

ONLINE METÓDY ZISŤOVANIA KONTAMINÁCIE ZDROJOV SUROVEJ VODY A PITNEJ VODY V DISTRIBUČNÝCH SIEŤACH Z HĽADISKA BEZPEČNOSTI VODY

Ing. Marián Studenič¹⁾, Ing. Alena Trančíková¹⁾, Ing. Miroslav Zezula²⁾

¹⁾BVS a.s., Bratislava, ²⁾ECM ECO Monitoring a.s., Bratislava

Abstrakt

S rastúcim počtom potrebných zdrojov surovej vody a s rozširujúcim sa rozsahom distribučných sietí rastie početnosť porúch spôsobených nežiadúcou kontamináciou vody. Včasná a spoľahlivá detekcia nežiadúcej kontaminácie vody sa stáva kľúčovou v súbore opatrení na zníženie dôsledkov kontaminácie pre spotrebiteľa pitnej vody.

Prednáška sumarizuje skúsenosti s využitím moderných metód zisťovania možnej kontaminácie zdrojov surovej vody a tiež distribučných sietí pitnej vody v zahraničí. Pojednáva najmä o využití online spektrometrických systémov, ktoré okrem bežne meraných parametrov chemického resp. organického znečistenia poskytujú aj súbor tzv. spektrálnych alarmov poskytujúcich rýchlu informáciu o možnom toxickom znečistení vody a umožňujú tak rýchly zásah prevádzkovateľa siete. Miniaturizácia týchto systémov umožňuje aj ich inštaláciu priamo do potrubia v distribučnej sieti. Nemenej zaujímavou je skupina online systémov na zisťovanie toxického znečistenia vody na báze biologických organizmov (*Vibriofischeri*), *E.Coli* a koliformných baktérií a rias. Kombináciou týchto systémov je možné dosiahnuť vysoký stupeň ochrany vodných zdrojov a distribučných sietí.

Niektoré z diskutovaných metód našli uplatnenie aj v podmienkach vodného hospodárstva na Slovensku a v Českej republike. Systémy prevádzkované v podmienkach BVS a.s. v Bratislave a v PVK a.s. v Prahe ukazujú možnosti úspešnej aplikácie moderných metód aj v našich podmienkach. Inštalácie kontinuálnych systémov detekcie nežiadúceho znečistenia sa ukázali ako zdroj cenných informácií pre bezpečnú prevádzku systémov dodávky pitnej vody a korešpondujú s rozvojom predbežných opatrení v rámci havarijného managementu.

Abstract

With the increasing number of necessary raw water sources and expanding the range of distribution networks is increasing the frequency of disorders caused by unwanted contamination of water. Early and reliable detection of unwanted contamination of water is the key to the set of measures to alleviate the contamination of drinking water to consumers.

The lecture summarizes the experience of using modern methods to detect possible contamination of raw water sources as well as drinking water distribution network abroad. It discusses in particular the use of online spectrometric systems which will commonly measured parameters or chemical or organic pollution provide also a file of spectral alarm that provide quick information about possible toxic water pollution and allow rapid operator intervention. Miniaturization of these systems also allows them to

be installed directly in the pipeline distribution network. Equally interesting is a group of online systems to detect toxic pollution of water based on biological organisms (*Vibrio fischeri*), *E. coli* and coliform bacteria and algae. By combining these systems, it is possible to achieve a high level of protection of water resources and distribution networks.

Some of the discussed methods find use in conditions of water management in Slovakia and the Czech Republic. Systems operated in conditions BVS a.s. Bratislava and PVK a.s. Prague show examples of successful application of modern methods in our conditions. Installation of continuous detection systems of unwanted contamination proved a source of valuable information for the safe operation of water supply system and correspond to the development of provisional measures in the framework of emergency management.

Klíčové slová: monitoring kvality vody, UV-VIS spektrometer, on-line biomonitor, luminiscenčné baktérie, analyzátor toxicity vody, varovný monitorovací systém kvality vody, bezpečnosť pitnej vody

Keywords : water quality monitoring, UV-VIS spectrometer, on-line biomonitor, luminescent bacteria, water toxicity analyser, water quality warning monitoring system, drinking water security

Mnohé významné mestá sa spoliehajú na monitorovacie systémy pitnej vody v reálnom čase. Jedným z najvýznamnejších dodávateľov takýchto systémov je spoločnosť s::can Messtechnik GmbH. z Rakúska, globálny líder vo vývoji a výrobe optických senzorov s možnosťou inštalácie priamo do potrubia a detekčného softvéru na vyhodnotenie nežiadúcich udalostí. Monitorovacie systémy s::can sú jednoduché na inštaláciu a prevádzkovanie. Môžu byť inštalované v priebehu iba 30 minút aj priamo do potrubia a to bez prerušenia prevádzky, Použitá optická technológia merania poskytuje najpresnejšie meranie a je zároveň extrémne spoľahlivá a stabilná v priebehu času. Keďže systémy s::can sú veľmi citlivé na detekciu akejkoľvek kontaminácie vody v reálnom čase, sú predovšetkým vhodné pre bezpečnostné systémy poskytujúce rýchlu odozvu.

Viac ako 7 000 monitorovacích systémov s::can, založených na UV spektrometrii už bolo dodaných do celého sveta. Z toho niekoľko stoviek bolo inštalovaných za účelom monitoringu kvality pitnej vody v distribučných sieťach.

V USA bol rozvoj trhu motivovaný aplikáciami zameranými na bezpečnosť pitnej vody, systémy obsahujú celý rozsah senzorov, meraných parametrov a detekčného softvéru udalostí.

Typické systémy pozostávajú z 5 až 30 monitorovacích staníc, telemetrického systému resp. systému na zber dát a centrálného dátového systému. Takéto systémy boli dodané do vodárenských spoločností a miest ako NewYork, Philadelphia, Dallas, Arlington, Glendale, San Francisco, Cincinnati, MWRA/Boston, Phoenix, Tucson, Portland, Palm Beach, Akron, Fort Worth, Fairfax County, American Water a tiež mnohých menších miest.

Americká environmentálna agentúra US-EPA testovala systémy s::can a odporúča vo svojej oficiálnej správe použitie spektrometrickej sondy s::can spectro::lyser a s::can detekčného softvéru udalostí pre monitoring sietí, V súčasnosti je v USA inštalovaných

niekoľko stoviek staníc v distribučných sieťach pitnej vody a v bezpečnostných aplikáciách.

V Európe sú typické aplikácie zamerané na riadenie a zabezpečenie kvality pitnej vody od zdroja až po spotrebiteľa a tiež pre podporu efektívnej a spoľahlivej prevádzky distribučných sietí. Systémy s::can boli dodané do vodárenských spoločností a miest Viedeň, Madrid / Canal

Isabel II, Barcelona, Zurich, Paríž, Bratislava, Praha, Vitens a Waternet Holandsko, Stockholm a mnohých ďalších.

Medzi hlavné prednosti systémov patria: žiadny spotrebný materiál, nízke nároky na údržbu, najnižšie náklady na vlastníctvo



Obr.1. Typická zostava monitorovacej stanice s UV-VIS spektrometrom

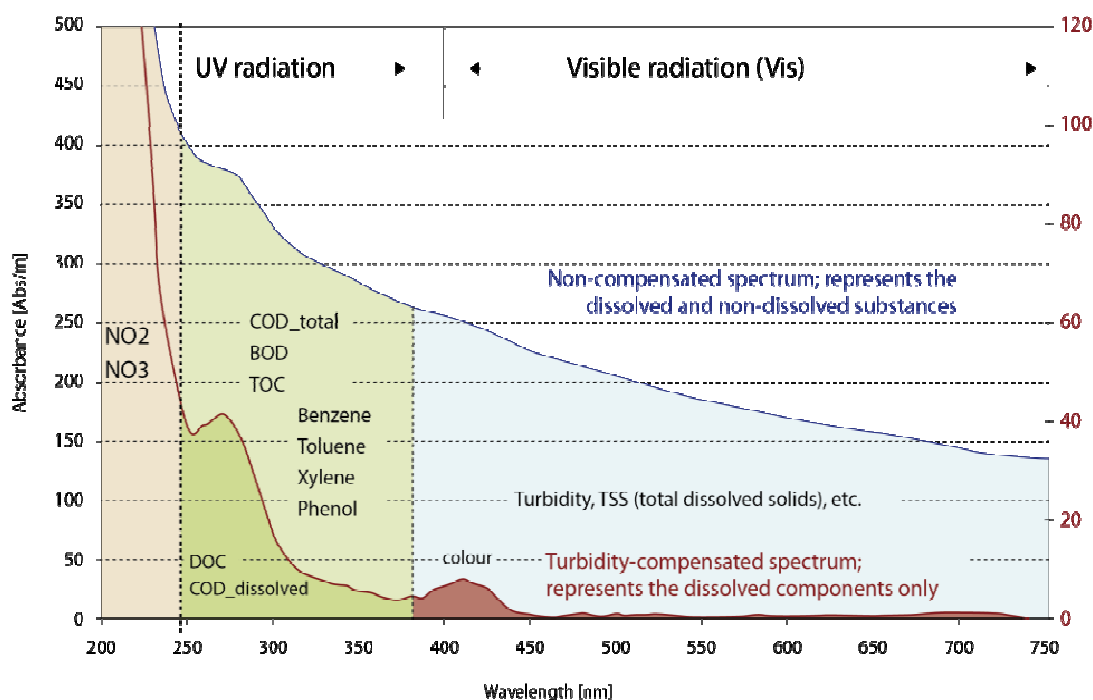
Princíp merania a kalibrácia spektrometrickej sondy s::can spectro::lyser

Sonda spectro::lyser detekuje pri každom meraní absorbanciu zapríčinenú meraným médiom na rôznych vlnových dĺžkach. Tieto takzvané fingerprinty (odtlačky prstov) sú merané v rozsahu od 220 do 750 nm. Použitím tzv. "Globálnej kalibrácie" sú z nameraných fingerprintov vypočítavané koncentrácie rôznych parametrov (napr. NO₃-N, CHSK, TOC).

„Globálne kalibrácie“ sú štandardné spektrálne algorytmy dostupné pre špecifické podmienky v typických aplikáciách (napr. komunálna odpadová voda, riečna voda, pitná voda). Vďaka týmto globálnym kalibráciám je monitorovací systém s::can schopný merania bez prípravy.

Použitím tzv. "Lokálnej kalibrácie" môžu byť v prípade potreby konkrétne parametre adaptované na aktuálnu kompozíciu vody. Lokálna kalibrácia môže byť vykonaná priamo na každej riadiacej jednotke s::can a to bez demontáže systému alebo nutnosti použiť štandardné roztoky. Je potrebné iba vložiť výsledky laboratórnej analýzy pred spustením automatického výpočtu novej lokálnej kalibrácie. Na rozdiel od iných meracích systémov, kvalita a presnosť lokálnej kalibrácie môže byť overená priamo pri kalibrácii a zrejme chybné hodnoty môžu byť vyňaté.

Databázu každej s::can kalibrácie tvoria výsledky konvenčných laboratórnych analýz a absorpčných spektier získaných pri meraní sondy spectro::lyser. Pretože porovnávacie analýzy sú robené v laboratóriu, je nutné odobratie náhodných vzoriek vody. Meranie fingerprintov je vykonávané priamo v procese (on-line a in-situ). Z tohoto dôvodu kvalitu kalibrácie ovplyvňuje nielen odchýlka zapríčinená použitím rôznych metód ale tiež celková chyba vzorkovania (homogenita média, biochemické reakcie v čase medzi vzorkovaním a analýzou). Na základe laboratórnych výsledkov sa v priebehu skúšobnej doby systému vykonávajú lokálne kalibrácie meraných parametrov.

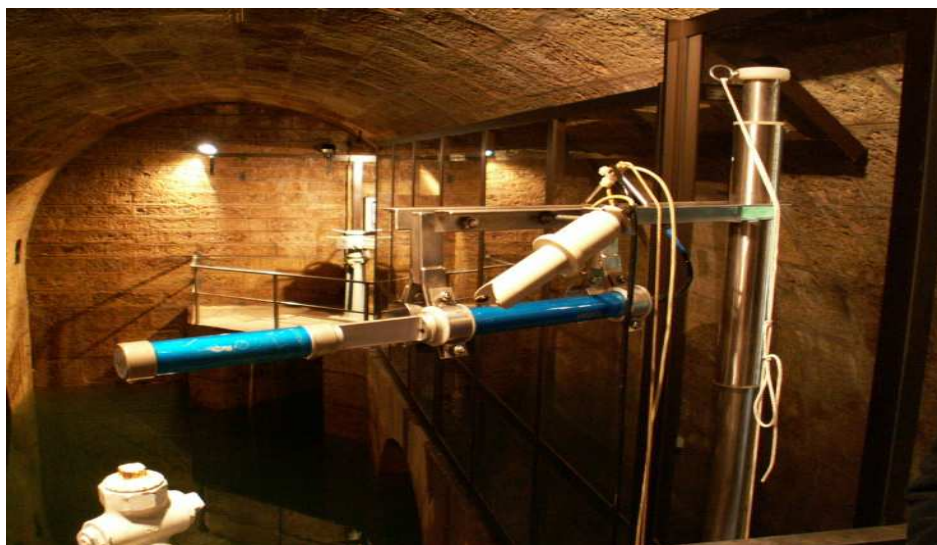


Obr. 2. Princíp merania – merané spektrum

Meracia stanica s::can micro::station je vybavená softvérom ana::tool. Tento softvér umožňuje vytvorenie alarmových parametrov založených buď na meraných hodnotách, alebo na meraných absorpčných spektrách (fingerprintoch)

Na základe požiadavky zákazníka je možné vytvoriť spektrálne alarmové parametre, napr.:

- Pesticídy (terbuthylazin)
- Saxitoxín (nervovoparalytické látky)
- PCB (uhlíkovodíky)



Obr. 3. Inštalácia spektrometrickej sondy v prameňovej komore vodného zdroja

Všetky spektrálne alarmové parametre potrebujú tréningovú fázu za účelom zistenia a zapamätania typického tvaru a dynamiky absorpčných kriviek matrice neznečistenej vody. Tréning spektrálnych parametrov slúži na zachytenie všetkých prirodzených fluktuácií matrice vody a nastavenie alarmovej úrovne vyvolanej mimoriadnymi stavmi v kvalite vody. Akonáhle jeden z nastavených parametrov prekročí limitnú hodnotu, je automaticky spustený alarm pre daný parameter.

Záujem o online monitory kvality vody sa v poslednom období stále zvyšuje, pretože rastie dopyt po rýchlom kontinuálnom monitoringu. Táto požiadavka viedla k uvedeniu nových typov monitorov, ktoré sú schopné poskytnúť výsledky v (takmer) reálnom čase. Tieto môžu byť použité pri kontinuálnom monitoringu kvality povrchových vôd, ako aj pre ochranu pitnej vody proti úmyselnej kontaminácii. Kombináciou komplementárnych systémov do jednej integrovanej monitorovacej platformy sa môže vysoko zvýšiť použiteľnosť zariadení na monitoring v reálnom čase. Takouto kombináciou môže byť informácia získaná z chemickej analytickej metódy a tzv. efektového monitora – biomonitora. Zatiaľ čo chemický analytický systém identifikuje a kvantifikuje špecifické látky kontaminujúce vodu, biomonitoring dáva indikáciu celkovej kvality vody, vrátane efektov neznámych toxických látok.

Takáto kombinácia sa osvedčila pri použití prístroja TOXcontrol biologického monitora toxicity s použitím luminiscenčných baktérií a UV-VIS spektrometra s::can na hodnotenie bezpečnosti pitnej vody. Táto kombinácia umožňuje verifikáciu alarmových signálov z jedného prístroja druhým prístrojom redukujúc tak počet falošných alarmov. Experimenty boli vykonané na skúškach v laboratóriu ako aj v reálnej prevádzke. Výsledky preukázali, že kombináciou UV-VIS spektrometra a biomonitora toxicity je možné získať monitorovací systém s vysokou pridanou hodnotou, ktorý je schopný detekcie širokého rozsahu kontaminantov pri veľmi nízkych koncentráciách.

Ďalšie možnosti využitia biomonitorov poskytujú prístroje na on-line monitoring rias, baktérií a už zmieňované monitory toxicity.

On-line monitoring rias – ALGcontrol: princíp merania využíva fluorescenčnú excitáciu. To znamená, že keď molekuly chlorofylu absorbujú svetlo, časť absorbovanej energie je reemitovaná ako fluorescencia. Vzhľadom na fakt, že riasy rovnakej skupiny obsahujú podobné množstvo a kvalitu pigmentu, ich fluorescenčné excitačné spektrum (s fixnou emisnou vlnovou dĺžkou na 680nm) je zreteľné. Týmto spôsobom je možné rozlišovať skupiny rias na základe ich fluorescenčného excitačného spektra.

Monitoring baktérií – BACTcontrol: prístroj detekuje prítomnosť baktérií vo vode a môže byť použitý ako online monitor na skrining prítomnosti špecifických baktérií vo vode. Meranie je založené na enzymatickej reakcii, ktorá umožňuje baktérie zviditeľniť pre fluorescenčnú detekciu. Prístroj BACTcontrol môže byť použitý pre detekciu E.Coli, koliformných baktérií a celkovej bakteriologickej aktivity vo vode.

Monitoring toxicity – TOXcontrol: prístroj predstavuje unikátny systém pre online monitoring toxicity v odpadových vodách, povrchových vodách, pitnej aj procesnej vode. Princíp merania spočíva v použití aj v laboratórnej praxi známych baktérií *Vibriofischeri*.

Prístroj je možné použiť ako systém včasného varovania na zachytenie náhlych špičkových hodnôt chemických a iných toxických polutantov ako ťažkých kovov počas 30 minút. V prípade akejkoľvek udalosti je možné reagovať na znečistenie v priebehu minút, v porovnaní s rutinne meranými parametrami kde trvá hodiny, niekedy až dni, kým sa zaznamenajú zmeny v kvalite vody. Vďaka rýchlemu varovaniu je možné obmedziť potenciálne škody alebo zúžiť znečistenie do malej časti distribučnej siete.