



Pannon Egyetem
University of Pannonia

University of Pannonia
Doctoral School of Chemical Engineering and Material Sciences

Investigation of the adaptation of activated sludge in industrial wastewater treatment

Ph.D. THESES

Author:

Viktória Pitás
environmental engineer (MSc)

Supervisor:

Dr. Viola Somogyi, PhD
Associate professor

University of Pannonia
Faculty of Engineering
Sustainability Solutions Research Lab

2026

Introduction

During its more than one-hundred-year history, activated sludge wastewater treatment has become the most widely used technology in the field of municipal wastewater treatment, and is also used in many places to treat industrial wastewater. During this time, the efficiency of the process has been questioned several times and compared to other, newer technologies, but due to the robustness and relative simplicity of the system, it has maintained its position to this day.

Industrial wastewater that initially seems biologically undegradable can also be treated biologically with great efficiency if the activated sludge is provided with the opportunity for adaptation; the appropriate method and time. At the same time, the treatment of industrial wastewater is always a unique and complex task, the planning, implementation and proper operation of which require extremely diverse knowledge.

The main driving force behind my doctoral thesis was solving practical problems in order to ensure clean water, while I wanted to draw attention to the wonders of activated sludge wastewater treatment and its adaptability. The results of the experiments and observations I conducted show, on the one hand, the enormous potential of biological wastewater treatment, that almost nothing is impossible, as long as we provide the right conditions and time for the microorganisms that carry out the biodegradation. On the other hand, they also highlight its limitations, since the full optimization of the given technology at the operational level is in vain if the technological load makes it impossible to further increase the purification efficiency until the desired goal is achieved.

My goal was to propose design values for wastewater flows for which no or only few recommended values could be found in the literature. I would like to believe that, thanks to the publication of my experiences in this field, future professionals will no longer have to start where I started but will be better able to focus on important issues affecting the future.

I also wanted to show that if activated sludge wastewater treatment alone is not able to achieve an expected purification efficiency or target value in the purified water, it is not necessary to select only the most modern and highest investment and/or operating cost processes as an additional technological process, since a relatively simple physico-chemical treatment can also bring extraordinary results that membrane technology processes, for example, cannot even approach in the case of a given wastewater.

Methods

The biodegradability of a chemical used in gas sweetening processes (aMDEA) was investigated, which was found to be undegradable based on the results of rapid biodegradability tests (biochemical oxygen demand (BOD₅) measurements, oxygen uptake rate measurements). The long-term study was carried out in a laboratory-scale, sequencing batch reactor with an appropriate adaptation period.

The potential and limitations of reducing COD in the treated effluent in a full-scale activated sludge coke oven wastewater treatment plant was also studied. The aim was to reduce the COD below the industrial recommendation of 220 mg/l from around 350 mg/l that time.

In the same coke oven wastewater treatment technology; in the light of six years of operational and measured data, I searched for the actual load values above which the 220 mg COD/l in the treated water discharged could not be achieved without further post-treatment, and below which it can be achieved.

Theses

Adaptation to non-biodegradable organic matter based on rapid biodegradability tests

I.1. I have determined that the wastewater stream containing 500 ppm aMDEA is classified as non-biodegradable based on rapid biodegradability tests. Using an appropriate adaptation strategy, activated sludge adapted to the pollutant is capable of the effective degradation of the organic matter content of wastewater containing 500 ppm aMDEA on its own (COD removal $\sim 95\%$, treated wastewater $\text{COD}_{\text{total}} < 50 \text{ mg/l}$, $\text{COD}_{\text{filtered}} < 20 \text{ mg/l}$, $\text{TOC} < 10 \text{ mg/l}$), without the addition of any other wastewater stream, while phosphorus nutrients are provided, at a load of $0.2 \text{ kg COD/kg MLVSS}\cdot\text{d}$ and $0.53 \text{ kg COD/m}^3\cdot\text{d}$.

I.2. I found that the wastewater stream containing 500 ppm aMDEA had no inhibitory effect on nitrification (at a load of $0.2 \text{ kg KOI/kg MLVSS}\cdot\text{d}$ and $0.02 \text{ kg N/kg MLVSS d}$), as the efficiency of nitrification did not deteriorate even temporarily after the first addition of the tested wastewater to the reactor.

Limits of biodegradability in the case of activated sludge treatment of coke oven wastewater

II. I have demonstrated that the upper load threshold value for activated sludge treatment of coke oven wastewater is $0.3 \text{ kg COD/m}^3\cdot\text{d}$ and $0.05 \text{ kg COD/kg MLVSS}\cdot\text{d}$. Above this range, activated sludge technology operating at maximum treatment efficiency can achieve an average effluent quality of 323-327 mg COD/l with a COD removal efficiency of 90-92% and a TKN removal efficiency of 93-94% in the treatment of coke oven wastewater.

III. As design values for activated sludge coke oven wastewater treatment, a volumetric load of $0.2 \text{ kg COD/m}^3\cdot\text{d}$ and a specific load value of $0.04 \text{ kg COD/kg MLVSS}\cdot\text{d}$ are recommended, with which the activated sludge technology operating at maximum treatment efficiency is capable of steadily reducing the COD in the treated water to below 220 mg/l with 94% COD and 96% TKN removal efficiency, resulting in an average effluent quality of 149 mg COD/l.

Limitations on further reduction of the chemical oxygen demand of biologically treated coking wastewater

IV.1. I found that after biological treatment of coke oven wastewater, the COD remaining in the treated wastewater cannot be reduced below 220 mg COD/l from 352 ± 18 mg COD/l by either microfiltration or ultrafiltration, as with microfiltration (0.45 μm) only 6-22% reduction was achieved, and with ultrafiltration (0.025 μm) only 2-27% reduction was achieved in the chemical oxygen demand of the treated water. Based on the microfiltration and ultrafiltration experiments performed, the COD remaining in the treated wastewater mainly consists of dissolved (non-suspended) substances.

IV.2. I found that after the biological treatment of coking wastewater, the COD remaining in the treated wastewater cannot be further degraded biologically, even by increasing the HRT, as 82-96% of the initial dissolved COD remained after 4 weeks of inert COD measurements.

Further possibilities for reducing the chemical oxygen demand of biologically treated coking wastewater

V. I have determined that, following the biological treatment of coking wastewater, the COD remaining in the treated wastewater can be further reduced by 39 – 56%, i.e. safely below 220 mg/l, with a chemical dose of 0.5 ml/l FeCl_3 and 0.4 ml/l $\text{NaAl}(\text{OH})_4$:

- from 354 ± 35 mg COD/l to 171 ± 16 mg/l, and
- from 181 ± 7 mg/l to 110 ± 4 mg/l.

This opens up the possibility of reusing the treated coke oven wastewater in coke production.

PUBLICATIONS

Basic papers of the theses

1. Pitás V., Varga B., Trájer A. J., Somogyi V.: Adaptation of Activated Sludge to Varying Hydraulic and Nutrient Load in a Coke Oven Wastewater Treatment Plant, Cleaner Engineering and Technology 29, p. 101093 (2025) - **DI, IF: 6,5**
2. Pitás, V.; Somogyi, V.; Kárpáti, Á.; Thury, P. Fráter, T.: Reduction of chemical oxygen demand in a conventional activated sludge system treating coke oven wastewater JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION 273 Paper: 122482 (2020)-**Q1, IF: 9,449**
3. Viktória Pitás, Bence Fazekas, Zsuzsanna Bányai, Károly Reich, Krisztián Varga, Viola Somogyi: Studies on The Biological Treatment of Industrial Wastewater Streams. Environmental Engineering and Management Journal February 2012, Vol.11, No.2, 435-438-**Q3, IF: 1,435**

Other papers

International Journal papers:

1. Somogyi, Viola; Pitás, Viktória; Berta, Kinga M.; Kurdi, Róbert: Red Mud as Adsorbent to Recover Phosphorous from Wastewater Streams SUSTAINABILITY 14: 20 Paper: 13202, 15 p. (2022)-**Q2, IF: 3,889**
2. Gulyás, Gábor; Pitás, Viktória; Kárpáti, Árpád; Domokos, Endre; Rádi, József Consequences of application of municipal sewage sludge with risk elements content on the agricultural utilization WASTE FORUM 2020: 1 pp. 5-15., 11 p. (2020)-**Q4, IF: 0,218**
3. Gábor Gulyás, Viktória Pitás, Árpád Kárpáti, Bence Fazekas, Endre Domokos, Ákos Rédey-Heavy metal balance in a Hungarian municipal sewage treatment plant, Environmental Engineering and Management Journal, 2014 13 (8) pp. 2039-2044.-**Q3, IF: 1,258**
4. V. Somogyi, V. Pitas, E. Domokos, B. Fazekas (2009) On-site wastewater treatment systems and legal regulations in the European Union and Hungary, Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment, Vol 1, pp. 61-69.

Hungarian Journal papers:

1. Dr. Somogyi, Viola; Harasztiné, Hargitai Réka; Pitás, Viktória; Dr. Kárpáti, Árpád, Horváth, Dániel: Vágóhídi szennyvizek optimalistápanyag arányának megközelítése az előkezelés során. MASZESZ HÍRCSATORNA 2022. 3. lapszám pp. 56-67., 14 p. (2022)
2. Pitás, V.; Thury, P.; Kárpáti, Á.: Az N-eltávolítás és a szerves anyag energia-visszanyerésének ütközése a szennyvíztisztítás fejlesztésének egyik hajtóereje. VÍZMŰ PANORÁMA 2019: 2 pp. 28-31., 4 p. (2019)
3. Pitás, V.; Thury, P.; Kárpáti, Á.: Granulált iszap kialakítása és működése az aerob szennyvíztisztításnál. VÍZMŰ PANORÁMA 2018: 5, pp. 24-26., 3 p. (2018)
4. Gulyás, G., Fazekas, B., Kárpáti, Á., Pitás, V., Thury, P. (2016) Szennyvíztisztítás, mezőgazdasági biogáz gyártás és hulladéklerakók metántermelésénél jelentkező humifikáció és következményei. MASZESZ Hírcsatorna 2016 (1-2) 3-8.
5. Gábor Gulyás, Viktória Pitás, Bence Fazekas, Árpád Kárpáti,-Heavy metal balance in a communal wastewater treatment plant, Hungarian Journal of Industry and Chemistry, 2015 Vol. 43 (1) pp. 1-5.
6. Gulyás, G., Pitás, V., Kárpáti Á., Fazekas, B., Domokos E., Rédey, Á.-Lakossági szennyvíztisztító telep nehézfém mérlege, Vízmű Panoráma, 2013. XXI. évf., 5. szám, pp. 26-32.

7. Gulyás, G., Pitás, V., Kárpáti, Á.-Rothasztott, víztelenített szennyvíziszap nehézfém-tartalmának meghatározása mikrohullámú feltárás segítségével, MASZESZ Hírcsatorna, 2013. március-április, pp. 3-11.
8. P. Thury, L. Bartha, G. Gulyás, V. Pitás, B. Fazekas, A. Kárpáti: Improvement of biofilm carriers for the treatment of automotive industry wastewater. Hungarian Journal of Industrial Chemistry Vol. 40(1) pp. 1–4 (2012)
9. Gulyás, G., Thury P., Pitás, V., Bartha, L.: Biofilm hordozók és kifejlesztésük járműipari szennyvizek tisztítási hatékonyságának növelése céljából. MASZESZ Hírcsatorna 2012 május-június, 8-14. oldal
10. dr. Kárpáti Á., Pitás V., Reich K., Energiahasznosítás szennyvíztisztítással, Magyar ipari és környezetvédelmi magazin. X. évf. 2011. III-IV. szám, 14-16. o.
11. Pitás V., Fazekas, B., Kárpáti, Á.: Iszaphozam csökkentés az eleveniszapos szennyvíztisztításban, MASZESZ Hírcsatorna, 2010. január-február, 3-14
12. Pitás V., Reich K., Kárpáti Á.: A szennyvíziszap hasznosítási lehetőségei, Magyar Ipari és Környezetvédelmi Magazin, IX. évf. 2010. III-IV. szám, 24-26. o.
13. Kárpáti Á., Pitás V., Reich K.: Energiahasznosítás az intenzív anaerob szennyvíztisztításban MASZESZ Hírcsatorna 2010 július-augusztus 3-10. o.
14. Pitás V., Reich K., dr. Kárpáti Á.: Energiahasznosítás élelmiszeripari szennyvizekből Élelmiszer tudomány technológia LXIV. évfolyam 2010. 4. szám 7-13.o.
15. Németh G., Reich K., Fazekas B., Pitás V., dr. Kárpáti Á.: A rothasztott szennyvíziszap nehézfém-tartalmának csökkentési lehetősége, MASZESZ Hírcsatorna 2009. május-június, 11-14. o.
16. Pitás, Viktória; Németh, Gergely; Reich, Károly; Fazekas, Bence; Kárpáti, Árpád: Biofilm hordozó hatása biofilmes/hibrid reaktorok működésére. MŰSZAKI INFORMÁCIÓ KÖRNYEZETVÉDELME 6 pp. 63-74., 12 p. (2009)
17. P. Thury, B. Fazekas, I. Pasztor, V. Pitás, L. Balasko, A. Karpáti (2009) Novel N removal with some industrial realisation in Hungary, Hungarian Journal of Industrial Chemistry, Veszprém Vol 37(1). pp. 5-9, ISSN: 2450-5102
18. B. Fazekas, V. Pitás, P. Thury, A. Karpáti (2009) Examination of the use of support materials of natural origin in wastewater treatment, Hungarian Journal of Industrial Chemistry, Veszprém Vol 37(1). pp. 1-4, ISSN: 2450-5102
19. Pitás V., Thury P., Kárpáti Á.: Hazai szennyvíztisztító telep denitrifikációs problémái a 10 mg ÖN/l határérték kielégítése során, MaSzeSz Hírcsatorna, 2007 november. 11-16.o.

Conferences with abstract:

1. Microplastics in wastewater treatment plants: fate and removal (Viktória Pitás, University of Pannonia). Conference on Microplastics in drinking water-from source to tap (Organizer-EU Strategy for the Danube Region Water Quality Priority Area), 3 October 2024 European Youth Center Budapest, előadás
2. Viktória PITÁS, Viola SOMOGYI, Balázs VOLF, Attila RADÁCS, Gábor BORDÓS, Bence PRIKLER, István SZABÓ, Sándor SZOBOSZLAY, Adrienn MICSINAI: The behaviour of microplastics in the municipal wastewater treatment plant of Veszprém. Poszter szekció, 14th IWA Specialized Conference on the Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants, 08-12 September 2024, Budapest
3. Pitás Viktória: Hazai szennyvíztisztító telepek anyagmérlege mikroműanyagok vonatkozásában, MTA Vízgazdálkodás-tudományi Bizottság, Vízellátási és Csatornázási Bizottsága előadó ülés, 2024, előadás
4. Pitás Viktória, Harasztiné Hargitai Réka, Bodor Mónika, Volf Balázs, Prikler Bence, Bordós Gábor, Szabó István, Fekete-Nyirő Brigitta, Somogyi Viola, Radács Attila, Somogyi Rita, Micsinai Adrienn: Mikroműanyag anyagmérleg felállítása a Veszprémi Szennyvíztisztító

Telepre, XXIX. Országos Laboratóriumi Értekezlet MaVíz, 2024. 05.08-09. Debrecen, előadás

5. Gábor Bordós, Bence Prikler, Viktória Pítás, Réka Harasztiné Hargitai, István Szabó, Adrienn Micsinai, Sándor Szoboszlai: Lab scale versus plant scale: microplastics in sewage sludge as potential soil contaminants and its analytical challenges, International Conference 2024 (Micro-Nano) Plastics in Soil, Konferencia helye, ideje: Utrecht, Hollandia 2024.03.13.-2024.03.14., poszter
6. Szabó István, Pítás Viktória, Bordós Gábor, Prikler Bence, Harasztiné Hargitai Réka, Micsinai Adrienn, Szoboszlai Sándor: Modellrendszer alkalmazása szennyvíztisztító telepek mikroműanyag forgalmának in vitro elemzésére, Víz- és Szennyvízkezelés az Iparban Konferencia (VSZI), Konferencia helye, ideje: Zalakaros, Magyarország 2023.10.19.-2023.10.20., előadás
7. Pítás, V.; Somogyi, V.; Kárpáti, Á.; Thury, P. Kokszolói szennyvíztisztítás iszapfázisa (2019). MaSzeSz Junior Szimpózium 2019.03.06. előadás.
8. V. Pitas, B. Fazekas, Zs. Banyai, A. Karpati: Energy Efficiency of the Municipal Wastewater Treatment. 14th International Biotechnology Symposium and Exhibition konferencia, poszter szekció, 2010. szeptember 14-18. Rimini. Pítás, Viktória; Fazekas, Bence; Banyai, Zsuzsanna; Kárpáti, Árpád Energy efficiency of the municipal wastewater treatment. JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY 150: Supplement pp. 163-164. Paper: P-B.71, 2 p. (2010)
9. Pítás V., Fazekas B.: Zeolit és alginát alkalmazási lehetőségei a szennyvíztisztításban, XIV. Nemzetközi Környezetvédelmi és Vidékfejlesztési Diákkonferencia, 2008. július 2-4. Mezőtúr, Előadás
10. B. Fazekas, V. Pítás, P. Thury, Zs. Kovács: Examination of the use of support materials of natural origin in wastewater treatment, Nato 2008.07.01-2008.07.10. Bulgaria, Sofia

Conferences with full text:

1. Kárpáti, Á.; Pítás, V.; Thury, P. Aerob iszapgranuláció és tapasztalata a hazai ipari szennyvíztisztításban. VI. Soós Ernő Nemzetközi Tudományos Konferencia: Víz- és szennyvízkezelés az iparban 2019. Nagykanizsa, Magyarország: Pannon Egyetem (2019) pp. 23-30., 8 p.
2. Pítás, V.; Somogyi, V.; Kárpáti, Á.; Thury, P. A KOI csökkentés kihívásai kokszolói szennyvíz biológiai tisztítása során. VI. Soós Ernő Nemzetközi Tudományos Konferencia: Víz- és szennyvízkezelés az iparban 2019. Nagykanizsa, Magyarország: Pannon Egyetem (2019) p. 19
3. Pítás Viktória, Reich Károly, Kárpáti Árpád: Különleges reaktorkialakítás, jobb energia visszanyerés az intenzív anaerob szennyvíztisztításnál. XVI. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia Kiadványa, 335-341. oldal (2012)
4. Fazekas Bence, Pítás Viktória, Kárpáti Árpád: Műszaki fejlesztés a kiépítésben és üzemeltetésben a lakossági szennyvizek tisztításánál. XVI. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia Kiadványa, 117-124. oldal (2012)
5. V., Pitas, B., Fazekas, K., Reich, A., Karpati: Some Solutions for the Problem of Denitrification. Case Studies from Hungary. 6th IWA International Conference for Young Water Professionals 10-13 July 2012 Budapest, Hungary CD kiadvány (előadás)
6. Reich K.-Pítás V.-Thury P.-Kalocsai E.: Szennyvíziszapok szerves anyag tartalmának hasznosítási lehetőségei üzemi példákkal. 2011.09.20-22. Siófok, Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás. Előadás
7. Pítás V., Kárpáti Á., Thury P., Fazekas B.: Ipari szennyvizek biológiai tisztításának tapasztalatai. VII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Kolozsvár, 2011. március 24-27. Előadás, pp. 365-369.

8. Pitás V.-Reich K.-Kárpáti Á.: Hagyományos eleveniszapos rendszerek szabályozása. 2011.09.20-22. Siófok, Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás. Előadás
9. Fazekas, B., Pitás V., Kárpáti, Á.: Energiahatékonyság javítása a szennyvíztisztításnál műszaki fejlesztéssel és a megújuló energia hasznosításával, Erdélyi Magyar Műszaki tudományos Társaság, Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, 2009. június 11-14, Csíkszereda, Románia
10. Pitás V., Fazekas B.: Természetes eredetű adalékanyagok alkalmazási lehetőségei a szennyvíztisztításban. Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás, Siófok, 2008. szeptember 16-18. előadás, pp 36-41
11. Szentgyörgyi E., Pitás V., Kárpáti Á.: A biofilmes szennyvíztisztítási technológiák létjogosultsága a modern szennyvíztisztításban, Nemzetközi Konferencia, Sopron, 2008. június 4-5. CD kiadvány, 5-12. old.
12. Pitás V., Fazekas B., Kárpáti Á.: Természetes eredetű adalékanyagok alkalmazási lehetőségei a szennyvíztisztításban, Nemzetközi Konferencia, Sopron, 2008. június 4-5. CD kiadvány, 86-91. old.
13. Pitás V., Thury, P., Fazekas, B.: Koncentrált lakossági szennyvizek denitrifikációs problémái a kibocsátási határértékek teljesítésében, Nemzetközi Konferencia, Sopron, 2008. június 4-5. CD kiadvány, 13-20 old.
14. Fazekas B., Pitás V., Kneifel F., Virányi I.: Két iszapkörös szennyvíztisztító üzemeltetési tapasztalatai Gyulán, Nemzetközi Konferencia, Sopron, 2008. június 4-5. CD kiadvány, 58-64 old.
15. Pitás V., Thury P., Kárpáti Á.: 100 ezer LE feletti kapacitású hazai szennyvíztelep problémái az EU határértékek kielégítésében, Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás, 2007. október 15-17. Balatonfüred. Pp. 90-9.