

Optimization of the activated sludge wastewater treatment process using dynamic simulation

Thesis

Author: Domokos Endre Gábor
Supervisor: Dr. Kárpáti Árpád

Pannon University
2006

Within the framework of his Ph.D studies, the “Wastewater treatment expert system” has been developed at the Department of Environmental Engineering and Chemical Technology under the leadership of the author, which is intended to operate as a complex evaluation and analysis system supporting the investment and operational tasks of a wastewater treatment plant.

The Ph.D. research is based on the previous works of the author: first, a wastewater treatment simulation software had been developed in Pascal language for the simulation of SBR type plants, and later another software was developed in a project of the Ministry of Education which was able to handle CSTR reactors. During the research – primarily the survey of the Hungarian conditions – the author has carried out several measurements and analysed the data of different monitoring systems ensuring that the data for system evaluation are authentic and adequate for modelling purposes.

The Ph.D. thesis gives a thorough overview on the scientific background of the phosphorus removal – which still remains a significant problem in Hungary in spite of the favourable EU regulations – and proves the applicability of the expert system in this field.

Most important results of the Ph.D. work:

1. A commercially available, entirely Hungarian developed wastewater treatment modelling software has been created. The system – as an exclusive service – is able to perform investment and operational cost, and the final version will be able to handle any model described in a Petersen matrix. Further advantage of the model according to the other commercially available software, is the client-server architecture, the significant automatisms (“expert system”) and the Hungarian language (that can be easily translated into any other language). The development of the whole system has been carried out under the leadership of the author.
2. The Ph.D. thesis overviews the difficulties of biological excess phosphorus removal, introducing the scientific background and highlighting the most frequent problems. The factors influencing phosphorus removal, biokinetics,

main technological solutions and modelling tools are specified in detail.

3. One can get acquainted with the design and development process of the computer expert system from the Ph.D. thesis and may have a view on the implementation and inner data structure of the software.
4. For the demonstration of a real-life application of the software, a large – 48 000 m³/d capacity – wastewater treatment plant reconstruction has been pre-tested. All steps of the investigation are introduced in the chapter. The study shows that the critical points – phosphorus removal in this case – of the system can be determined well before the implementation and test run, and an alternative recommendation is made for the reconstruction.
5. Another case study in the thesis investigates and solves an operational problem by the application of the simulation software. The introduced wastewater treatment plant over satisfied the strictest Hungarian limit by 95%, however, every two-three week the phosphorus concentration in the effluent increased to its double for 24–48 hours. The reason for the operational problem could not be detected by traditional methods, only by dynamic simulation. The investigation illustrates well the variety of problems that can be solved using dynamic simulation and introduces an interesting anomaly as well.

The Ph.D. thesis is already used as an educational material in the higher education and in the education of wastewater treatment plant operators. The written material and the expert system gives significant assistance to local governments and other institutions (e.g. environmental authorities and plant operating business). The translation (English, Romanian, Croatian, Arabic) and introduction of the expert system is under negotiations as a result of formal request.

Publications

Impact factor: 1,216

Journal articles:

- Domokos, E., Fazakas, E., Holenda, B, Rédey, Á, Vlad, G.: Aplicarea unei simulări dinamice la reconstrucția unei stații de epurare pentru 100000 EL
Eco Terra, 12(2)2006:24-27
- Domokos E, Holenda B, Utasi A, Rédey Á and Fazakas J: Effect of long retention time in the settler on phosphorus removal from communal wastewater
Environmental Science and Pollution Research, 12(5)2005:306–309.
Impact factor: 1.216
- Domokos E, Holenda B, Rédey Á, Fazakas E: Examinarea invarcării și alminetrării cu oxygen a unui sistem A/O
Cultura Ecologica, 11(7)2005:28-29

Under accepting:

- Holenda B, Domokos E, Rédey Á and Fazakas J: Optimal aeration of the alternating activated sludge process using genetic algorithms
submitted to Environmental Modelling and Software
- Holenda B, Domokos E, Rédey Á and Fazakas J: Dissolved oxygen control of the wastewater treatment process using model predictive control
submitted to Computers and Chemical Engineering

Conference papers:

- Holenda B, Domokos E, Rédey Á, Fazakas J: Dissolved oxygen control of a wastewater treatment plant using MPC technology
microCAD, 2005:131-135
- Domokos, E., Utasi, A., Rédey, Á.: Solving of a phosphorus removal problem with computer modeling
8th FECS Conference on Chemistry and the Environment, Athén, 2002 augustus 31- szeptember 4, p. 240-251

Conference (oral presentation):

- Yuzhakova, T., Rédey, Á., Holenda, B., Domokos, E., Caldararu, M. and Fazakas, J.: Surface chemistry on molybdena-alumina catalyst
Presented at Chemeca 2005, Brisbane, Australia, 10–12 Nov 2005.
- Holenda, B., Domokos, E., Rédey, Á., Fazakas, J.: Effluent water quality optimization of the alternating sludge process using genetic algorithms
10th FECS Conference, Rimini, Sep 4–Sep 7, 2005
- Holenda, B., Domokos, E., Rédey, Á., Fazakas, J.: Model predictive control of the dissolved oxygen concentration in wastewater treatment plant
MicroCAD conference, Miskolc, Hungary, March 17, 2005
- Holenda, B., Domokos, E., Rédey, Á., Fazakas, J.: Modeling the suspended solids concentration in the secondary clarifier of a wastewater treatment plant
9th FECS Conference, Bordeaux, Aug 29–Sep 1, 2004
- Domokos, E.: Benchmarking tests in COST 682 Project
COST 682 Group No 2. Meeting, Lund, Sweden, 27-29. August 2000.
- Domokos, E.: Active-sludge system controlling consider the precision of the analytical measurement and the retention time.
The 4th symposium on analytical and environmental problems, SZAB Ankét, SZAB Székház, Szeged, 1998 oct. 29. 121-128.
- Kárpáti, Á., Domokos, E., Kiss, L., Zajzon, I.: The effect of sludge load and oxygen supply on the nutrient removal efficiency of an A/O system
The 1st Symposium on Analytical and Environmental Problems. SZAB Ankét, SZAB Székház, Szeged, 1996 szeptember 12. Book of Abstracts 45.

Conference (Hungarian):

- Domokos, E.: „A környezetállapotértékelés aktuális kérdései”

KTOSZ Őszi szakmai napok, Budapest, 2005. november 10.

- Domokos, E.: „A környezetállapot értékelés módszerei”
XXI. Kémiai-tanári Konferencia, Pécs, 2004. augusztus 15-19.
- Domokos, E., Kárpáti, Á., Sötő, V.: 100 ezer LE feletti kapacitású kommunális szennyvíztisztítók várható feladatai a szennyvíztisztítás előírásainak EU szinkronizációja kapcsán
XI. Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás, Siófok, 1997. október 14-16. Konferencia kiadvány 65-71
- Domokos, E., Kárpáti, Á.: Dinamikus szimuláció lehetősége és hasznosítása néhány hazai szennyvíztisztító vizsgálatában
3. Veszprémi Környezetvédelmi Konferencia, Veszprém, 1997 május 26-28, Konferencia kiadvány 654-661.
- Kárpáti, Á., Domokos, E., Kiss, L., Zajzon, I.: Az A/O rendszer terhelésének és oxigénellátásának hatása az egyes tápanyagok eltávolítására.
A víz és a vízi környezetvédelem a Kárpát-medencében - 2. Tudományos Konferencia-, Eger, 1996 október 15-17. Kiadványkötet 874-858
- Domokos, E., Kárpáti, Á., Kiss, L., Zajzon, I.: Az A/O rendszerek terhelésének és oxigénellátásának hatása az egyes tápanyagok eltávolítására.
X. Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás, Siófok, 1996 szeptember 9-11. Konferencia kiadvány 67-74.
- Utasi, A., Domokos, E., Kárpáti, Á., Kiss, L.: A relatív iszapterhelés hatása az A/O rendszerű szennyvíztisztítás hatékonyságára
Nemzetközi Környezetvédelmi és Innovációs Konferencia, 1996. Június 4-6. Veszprém, Kiadványkötet /Szerk. Vécsey B./ 90-97.
- Utasi, A., Domokos, E., Kárpáti, Á.: A relatív iszapterhelés hatása az A/O rendszerű szennyvíztisztítás hatékonyságára
MHT-VE KmKTT előadózás, 1996 május 30. Kiadványkötet /Szerk.: Kárpáti, Á./ 28-35.

- Utasi, A., Domokos, E., Kárpáti, Á.: A nagykanizsai szennyvíztisztító hatékonyságának vizsgálata két jellemző időszak adatainak statisztikus értékelésével
III. Ipari Környezetvédelmi Konferencia, Siófok, 1996 május 7-8. Kiadványkötet 72-80
- Rókus, T., Domokos, E., Kárpáti, Á.: A szakaszos betáplálású eleveniszapos szennyvíztisztítás /SBR/ vizsgálata számítógépes szimulációval
2. Veszprémi Környezetvédelmi konferencia, Veszprém, 1995 május 30-június 1, Veszprém, Kiadványkötet 177-186.

Book and book-paragraph:

- Domokos, E.: Virtuális Egyetem (Oktatási segédlet)
VE, KmKTT, Veszprém, 2004. pp. 37
- Domokos, E., Kárpáti, Á., Pásztor, I.: A szennyvíztisztítás általános minőségbiztosítása és a gyökérterest szennyvíztisztítás (jegyzet)
Veszprém. 2003, pp. 92
- Domokos E., Gajári J.: A szennyvíztisztítás biológiai rendszere: szimuláció és beüzemelés szabályozás (laboratóriumi gyakorlatok jegyzet)
Veszprém, 2001, pp. 86