



**SZKOŁA
DOKTORSKA**
Politechniki Koszalińskiej

mgr inż. Piotr Maciołek

Modyfikacja funkcji oprogramowania automatyki i sterowania wybranych urządzeń oczyszczalni ścieków

Automatyka, elektronika, elektrotechnika

Promotor: dr hab. inż. Robert Suszyński, prof. PK

Wymagany minimalny plan prezentacji

1. Wprowadzenie

- motywacja do podjęcia badań
- innowacyjność i aplikacyjność tematyki badawczej
- wnioski z analizy stanu wiedzy

2. Cele i hipotezy badawcze

3. Materiały i metody

- lista problemów naukowych wymagających rozwiązania w pracy doktorskiej
- przedmiot i metodyka badań
- charakterystyka zastosowanych metod badawczych i narzędzi pomiarowych

4. Szczegółowy harmonogram realizacji zadań zaplanowanych w IPB

5. Dotychczasowe otrzymane wyniki badań naukowych i/lub aplikacyjnych

6. Wnioski

7. Bibliografia

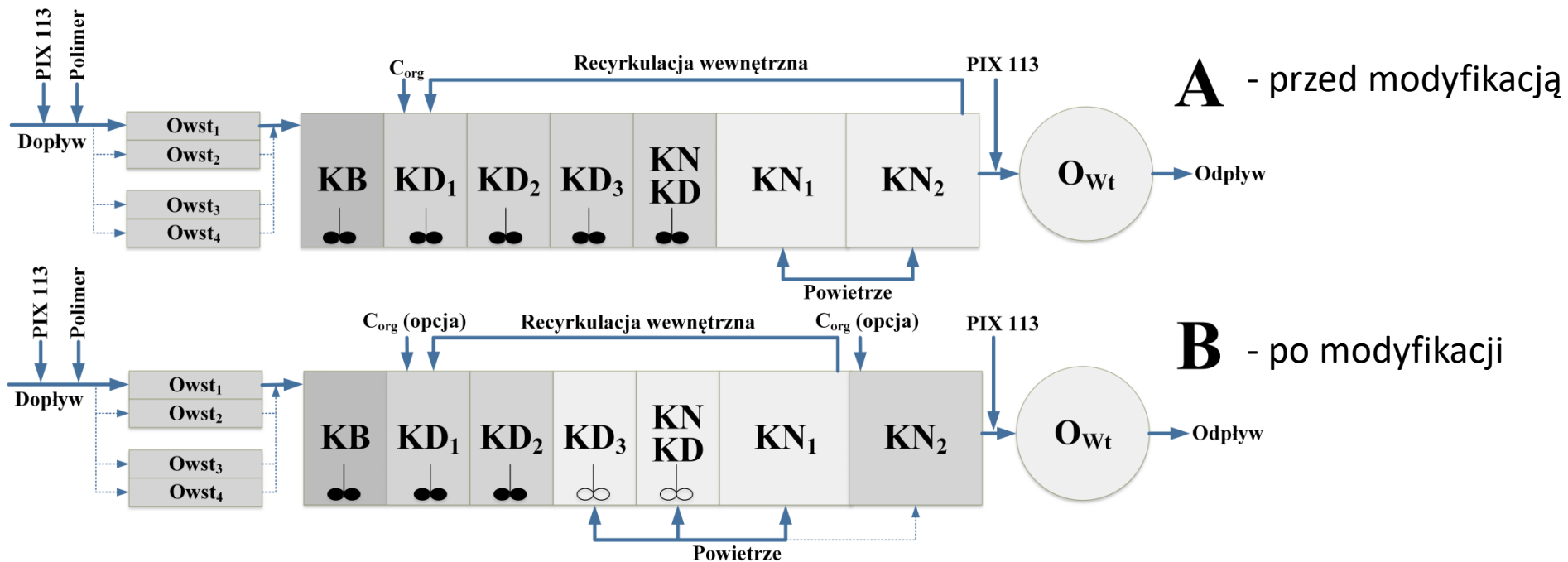


1. WPROWADZENIE

Wzrost kosztów zakupu energii elektrycznej wymusi na przedsiębiorstwach oraz odbiorcach indywidualnych poszukiwanie efektywnych metod pozwalających na obniżenie kosztów zużycia energii elektrycznej. Głównym źródłem konsumpcji energii elektrycznej w procesie oczyszczania ścieków jest proces napowietrzanie ścieków. Stąd w roku 2019 i 2020 w Miejskich Wodociągach i Kanalizacji Sp. z o.o. w Koszalinie przeprowadzono dwie inwestycje w zakresie:

- wymiany dmuchaw wyporowych typu Rootsa na dmuchawy promieniowe i
- budowy farmy fotowoltaicznej o mocy blisko 1 MW.

Łączny koszt poniesionych inwestycji wyniósł ponad 5 mln zł netto. Kolejne przedsięwzięcia poprawiające efektywność oczyszczania ścieków można uzyskać w wyniku modyfikacji układu technologicznego oraz w wyniku modyfikacji funkcji oprogramowania automatyki i sterowania urządzeniami, które realizują proces oczyszczania ścieków.



Modyfikacja funkcji oprogramowania automatyki i sterowania urządzeniami, które realizują proces oczyszczania ścieków będzie obejmowała w szczególności:

- część mechaniczną oczyszczalni ścieków, w zakresie opracowania nowego algorytmu pracy dla pomp dozujących środki chemiczne na strącaniu wstępnym,
- część biologiczną, w zakresie opracowania nowego algorytmu do regulacji pracą dmuchaw, przepustnic sprężonego powietrza oraz pomp recyrkulacji wewnętrznej.

Potencjalni dostawcy technologii



Endress+Hauser 

2. Cele i hipotezy badawcze:

„Autorska modyfikacja funkcji oprogramowania i sterowania wybranych urządzeń technologicznych oczyszczalni ścieków może przyczynić się do obniżenia energochłonności procesu oczyszczania ścieków”

„Istnieje możliwość uzyskania i utrzymania w ciągu całego roku niskich stężeń azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych w wyniku autorskiej modyfikacji funkcji oprogramowania automatyki i sterowania wybranych urządzeń technologicznych oczyszczalni ścieków”

3. Materiały i metody

W ramach Indywidualnego Projektu Badawczego planuje się modyfikację aktualnych funkcji oprogramowania automatyki i sterowania pracą następujących urządzeń technologicznych wielofazowego procesu oczyszczania ścieków:

Dmuchawy promieniowe w zakresie:

- wypracowania założeń do schematu pracy dmuchaw w układzie zależności od stref dobowych i ich wdrożenie,
- automatycznego przeciwdziałania wchodzeniu układu w stan nieustalony – okres, w którym występuje naprzemienne załączanie się i wyłączanie dmuchaw trwające ok. 1 godziny w określonych warunkach aktualnegoysterowania LMN.

Pompy szybowe w zakresie:

- rozszerzenia funkcjonalności „Regulacja PID RB1 Recyrkulacja wewnętrzna” dla reaktora biologicznego nr 1 i 2,
- rozszerzenie aktualnej funkcjonalności modyfikacji układu od charakterystyki „Napływ” i „Azotany” o dodatkowe modyfikowalne rozszerzenie „Amoniak” (azot amonowy NH_4) odpowiednio dla recyrkulacji wewnętrznej RB1 - NH_4 pomiar 1165 i dla recyrkulacji wewnętrznej RB2 - NH_4 pomiar 2165.



Przepustnice regulacyjne AUMA na instalacji sprężonego powietrza w zakresie powielenia okna z komory KN2 „Regulacja PID RB1 KN2” na pozostałe komory tj. KN1, KN/KD, KD3 i KD2 ze stosowną modyfikacją algorytmów (informacja o zawartości tlenu w macierzystej komorze, informacja o zawartości azotu amonowego – pomiar z końca komory KN2 (sonda ISEmax Endresss Hauser).

Opracowanie koncepcji i wdrożenie automatycznego sterowania strącaniem wstępnym w funkcji stężenia azotu azotanowego mierzonego *on line* na wylocie reaktora biologicznego.



Skuteczność zastosowanej modyfikacji aktualnych funkcji oprogramowania automatyki i sterowania będzie zweryfikowana na podstawie:

- porównania uzyskiwanych wyników jakości ścieków oczyszczonych w próbkach średniodobowych oznaczanych zgodnie ze standardowymi polskimi normami w akredytowanym laboratorium znajdującym się na terenie koszalińskiej oczyszczalni ścieków,
- porównania zużycia energii elektrycznej przez poszczególne urządzenia (przed i po zastosowaniu modyfikacji w obszarze automatyki i sterowania). Zużycie energii elektrycznej jest aktualnie automatycznie rejestrowane i zapisywane w raportach, w komputerowym systemie sterowania i wizualizacji WinCC koszalińskiej oczyszczalni ścieków.

4. Szczegółowy harmonogram realizacji zadań zaplanowanych w IPB

Nazwa zadania badawczego*	Planowany okres realizacji	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Analiza uzyskanych wyników badań jakości ścieków surowych i oczyszczonych w okresie od stycznia do września 2020 roku na układzie technologicznym oczyszczania ścieków A2O (przed wprowadzeniem modyfikacji w obszarze automatyki i sterowania)	I semestr	10%	P8S_WK3 P8S_UW1 P8S_UW1 P8U_K1 P8U_K2 P8S_KK P8S_KO P8S_KR

Nazwa zadania badawczego*	Planowany okres realizacji	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Opracowanie artykułu naukowego na podstawie uzyskanych wyników badań oraz wysłanie artykułu do druku (w języku angielskim)	II semestr	20%	P8U_W1 P8S_WG1 P8S_WG2 P8S_WG4 P8S_WK3 P8S_UK1 P8S_UK2 P8S_UK3 P8S_UK4 P8S_UO P8S_UU1

Nazwa zadania badawczego*	Planowany okres realizacji	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Udział w konferencji naukowej, udział w seminarium naukowym/branżowym	II semestr	30%	P8S_UK3 P8S_UK4 P8S_UO P8S_UU1

Nazwa zadania badawczego*	Planowany okres realizacji	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Opracowanie koncepcji automatycznego sterowania strącaniem wstępnym w funkcji stężenia azotu azotanowego mierzonego online na wylocie reaktora biologicznego	II semestr	35%	P8U_W1 P8S_UW3 P8U_K1

Nazwa zadania badawczego	Planowany okres realizacji (rozpisany na semestry)	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Opracowanie i wdrożenie modyfikacji funkcji oprogramowania automatyki procesów w układzie technologicznym A2O Oczyszczalni Ścieków „Jamno” w zakresie m.in.: układu napowietrzania reaktorów biologicznych oraz rozszerzenia funkcjonalności obszaru recyrkulacji wewnętrznej reaktorów biologicznych	III semestr	40%	P8U_U1 P8U_U2 P8U_U3 P8S_UW1 P8S_UW2 P8S_UW3 P8U_K1 P8U_K2 P8S_KK P8S_KO P8S_KR

Nazwa zadania badawczego	Planowany okres realizacji (rozpisany na semestry)	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Przeprowadzenie próbnych testów w pełnej skali technicznej po wprowadzeniu modyfikacji funkcji oprogramowania automatyki i sterowania wybranych urządzeń technologicznych oczyszczalni ścieków wraz z optymalizacją zastosowanego rozwiązania	IV semestr	45%	P8U_U2 P8S_UU1

Nazwa zadania badawczego	Planowany okres realizacji (rozpisany na semestry)	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Ocena uzyskanych wyników badań jakości ścieków oczyszczonych i surowych wraz z analizą zużycia energii elektrycznej oraz całościowa analiza pracy zmodyfikowanego pod kątem automatyki i sterowania układu technologicznego oczyszczania ścieków A2O	IV semestr	50%	P8S_WK3 P8S_UW1 P8S_UW1 P8U_K1 P8U_K2 P8S_KK P8S_KO P8S_KR

Nazwa zadania badawczego	Planowany okres realizacji (rozpisany na semestrach)	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Opracowanie artykułu naukowego na podstawie uzyskanych wyników badań oraz wysłanie artykułu do druku	IV semestr	55%	P8U_W1 P8S_WG1 P8S_WG2 P8S_WG4 P8S_WK3 P8S_UK1 P8S_UK2 P8S_UK3 P8S_UK4 P8S_UO P8S_UU1

Nazwa zadania badawczego	Planowany okres realizacji (rozpisany na semestrach)	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Wdrożenie koncepcji automatycznego sterowania strącaniem wstępnym w funkcji stężenia azotu azotanowego mierzonego online na wylocie reaktora biologicznego	V semestr	60%	P8U_U2 P8S_UU1 P8U_W1 P8S_UW3 P8U_K1

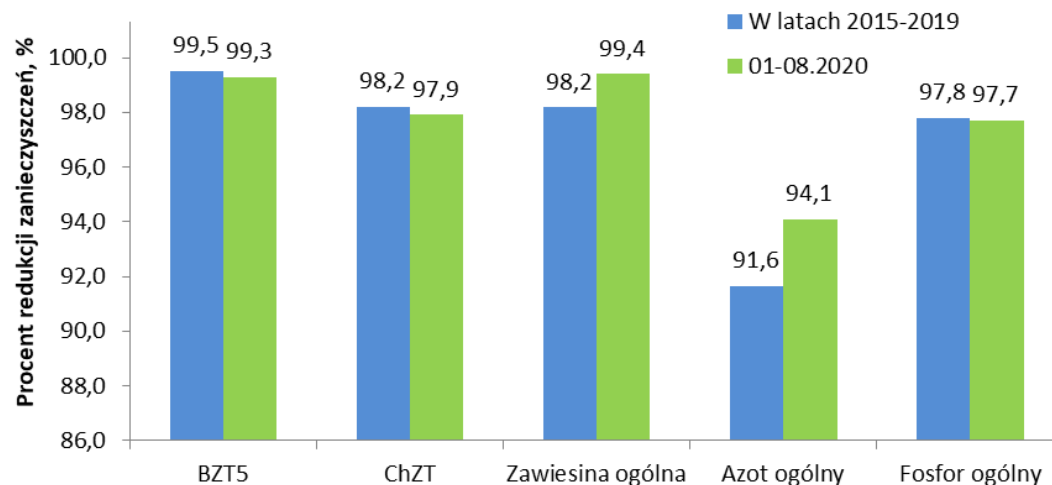
Nazwa zadania badawczego	Planowany okres realizacji (rozpisany na semestr)	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Ocena uzyskanych wyników badań jakości ścieków oczyszczonych i surowych wraz z analizą zużycia energii elektrycznej w okresie całorocznym oraz analizą holistyczną pracy zmodyfikowanego układu technologicznego oczyszczania ścieków A2O ze strącaniem wstępnym	V semestr	65%	P8S_WK3 P8S_UW1 P8S_UW1 P8U_K1 P8U_K2 P8S_KK P8S_KO P8S_KR

Nazwa zadania badawczego	Planowany okres realizacji (rozpisany na semestrach)	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Opracowanie artykułu naukowego na podstawie uzyskanych wyników badań oraz wysłanie artykułu do druku	VI semestr	70%	P8U_W1 P8S_WG1 P8S_WG2 P8S_WG4 P8S_WK3 P8S_UK1 P8S_UK2 P8S_UK3 P8S_UK4 P8S_UO P8S_UU1

Nazwa zadania badawczego	Planowany okres realizacji (rozpisany na semestrze)	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Opracowanie rozprawy doktorskiej	VII semestr	80%	P8U_K1 P8U_K2 P8S_KK P8U_W1 P8S_WG1 P8S_WG2 P8S_WG4 P8S_WK3 P8S_UK4 P8U_U1 P8U_U2 P8U_U3 P8S_UW1

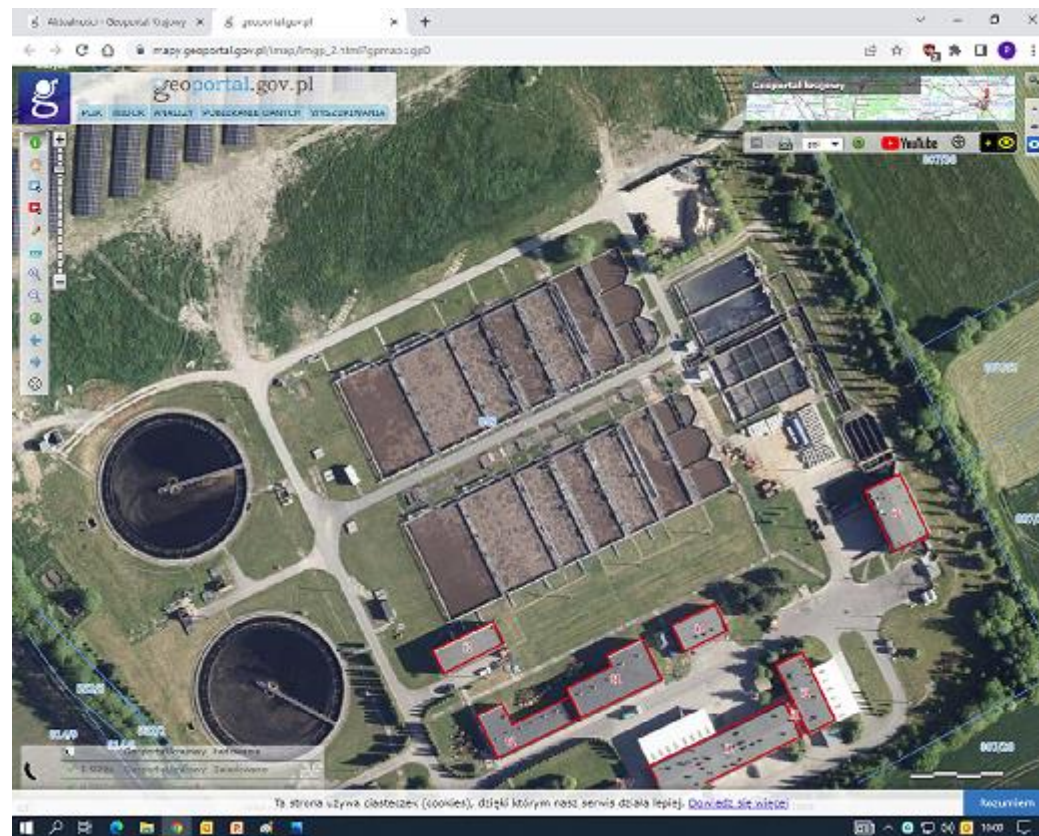
Nazwa zadania badawczego	Planowany okres realizacji (rozpisany na semestry)	% realizacji rozprawy doktorskiej	Symbol efektu uczenia się EUS
Opracowanie rozprawy doktorskiej	VIII semestr	90%	P8U_K1 P8U_K2 P8S_KK P8U_W1 P8S_WG1 P8S_WG2 P8S_WG4 P8S_WK3 P8S_UK4 P8U_U1 P8U_U2 P8U_U3 P8S_UW1
Złożenie rozprawy doktorskiej	30 wrzesień 2024 r.	100%	P8U_K1

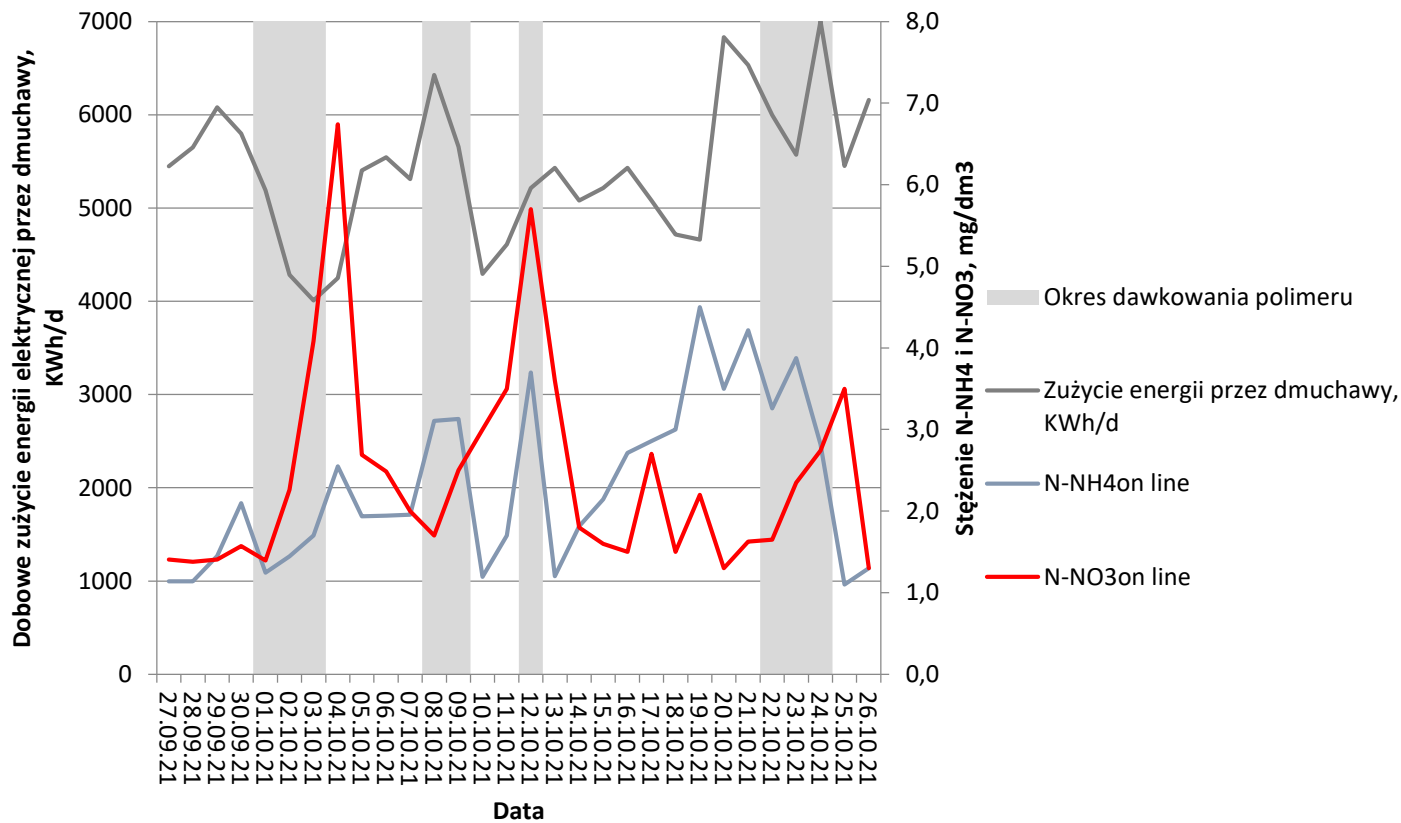
6. Dotychczasowe otrzymane wyniki badań naukowych i aplikacyjnych

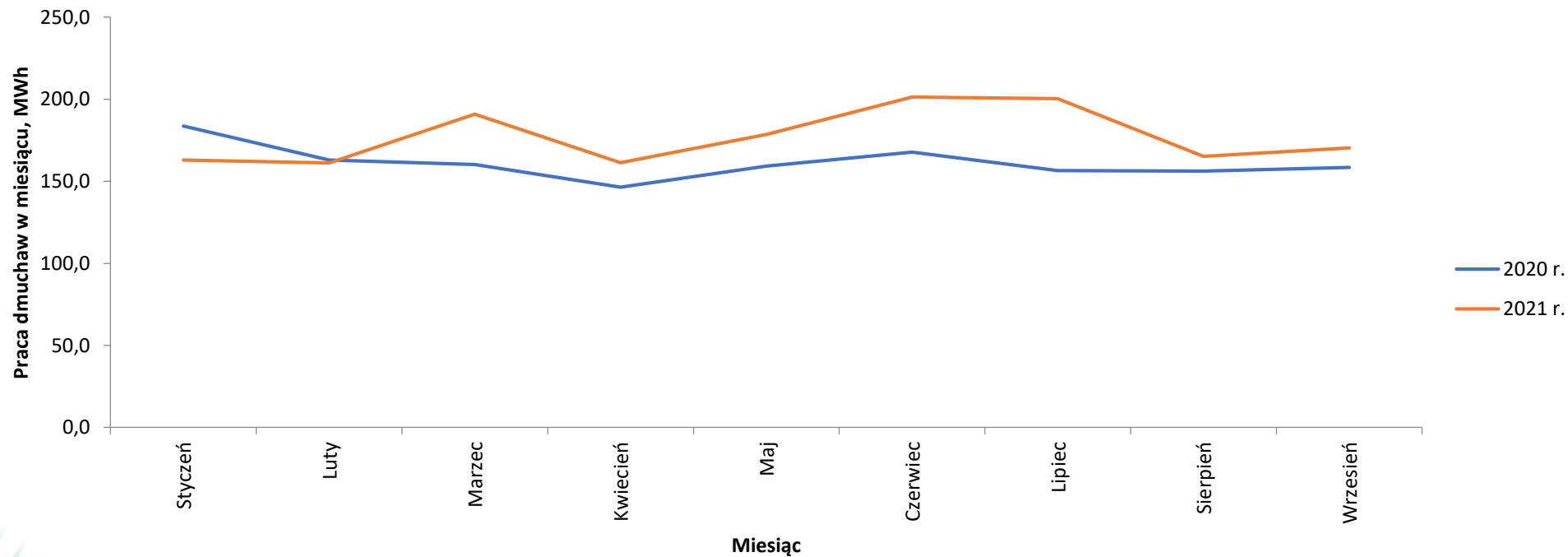


Rys. 2. Efektywność oczyszczania ścieków w latach 2015 – 2019 oraz w okresie: styczeń – sierpień 2020 r.

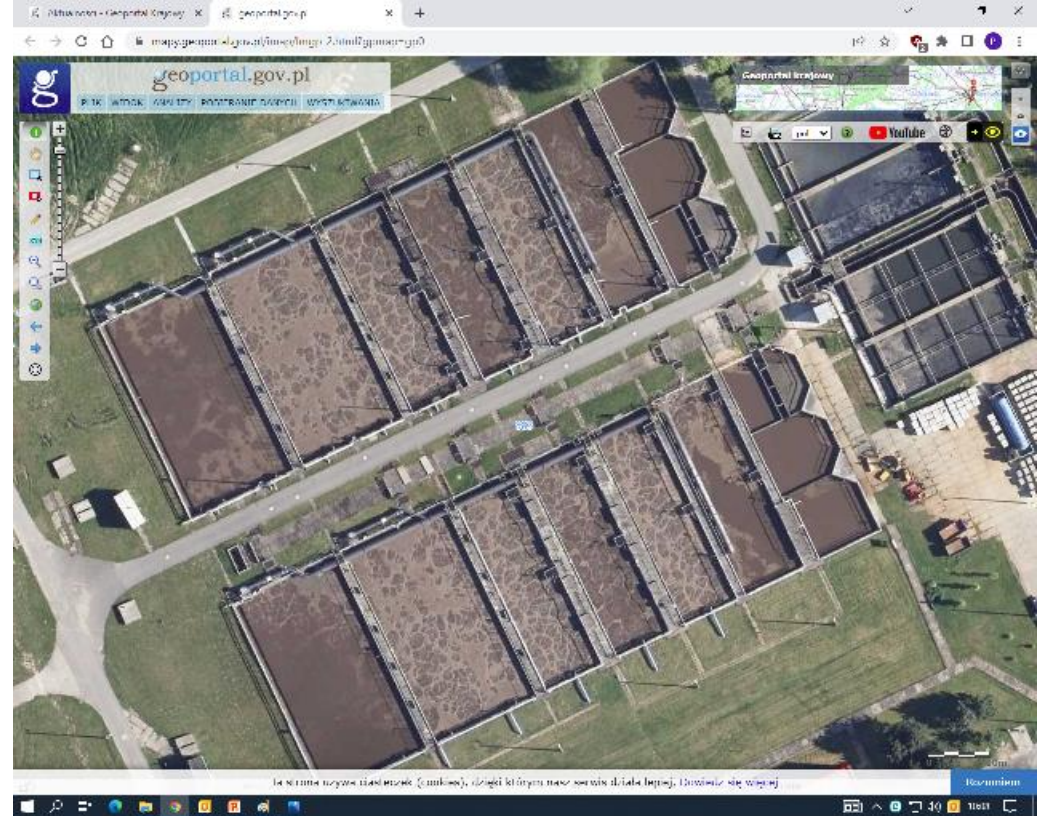
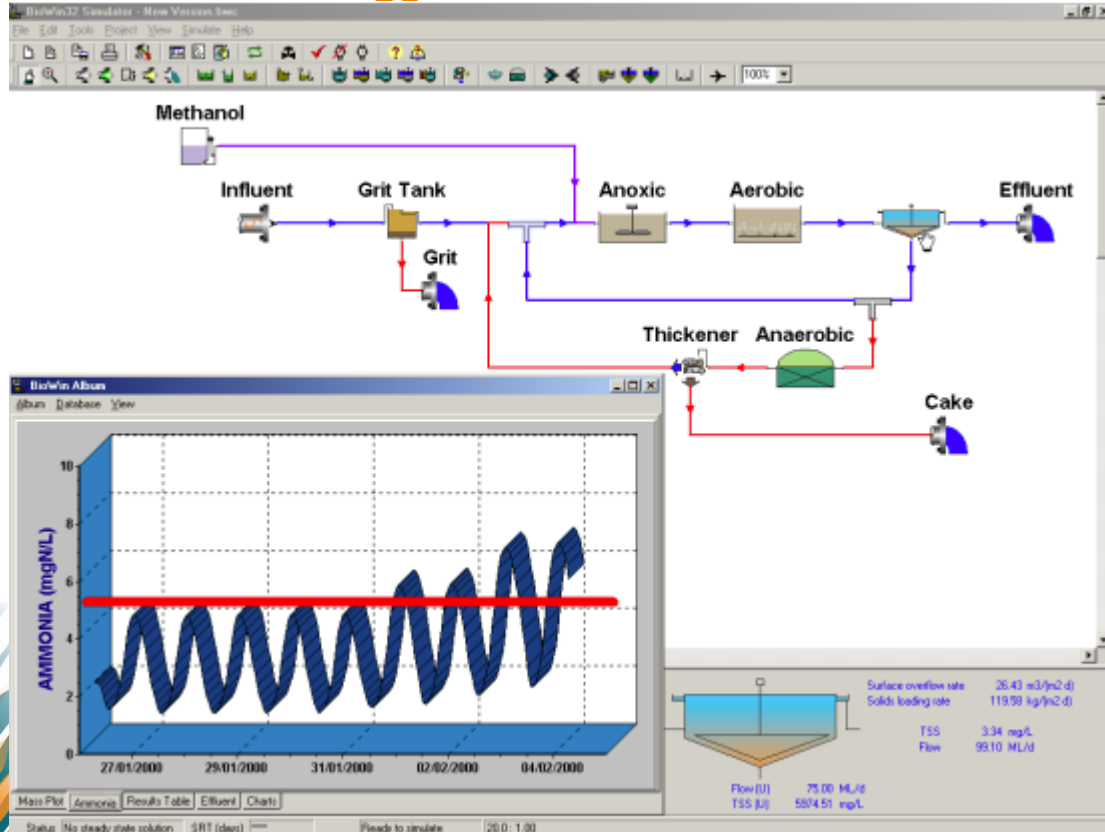
Dane opublikowane w Desalination and Water Treatment w 2021 r. przez P. Maciołek, K. Szymański, B. Janowska, M. Włodarczyk – Makuła, „Improving efficiency of nitrogen removal from municipal wastewater in modified A2O technological system – case study”



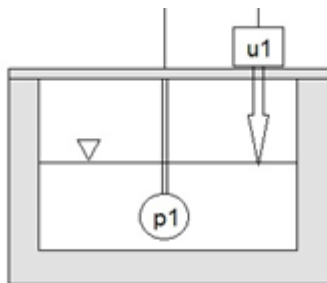
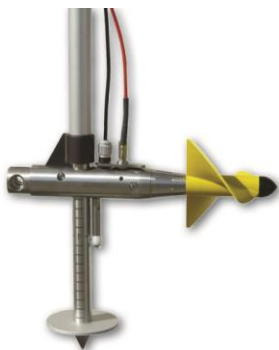




BIOWIN – program komputerowy do symulacji pracy oczyszczalni ścieków



Pomiar przepływu ścieków w kanałach otwartych za pomocą elektromagnetycznego przepływomierza zanurzeniowego



Kanał RB1	Distance from the edge of the channel wall, cm											
Głębokość pomiaru, cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	Prędkość średnia z danej głębokości, m/s
10 cm	0.316	0.332	0.334	0.316	0.289	0.275	0.219	0.205	0.211	0.225	0.223	0.268
20 cm	0.316	0.310	0.297	0.328	0.316	0.308	0.269	0.267	0.271	0.269	0.269	0.293
30 cm	0.219	0.223	0.223	0.252	0.260	0.242	0.246	0.236	0.234	0.258	0.252	0.240

7. Wnioski

- 1. Modyfikacja układu technologicznego A2/O oczyszczania ścieków pozwoliła zwiększyć efektywność oczyszczania ścieków w zakresie usuwania azotu ogólnego i zawiesiny ogólnej**
- 2. Obserwowany wzrost zużycia energii elektrycznej wymaga dalszych przedsięwzięć szczególnie w obszarze modyfikacji automatyki i sterowania urządzeniami, które biorą udział w procesie oczyszczania ścieków.**

8. Bibliografia

- A. Bernardelli, S. Marsili-Libelli, A. Manzini, S. Stancari, G. Tardini, D. Montanari, G. Anceschi, P. Gelli, S. Venier; Real-time model predictive control of a wastewater treatment plant based on machine learning. *Water Science of Technology*, 1 June **2020**; 81 (11): 2391–2400.
- Bo, YC, Zhang, X. Online adaptive dynamic programming based on echo state networks for dissolved oxygen control. *Applied Soft Computing*, **2018**; 62(1): 830–839,
- Itratni A. and Chang N., Advances in control technologies for wastewater treatment processes: status, challenges, and perspectives," in *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, **2019**, vol. 6, no. 2, pp. 337-363.
- Lin, MJ, Luo, F. Adaptive neural control of the dissolved oxygen concentration in WWTPs based on disturbance observer. *Neurocomputing* **2016**; 185(4): 133–141,

- Pascual-Pañach J., Cugueró-Escofet M. A., Sànchez-Marrè M, Interoperating data-driven and model-driven techniques for the automated development of intelligent environmental decision support systems, *Environmental Modelling & Software*, Volume 140, **2021**, 105021, ISSN 1364-8152,
- Piotrowski R., Zaawansowane algorytmy sterowania i optymalizacji w biologicznej oczyszczalni ścieków typu wsadowego, *Monografia 169* Politechniki Gdańskiej, **2018**.
- Piotrowski R., Błaszkiwicz K., Duzinkiewicz K., Analysis the Parameters of the Adaptive Controller for Quality Control of Dissolved Oxygen Concentration, *Information Technology and Control*, **2016**, 45(1), 42-51.
- Wei W., Chen N., Zhang, ZY, et al. U-model-based active disturbance rejection control for the dissolved oxygen in a wastewater treatment process. *Mathematical Problems in Engineering* **2020**; 3507910, 1–14.
- Ying-Chun, B., and Jun-Fei, Q. Heuristic Dynamic Programming Using Echo State Network For Multivariable Tracking Control Of Wastewater Treatment Process. *Asian Journal of Control*, **2015**, 17: 1654– 1666.
- Dong T., Chemically enhanced primary treatment processes for wastewater resource redirection and its impact on downstream processes, **2018**, *Electronic Thesis and Dissertation Repository*. 5939.

Dziękuję za uwagę!

