

Online monitoring denitrifikácie v Ústrednej čistiarni odpadových vôd mesta Viedeň

[DI Franz Hofstädter, DI Andreas Weingartner, s::can Messtechnik GmbH, Viedeň](#)
[Ing. Miroslav Zezula, Ing. Michal Ružička, ECM ECO Monitoring a.s., Bratislava](#)

Kľúčové slová

odpadové vody – monitoring – [Online spektrometria - Overovanie jednotnosti a presnosti – nitrifikácia/denitrifikácia](#)

Úvod

Ústredná čistiareň odpadových vôd mesta Viedeň bola rozšírená v rokoch 2004 a 2005, pričom teraz je dimenzovaná pre 4 milióny obyvateľov a umožňuje vyčistiť 680,000 m³ odpadovej vody za deň. V tendri prevádzkovateľ čistiarne špecifikoval ako požadovanú metódu na meranie CHSK, dusičnanov a nerozpustných látok online spektrometriu. Spoločnosť s::can Messtechnik GmbH Viedeň obdržala objednávku na on-line prístroje ako subdodávateľ spoločnosti Siemens AG Rakúsko. Začiatkom roka 2005 bolo zakúpených 27 spektrometrických sond rôznych typov; väčšina z nich bola ihneď inštalovaných a uvedených do prevádzky. Výsledky skúšobného testu na “overenie jednotnosti a presnosti” v procese uvádzania do prevádzky preukázali vysokú spoľahlivosť, nízke prevádzkové náklady a výbornú presnosť inštalovaných meracích prístrojov spoločnosti s::can.

Ústredná čistiareň odpadových vôd mesta Viedeň

Predstupeň mechanického čistenia odpadovej vody zhromažďovanej vo viedenskej kanalizácii odstraňuje do 30 % organických znečistenia. V štyroch prevzdušňovacích nádržiach prvého stupňa aktivácie mikroorganizmy rozkladajú rozpustné, väčšinou organické znečisťujúce látky. 15 prevzdušňovacích nádrží druhého stupňa pozostáva z troch kaskád: Prvá kaskáda je tvorená neprevzdušňovanou denitrifikačnou nádržou, napojenou na dve nasledujúce obehové nádrže (kaskády 2 a 3), v ktorých prebieha simultánne nitrifikácia a denitrifikácia. Vyzrážanie fosforečnanov je pridávaním chloridu železitého do prevzdušňovacích nádrží. Sekundárne usadzovacie nádrže oddeľujú kal od odpadovej vody. Väčšia časť kalu sa vracia do prevzdušňovacích nádrží s cieľom zvýšiť koncentráciu mikroorganizmov a zabezpečiť stabilný proces rozkladu. Po sekundárnom čírení je vyčistená voda odvádzaná do Dunajského kanála.



Obr. 1: Ústredná čistiareň odpadových vôd mesta Viedeň

Počas silných dažďov alebo búrok sa musí rozšírená Ústredná viedenská ČOV vysporiadať s 1.6 miliónmi kubických metrov extrémne zriedenej odpadovej vody denne. Odpadová voda prejde cez čistiareň s celkovou plochou 40 hektárov za približne 20 hodín.

Tab.1: Údaje Ústrednej ČOV mesta Viedeň pred a po rozšírení

	Pred rozšírením	Po rozšírení
Počet obyvateľov (návrh)	2,5 milióna	4,0 milióna
Čistiaca kapacita (BSK5)	85 %	> 95 %
Denitrifikácia	žiadna legislatívna požiadavka	> 70 %
Priemerná zdržná doba <u>odpadovej</u> vody v čistiarni	približne 5 hodín	približne 20 hodín

Tab.2: Ústredná ČOV mesta Viedeň: Nová technológia čistenia

Kompresorová stanica	5 turbo kompresorov: 45,000 Nm ³ /h každý
Prečerpávacia stanica	14 čerpadiel: 2.6 m ³ /s až 2.7 m ³ /s každé
Distribučný systém	15 indukčných prietokomerov, DN 1200
Prevzdušňovacie nádrže	15 nádrží, celkový objem 171,000 m ³

Monitorovanie a riadenie procesu

Nový postup biologického čistenia predstavuje viacstupňový proces riadený inovatívnym online monitorovacím systémom. V dôsledku dva roky trvajúcej série testov v špeciálne skonštruovanej pilotnej prevádzke sú aplikované dva prevádzkové režimy (“bypassový proces” a “hybridný proces”).

Primárnym cieľom je riadiť proces čistenia odpadovej vody cenovo efektívne a s cieľom dosiahnuť čo najvyšší stupeň eliminácie znečisťujúcich látok. Z tohto dôvodu je ideálne, keď sú senzory regulujúce procesy nitrifikácie a denitrifikácie prevádzkované bez údržby a poruchy. Po 2 rokoch intenzívneho testovania boli spektrometrické sondy spoločnosti s::can vybrané ako najvhodnejšie, s oveľa lepšími výsledkami v porovnaní s konvenčnými UV sondami. Medzi hlavné výhody patrí možnosť merať niekoľko parametrov naraz s len jedným prístrojom a výrazne zreduková krížová citlivosť medzi meranými parametrami.

V januári 2005 bolo vykonané úvodné nastavenie s::can spoločnosťou Siemens AG Rakúsko ako hlavným dodávateľom prístrojového vybavenia, s podporou spoločnosti s::can Messtechnik GmbH ako subdodávateľom spektrometrických sond.

V súčasnosti používa Ústredná ČOV mesta Viedeň 27 s::can prístrojov (ide o typy nitro::lyser™, carbo::lyser™ a spectro::lyser™) s cieľom monitorovať prevzdušňovacie nádrže 1. a 2. stupňa (NOx-N a nerozpustné látky), ako aj vstup do ČOV (CHSK, NO3-N, nerozpustné látky). V prípade prevzdušňovacích nádrží 2. stupňa je proces denitrifikácie riadený v reálnom čase pomocou prístrojov nitro::lyser™ za účelom regulácie prevádzky čerpadiel recirkulujúcich aktívny kal z prevzdušňovacieho stupňa späť do stupňa denitrifikácie. Požiadavka na spustenie tejto veľkej, komplexnej a modernej čistiarne v rámci iba niekoľkých mesiacov bola veľmi úspešne splnená tímom miestnych operátorov a investorov.



Obr. 2: Prístroj s::can nitro::lyser™ inštalovaný na Ústrednej ČOV mesta Viedeň

“Overovanie jednotnosti a presnosti”

Po uplynutí približne 5 mesiacov kontinuálnej prevádzky bola úspešne zavŕšená prvá testovacia fáza procesu uvádzania všetkých s::can prístrojov do prevádzky bez akýchkoľvek problémov. V ďalšom kroku musel byť na mieste vykonaný testovací cyklus nazývaný “Overovanie jednotnosti a presnosti” s cieľom overiť špecifikované v tendri na výber meracích prístrojov. Pri tejto skúške bolo použitých osem prístrojov, pričom bola realizovaná tímom pozostávajúcim z expertov spoločností Siemens AG a s::can GmbH: Tri resp. päť prístrojov nitro::lyser™ muselo byť prevádzkovaných paralelne, monitorujúc proces nitrifikácie/denitrifikácie po dobu dvoch týždňov. Akýkoľvek, aj ten najmenší zásah do monitorovacieho systému bol zakázaný. Nebolo možné sa fyzicky dotýkať meracích prístrojov samotných, ani modifikovať nastavenia hardvéru a softvéru.

bolo pokonštruovať špeciálne montážne zariadenie s cieľom umiestniť niekoľko prístrojov nitro::lyser™ vedľa seba (viď. obr. 2). Ďalej muselo byť za týmto účelom nakonfigurované samostatné PLC: Okrem zaznamenávania a vizualizácie nameraných hodnôt museli byť vykonávané tiež online výpočty porovnávajúce namerané hodnoty vedľa seba umiestnených prístrojov.

Počas tohto obdobia obsluhujúci personál čistiarne aplikoval rozličné prevádzkové režimy s cieľom preveriť prevádzku prístroja za tých najnáročnejších prevádzkových podmienok. Vzorky boli odoberané na analýzu s využitím štandardných laboratórných metód externým autorizovaným laboratóriom. Cieľom bolo overiť stabilitu prístrojov, ako aj súlad, jednotnosť a presnosť ich nameraných hodnôt.

Presvedčivé výsledky

Časové rady ôsmich prístrojov s::can nitro::lyser™ boli ukončené bez akéhokoľvek prerušenia (tzn. žiadna prístrojová porucha), teda spoľahlivosť všetkých 8 prístrojov bola 100 %. Pri aplikácii automatického čistenia tlakovým vzduchom nebol pozorovaný žiaden náznak znečistenia optiky resp. drift prístroja.

V dôsledku meniacich sa prevádzkových podmienok sa niekoľkokrát zmenila štruktúra a zloženie kalu. Vďaka tomu, že s::can spektrometrické sondy používajú na kompenzáciu krížových citlivostí spektrálne algoritmy, neboli týmito ovplyvnené namerané hodnoty dusičnanov. Na mieste merania nebolo potrebné prístroje už nakalibrované vo výrobe ďalej kalibrovať (tzv. “globálna kalibrácia” pre prevzdušňovacie nádrže ČOV).

V protiklade s iným, zložitejším spektrometrickým analyzátorom iného výrobcu uvedeným v priebehu testov, rýchlosť a kvalita merania prístroja nitro::lyser™ nezávisí od sedimentačných vlastností kalu. Prístroj nitro::lyser™ meral hodnotu NO₃-N s presnosťou ±0,05 ppm každú jednu minútu, dokonca aj za podmienok plávajúceho kalu, kedy spomínaný spektrometrický prístroj neposkytoval vôbec žiadne koncentrácie NO₃, resp. len so značným oneskorením.

In opposition to another, more complicated spectrometer buoy recently introduced by another manufacturer, the speed and quality of the nitro::lyser™ measurement is independent of the settling properties of sludge. nitro::lyser™ read NO₃-N at +/- 0.05 ppm every single minute, even at floating sludge conditions when the said spectrometer buoy does not provide any NO₃ concentrations at all or only with great delay.

Keďže sa do prevzdušňovacích nádrží pridáva chlorid železitý, pričom niektoré prevádzkové podmienky si vyžadujú dávkovanie organických polymérov, mení sa zloženie odpadovej vody v priebehu niekoľkých hodín. Nedávno vyvinutý spektrálny algoritmus kompenzuje krížové citlivosti spôsobované oxidmi železa a/alebo polymérmi rozpustenými v odpadovej vode a/alebo ich vyžrážaním na optických povrchoch sond, čo sa úspešne preukázalo. Obe látky by spôsobovali neprijateľné interferencie pri konvenčných UV sondách používajúcich len jednu alebo dve vlnové dĺžky.

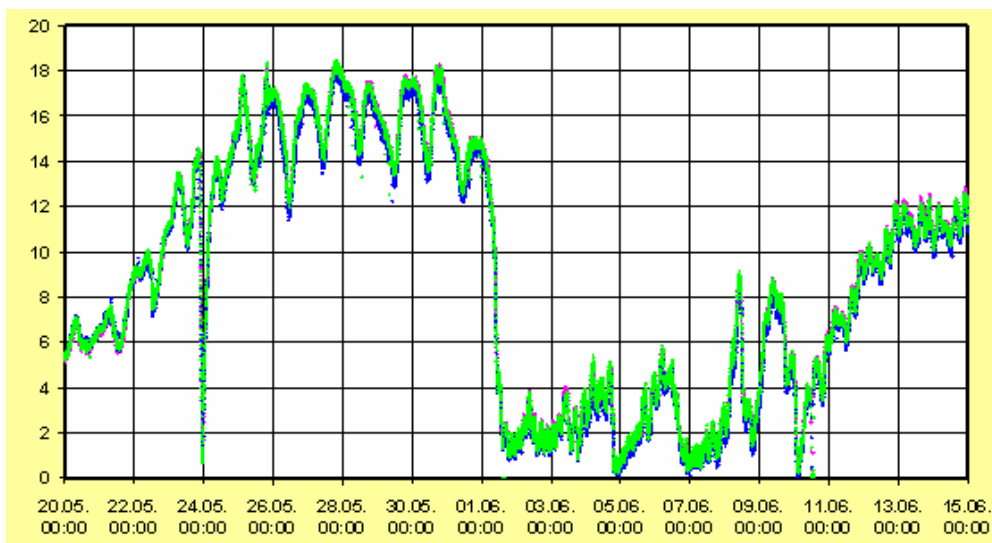
Online testy boli sprevádzané rozsiahlou chemickou analýzou vykonanou externým autorizovaným laboratóriom. Vzorky boli odoberaté z rôznych miest merania a na analýzu nerozpustných látok, NO₃-N, NO_x-N a CHSK boli použité štandardné laboratórne metódy. Tieto výsledky boli porovnané s online

výsledkami s::can prístrojov, pričom sa preukázalo, že detekované presnosti boli jednoznačne v rámci limitných hodnôt špecifikácie.

Výsledky z nitrifikácie

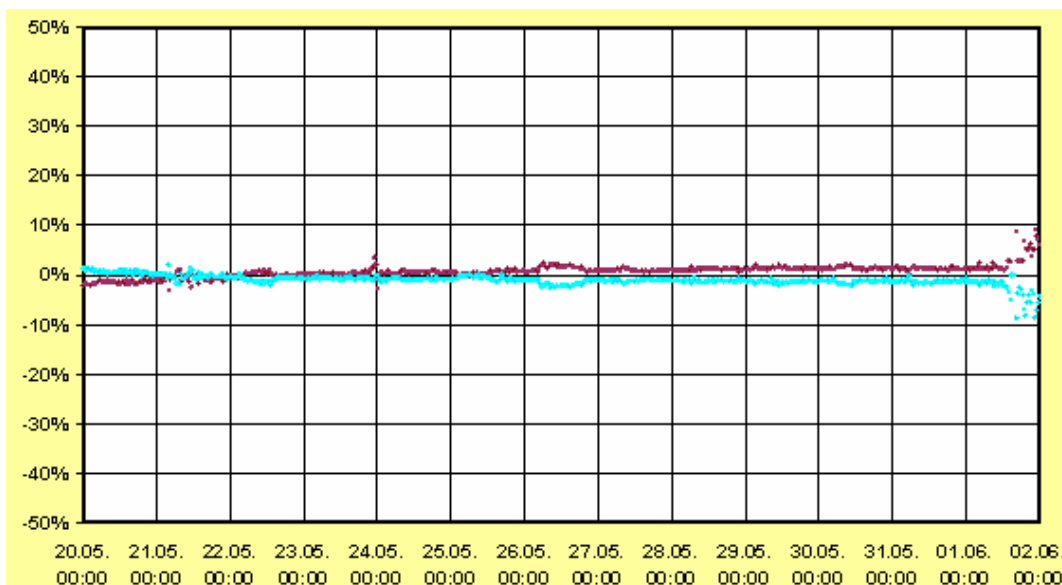
Časové rady znázornené na nasledujúcich obrázkoch boli monitorované inými prístrojmi s::can nitro::lyser™ umiestnenými vedľa seba, pričom namerané hodnoty jednej farby zodpovedajú jednému prístroju.

Časové rady troch prístrojov s::can nitro::lyser™ na obr. 3 vykazujú rovnaké hodnoty koncentrácie v takmer dokonalej zhode. Hodnoty pokrývajú rozsah približne 19 mg/l NO₃-Neq, teda zvolená dĺžka optickej dráhy 0,5 mm spĺňa požiadavky zákazníka na monitorovanie procesu nitrifikácie, a to dokonca aj pri veľmi vysokých koncentráciách nerozpustných látok. Náhle poklesy nameraných hodnôt v blízkosti 0 mg/l NO₃-Neq (1. a 3. jún) pôsobivo demonštrujú, že automatické čistiace zariadenie využívajúce tlakový vzduch úplne zabránilo znečisteniu optiky prístroja.



Obr. 3: Tri prístroje s::can nitro::lyser™ bežiacie paralelne, monitorujúce proces nitrifikácie

Jednotlivé časové rady na obr. 4 predstavujú rozdiel medzi nameranými hodnotami dusičnanov susedných prístrojov s::can nitro::lyser™ zobrazenými na obr. 3. Jednotlivé percentuálne rozdiely sú počítané s použitím výsledkov dvoch prístrojov umiestnených vedľa seba. Hoci sa koncentrácia dusičnanov a pozadovej matice výrazne zmenila, sú porovnávané hodnoty medzi jednotlivými prístrojmi jednoznačne v rámci limitných hodnôt 10 % špecifikovaných zákazníkom v zadaní tendra.

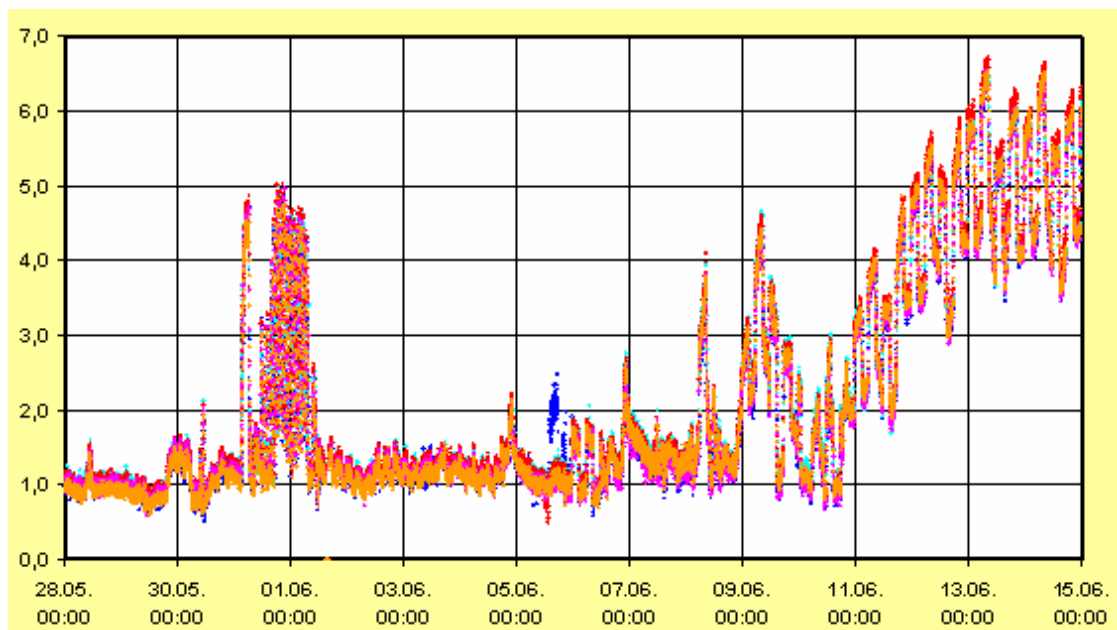


Obr. 4: Percentuálny rozdiel hodnôt susedných prístrojov s::can nitro::lyser™ bežiacich paralelne (pozrite tiež obr. 3)

Výsledky z denitrifikácie

Časové rady piatich prístrojov s::can nitro::lyser™ (obr. 5) vykazujú rovnaké hodnoty koncentrácie v takmer dokonalej zhode. Je pokrytý rozsah približne 7 mg/l NO₃Neq, teda zvolená dĺžka optickej dráhy 1,0 mm spĺňa požiadavky čistiarne na monitorovanie a riadenie denitrifikačného procesu.

Periodická charakteristika koncentrácie dusičnanov zodpovedá čo sa týka detailov prevádzkovým predpisom vykonávaným operátormi na mieste merania. Obr. 5 pôsobivo demonštruje, že všetky použité prístroje s::can nitro::lyser™ monitorovali spoľahlivo koncentráciu dusičnanov. Dokonca aj pri najmenších koncentráciách dusičnanov nespôsobovali zmeny zloženia miestnej odpadovej vody zapríčinené prepínaním medzi rôznymi prevádzkovými režimami žiadne výrazné interferencie.



Obr. 5: Päť prístrojov s::can nitro::lyser™ bežiacich paralelne, monitorujúcich proces denitrifikácie

Percentuálne rozdiely medzi nameranými hodnotami dusičnanov susedných prístrojov s::can nitro::lyser™ boli vypočítané pomocou výsledkov z obr. 5. Porovnávané hodnoty medzi jednotlivými prístrojmi boli jednoznačne v rámci limitných hodnôt 10 % špecifikovaných zákazníkom v zadaní tendra.

Zhrnutie

Ústredná čistiareň odpadových vôd mesta Viedeň používa 27 prístrojov spoločnosti s::can (nitro::lyser™, carbo::lyser™ a spectro::lyser™) s cieľom monitorovať/riadiť procesy nitrifikácie a denitrifikácie, ako aj vstup a výstup čistiarne.

Proces intenzívneho uvádzania do prevádzky sa uskutočnil v období od januára do augusta 2005, zahrňujúc dlhodobé testy spoľahlivosti a osem prístrojov prevádzkovaných paralelne po dobu dvoch týždňov. Všetky prístroje vykazovali rovnaké hodnoty koncentrácie v prakticky dokonalej zhode, pričom porovnávané hodnoty medzi prístrojmi a presnosť boli jednoznačne v rámci špecifikovaných limitných hodnôt.

Táto úspešná inštalácia je pokladaná za medzník v používaní online senzorov a ďalší dôkaz vhodnosti online spektrometrických in-situ sond ako účinného prostriedku regulácie a riadenia čistiarní odpadových vôd.

Podrobnosti o autoroch:

DI Franz Hofstädter
riaditeľ pre medzinárodný obchod
DI Andreas Weingartner
generálny manažér
s::can Messtechnik GmbH
Brigittagasse 22-24
1200 Viedeň – Rakúsko
tel: +43 1 2197393 – 0
fax: +43 1 2197393 – 12
email: office@s-can.at
www.s-can.at

Ing. Miroslav Zezula
riaditeľ pre obchod a marketing
Ing. Michal Ružička
výkonný riaditeľ
ECM ECO Monitoring a.s.
Nevádzová 5
821 01 Bratislava – Slovenská republika
tel: +421 2 4342 9417
fax: +421 2 4342 7465
e-mail: ecm@ecm.sk
www.ecmonitoring.com

OnLine Monitoring of Nitrogen Elimination in Vienna's Main Sewage Treatment Plant

DI Franz Hofstädter, DI Andreas Weingartner, s::can Messtechnik GmbH, Viedeň
Ing. Miroslav Zezula, Ing. Michal Ružička, ECM ECO Monitoring a.s., Bratislava

Key words

Waste water treatment plant – Online monitoring – Online spectrometry – verification of uniformity and accuracy – nitrification/denitrification

Vienna's Main Sewage Treatment Plant was expanded in the years of 2004 and 2005, now designed for a population equivalent of 4.0 million and able to clean 680,000 m³ of wastewater per day. In the tender, the operator of the plant had specified online spectrometry to be the method for monitoring of COD, Nitrate and TSS. s::can Messtechnik GmbH, Vienna, obtained the order for on-line instrumentation as a sub-supplier for Siemens AG Austria. In the beginning of 2005, 27 spectrometric probes of different types were purchased, most of them immediately installed and set into operation. The results of a test run for "verification of uniformity & accuracy" during a tough commissioning procedure proved high reliability, low operational costs and best precision of the installed s::can measuring instruments.