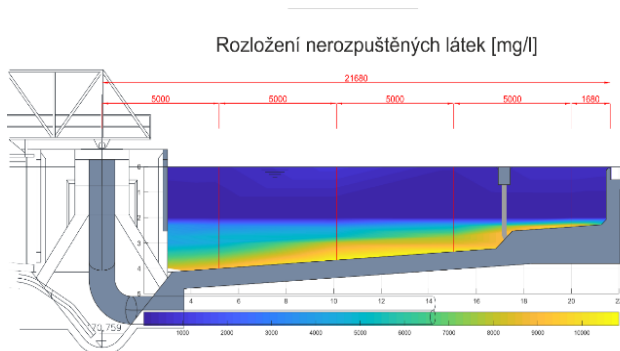
Posouzení stávajícího stavu dosazovacích nádrže

Prvním krokem k úspěšnému návrhu rekonstrukce DN a zvýšení její účinnosti je zjištění stávajícího stavu během provozu. Je důležité zjistit nejenom reálnou schopnost separace kalu, ale detailně prostudovat hydrodynamické chování kalu v nádrži, jeho vločkování, vytváření kalového mraku a odtahu kalu. Všechny tyto vlastnosti nádrží je důležité sledovat v reálném provozu nejen pro bezdeštné, ale především pro dešťové průtoky, které jsou z hlediska separace kalu nejproblematictější a často při nich dochází k překročení limitů nerozpuštěných látek na odtoku do recipientu. Z těchto důvodů je pro správné posouzení stávajícího stavu DN důležité získat co nejvíce informací jak kvantitativních, tak kvalitativních.

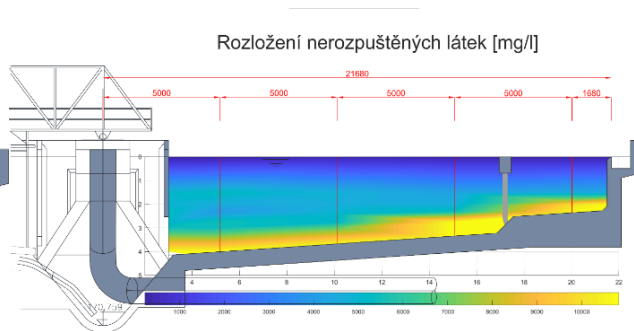
První krok vyvinuté metodiky spočívá ve zjištění koncentrace nerozpuštěných látek (NL) v nádrži pomocí sondování v radiální ose. K tomu je použito zařízení Multitracker. Následným automatizovaným zpracováním dat v Matlabu je možné zobrazit reálné rozložení koncentrací NL v nádrži. Samotné měření trvá v řádu minut, a proto skutečně vystihuje okamžitý stav nádrže. Toto měření je nutné provést jak pro dešťové, tak bezdeštné průtoky. Výstup rozložení NL pro DN1 na pražské ÚČOV je vidět na Obr. 1 a 2.

¹ prof. Ing. Jaroslav Pollert, Ph.D., Optiflow Solutions s.r.o., 603 843 321, pollert@optiflow.cz

² Ing. Ondřej Švanda, Optiflow Solutions s.r.o., 603 253 093, svanda@optiflow.cz



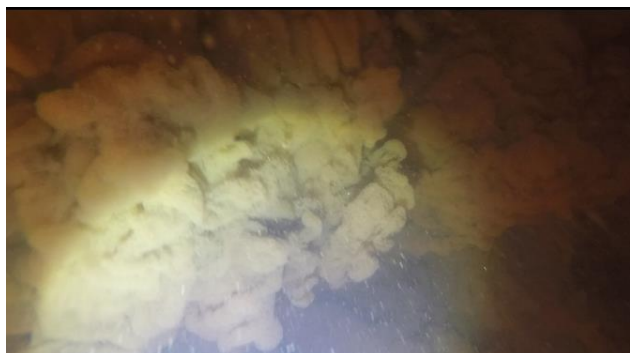
Obr. 1 – měření NL - bezdeštné období



Obr. 2 – Měření NL - dešťový průtok

Zde je vidět skutečná koncentrace nerozpuštěných látek v nádrži. Z koncentrací pro dešťový průtok je patrné, že kal dobře nesedimentuje, je ve vznosu a tím pádem se dostává do recipientu.

Dalším krokem screeningu je kamerová zkouška, pro kterou byl sestaven aparát vhodný pro ponoření do kalové vody. Díky kamerové zkoušce je možné odhalit nadměrné zavíření kalu na výtoku z nátokového objektu, charakter kalového mraku a typy kalových vloček. Tyto informace potom poskytují bezprecedentní možnost odhalení problému v samotné konstrukci DN, jako například nevhodné či nedostatečné umístění otvorů mezi flokulační zónou a sedimentační zónou.



Obr. 3 - Zavíření kalu při výtoku z flokulační zóny



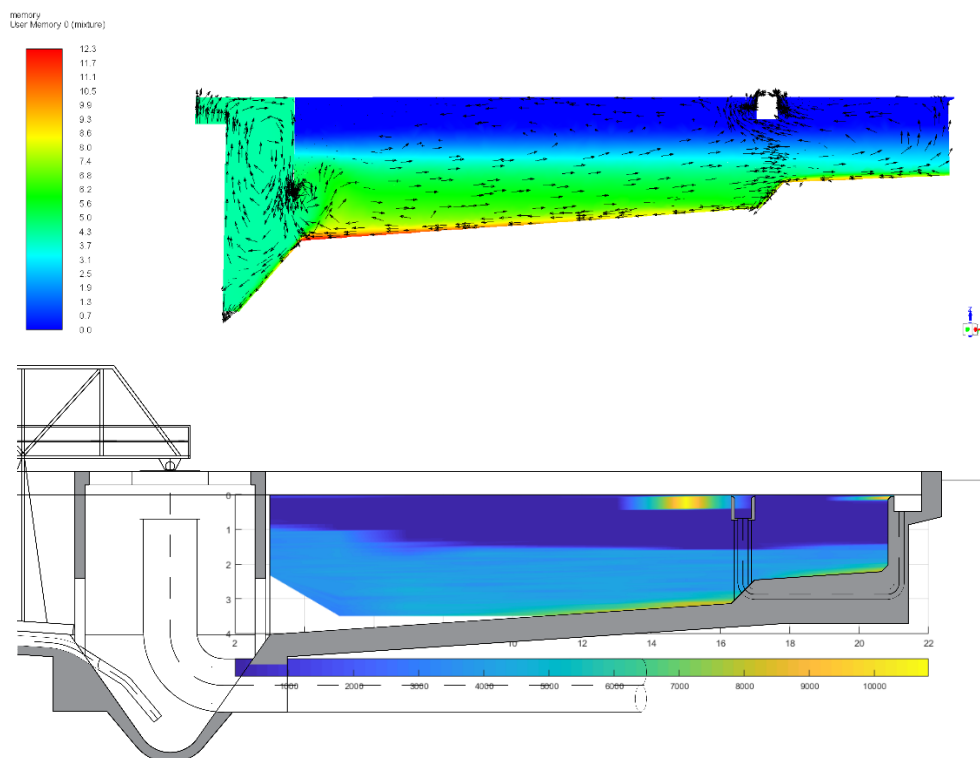
Obr. 4 – Kamerový aparát

Vzhledem k faktu, že složení, a tedy i chování kalu je specifické pro každou ČOV, je nezbytné provést laboratorní rozbor jeho vlastností, které mají zásadní vliv na rychlost sedimentace. Těmito parametry jsou koncentrace nerozpuštěných látek ovlivňují svým nelineárním charakterem viskozitu, typ vloček, doba zdržení v nádrži a fáze sedimentace (flokulace, zónová sedimentace, kompresní sedimentace). Je jasné, že například dobu zdržení kalu v nádrži, nebo fázi sedimentace není možné určit pomocí měření na rozdíl od viskozity, koncentrace nerozpuštěných látek, teploty apod. Z tohoto důvodu byl vyvinut numerický 3D CFD model, který simuluje chování kalu v nádrži. Tento model byl vyvinut jako nadstavba používaného komerčního řešiče Ansys Fluent na základě rozsáhlého experimentálního měření v rozsahu dvou let a je použitelný pro jakoukoliv dosazovací nádrž, kdy je vždy kalibrován na konkrétní typ kalu na dané ČOV. Toho bylo dosaženo pomocí databázového zpracování měřených dat, kdy všechna data z měřících kampaní byla propojena do vzájemných relací a bylo tedy možné sledovat závislosti jednotlivých parametrů kalu a jejich vlivu na celkovou rychlost sedimentace.

Numerický CFD model je validován na základě dat z multitrackeru a kamerových záznamů, kdy je patrná velmi dobrá shoda mezi modelem a měřením (Obr. 5).

Návrh opatření ke zvýšení účinnosti dosazovacích nádrží

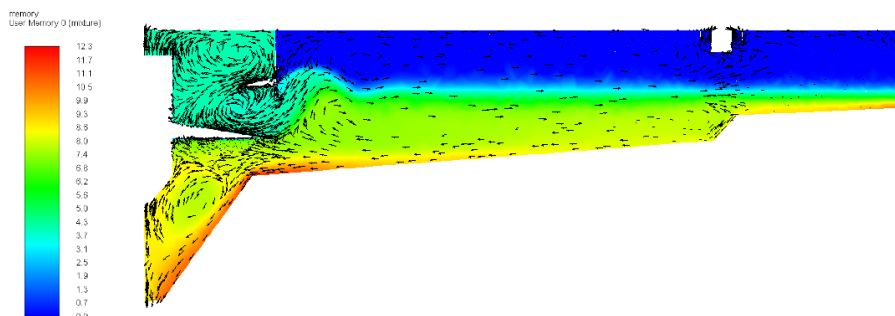
Ve chvíli, kdy je CFD validován na konkrétní DN, je možné přejít k analýze a identifikovat potenciální problémy způsobující neefektivní sedimentaci kalu. Jak je patrné z Obr. 5, přitékající aktivovaná směs svým proudem dolů brání odtahu kalu a naopak jej vrací zpět do nádrže. To vytváří „kopec“ nahromaděného kalu za nátokovým objektem, což potvrzuje jak měření rozložení kalového mraku tak matematický model (Obr. 5), i kamerová prohlídka.

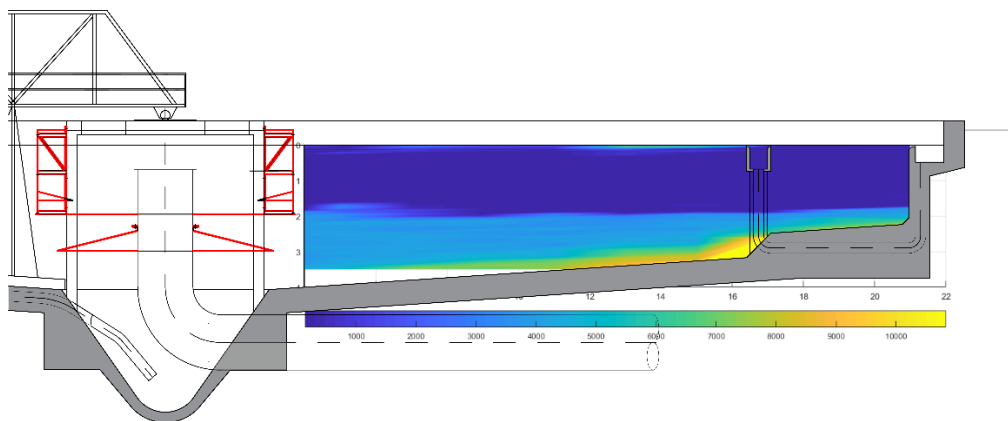


Obr. 5 – Porovnání matematického modelu (nahore) a měření NL (dole) pro nevyhovující stávající stav - dešťový průtok

V tomto případě je vhodné změnit konstrukční uspořádání nátokového objektu tak, aby po nátku měl kal dostatečný čas pro flokulaci a vhodně usměrnit jeho nátok do sedimentační zóny nádrže tak, aby nedocházelo ke vznosu kalového mraku.

V případě ÚČOV byl aplikován registrovaný průmyslový vzor nátokového objektu spočívající v umístění přepadové hrany a kšiltu, díky kterému je kal vhodně usměrňován, což zaručuje výrazně lepší převedení dešťových průtoků bez zásadního vlivu na zvýšení koncentrací nerozpuštěných látek na výstupu do recipientu viz Obr. 6 červeně.

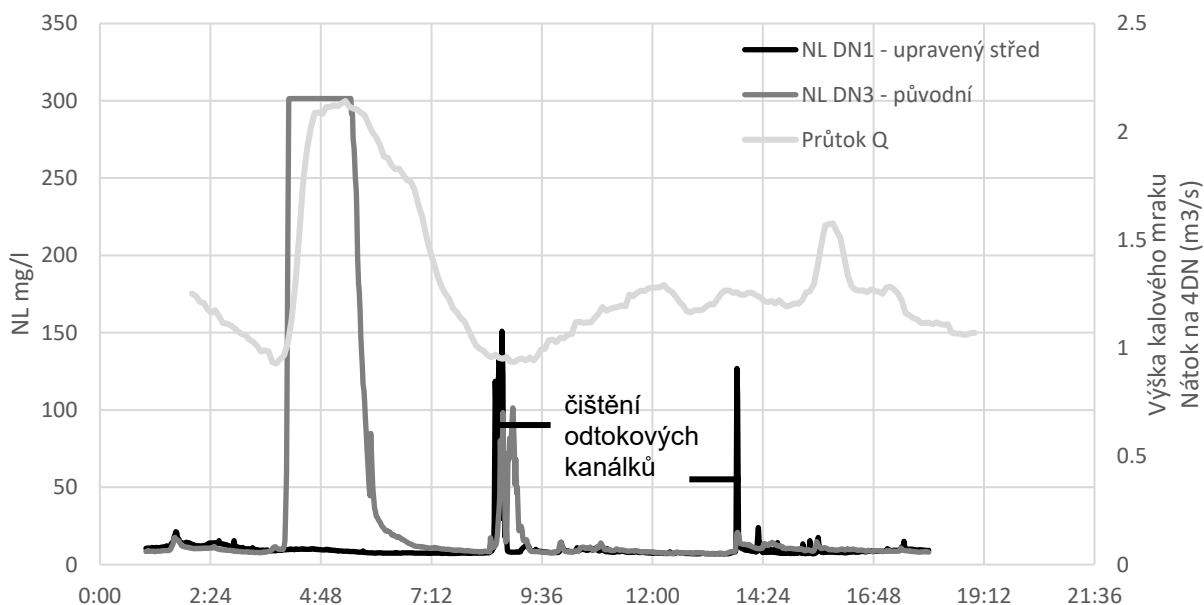




Obr. 6 – Návrh nového nátokového objektu (červeně) a porovnání numerického modelu s měřením

Na základě návrhu byly provedeny konstrukční změny nátokového objektu DN a následně byly porovnány jak dešťové průtoky před a po. Ty jsou znázorněny v Grafu 1, kde je patrné, že pro původní stav (NL DN3) docházelo k nárůstu koncentrace NL na odtoku přes hranici 300 mg/l (limit měřicích přístrojů). Po optimalizaci nádrže (NL DN1) je patrné zásadní snížení koncentrace NL na odtoku na hodnoty pod 10 mg/l a bezproblémové převedení dešťového průtoku (čas 3:00-7:00).

Graf 1 – Porovnání koncentrace NL pro dešťový průtok před a po optimalizaci



Závěr

Byla představena metodika posouzení a následného návrhu opatření vedoucí k zásadnímu zlepšení účinnosti DN pomocí moderních metod kamerových zkoušek, koncentrační sondy a numerického CFD modelování. Na základě těchto metod byl detailně zhodnocen stávající stav case study na pražské ÚČOV a byly identifikovány problémy vedoucí ke špatné sedimentaci. Na tomto základě byly navrženy konstrukční úpravy nátokového objektu, které vedly k výraznému snížení koncentrace NL na odtoku pod emisní limity.