

Roopnarain, A., Rama, H., Ndaba, B., Bello-Akinosho M., Bamuzi-Pemu, E., Adeleke, R. Unravelling the anaerobic digestion 'black box': Biotechnological approaches for process optimization. *Renew. Sustain. Energy Rev*, 152, 111717, 2021.

Sežun, M., Grilc, V., Zupančič, G.D., Marinšek-Logar, R. Anaerobic digestion of brewery spent grain in a semi-continuous bioreactor: inhibition by phenolic degradation products. *Acta Chim Slov.*, 58(1), 158-166, 2011.

Szaja A, Montusiewicz A, Lebiocka M, Bis M. The effect of brewery spent grain application on biogas yields and kinetics in co-digestion with sewage sludge. *Peerj*, 8, 10590, 2020.

Szaja, A., Montusiewicz, A. Enhancing the co-digestion efficiency of sewage sludge and cheese whey using brewery spent grain as an additional substrate. *Bioresour Technology*, 291, 121863, 2019.

Tayibi, S., Monlau, F., Bargaz, A., Jimenez, R., Barakat, A. Synergy of anaerobic digestion and pyrolysis processes for sustainable waste management: A critical review and future perspectives. *Renew. Sustain. Energy Rev*, 152, 111603, 2021.

WPLYW DŁUGOŚCI CZASU PROWADZENIA POMIARÓW NA DOBÓR METODY SYMULACJI NA PRZYKŁADZIE DOPŁYWU DO OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Szeląg B. *, Bialek A. *, Łagód G. **, Majerek D. ***

** Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Polska, e-mail: bszelag@tu.kielce.pl*

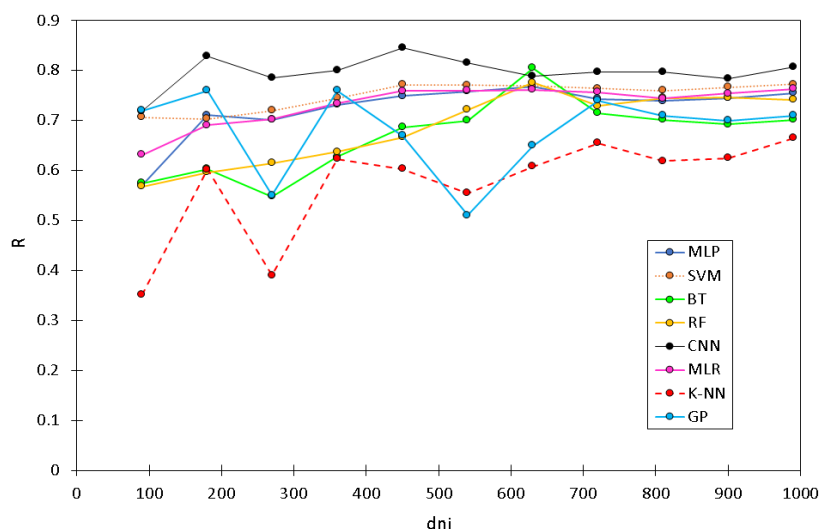
*** Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska, Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, Polska, e-mail: g.lagod@pollub.pl*

**** Politechnika Lubelska, Wydział Podstaw Techniki, Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin, Polska, e-mail: d.majerek@pollub.pl*

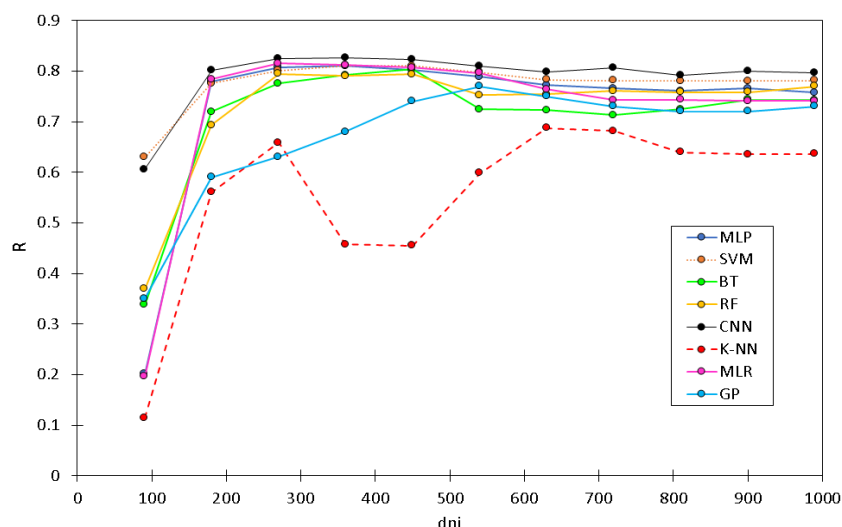
Jednym z kluczowych czynników mających wpływ na dokładność modelowania dopływu ścieków do oczyszczalni, w tym również procesów zachodzących w oczyszczalni, jest długość okresu prowadzenia pomiarów. Jest to istotny czynnik determinujący zmienność danych w zbiorze i ich rozkłady empiryczne, a co za tym idzie ma także duży wpływ na dobór właściwej metody do prognozy badanego procesu w oczyszczalni ścieków. Poza długością okresu prowadzenia pomiarów istotne znaczenie może mieć również sposób gromadzenia danych na obiektach, tj. czy dane zbierane są w sposób ciągły ze stałym krokiem czasowym, czy może w różnych odstępach czasu. Mimo tego, że jest to istotny aspekt modelowania, to nie był on do tej pory badany. Nie rozpatrywano także problemu minimalnej wymaganej długości szeregu czasowego w odniesieniu do tworzenia modeli statystycznych. Im dłuższe są zbierane ciągi danych, tym model powinien lepiej odwzorowywać rzeczywistość. Jednak, im dłuższe są te ciągi, tym, w przypadku układów z zamontowanymi na dopływie ścieków analizatorami, koszty ich działania i eksploatacji są wyższe.

Mając na względzie powyższe uwagi podjęto próbę ustalenia minimalnego wymaganego okresu prowadzenia pomiarów na przykładzie modelu do prognozy dopływu ścieków do oczyszczalni wyznaczanego za pomocą metod MLR, BT, RF, MLP, SVM, CNN i GP. Podjęto również próbę ustalenia referencyjnej metody spośród rozpatrywanych w pracy metod dla przypadków, gdy występują braki w ciągłości danych. W prowadzonych analizach rozpatrzono dwa warianty. W pierwszym z nich przyjęto, że dane gromadzone są w układzie on-line ze stałym

krokiem próbkowania odpowiednio przez okres 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 miesięcy. W drugim wariancie przyjęto, że dane są gromadzone w sposób nieciągły. Dla różnych długości ciągów pomiarowych opracowano modele za pomocą metod MLR, k-NN, RF, BT, MLP, SVM oraz CNN. Dla wyznaczanych modeli obliczono wartości R dla przyjmowanych okresów pomiarowych, rys. 1, 2. W celu interpretacji otrzymanych wyników w pierwszej kolejności zajęto się pomiarami wyznaczonymi w sposób nieciągły. Analizując zmienność wyznaczonych krzywych (rys. 1 i 2) wykazano, że liczba danych i sposób ich gromadzenia istotnie wpływa na wyniki modelowania dopływu ścieków do oczyszczalni. Najgorsze wyniki prognoz rozpatrywanymi metodami w obu rozważanych wariantach uzyskano dla danych gromadzonych przez okres 3 miesięcy. W przypadku danych zbieranych w sposób ciągły i nieciągły największe błędy prognozy dopływu stwierdzono w metodach k-NN i GP, co potwierdzają obliczone wartości R . Na podstawie otrzymanych wyników można również stwierdzić, że po okresie nie krótszym niż 24 miesiące rezultaty modelu wyznaczonego za pomocą metody GP są zbliżone do rezultatów ustalonych pozostałymi metodami. Z kolei, w przypadku metody k-NN, mimo stosunkowo długiego okresu prowadzenia pomiarów wyniki modelowania są gorsze niż w przypadku pozostałych metod. Tak duża zmienność wartości R w zależności od liczby danych uczących w modelu k-NN wskazuje na dużą wrażliwość metody na liczbę danych do budowy modelu. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że spośród analizowanych metod najmniejszą wrażliwością na liczbę danych pomiarowych i ich zmienność charakteryzują się modele sieci neuronowych (MLP, SVM, CNN). Krótszy okres stabilizacji wyników obliczeń (9 miesięcy), niż w metodzie GP, stwierdzono w modelach otrzymanych metodami SVM, MLR, BT i RF (wartość R nie zmieniała się o więcej niż 10%, mimo wydłużania okresu pomiarów).



Rys. 1. Wpływ długości okresu pomiarów natężenia przepływu na wyniki modelowania dla nieciągłego pomiaru danych na przykładzie oczyszczalni Sitkówka–Nowiny.



Rys. 2. Wpływ długości okresu prowadzenia pomiarów natężenia przepływu na wyniki modelowania dla ciągłego pomiaru danych na przykładzie oczyszczalni Sitkówka–Nowiny.

Stwierdzono, że różnice w otrzymanych wartościach R dla poszczególnych metod korzystających z danych gromadzonych w sposób ciągły są mniejsze, niż w przypadku modeli tworzonych przy użyciu danych gromadzonych w sposób nieciągły. Dla modeli opracowanych w oparciu o dane gromadzone w sposób nieciągły (rys. 1) stwierdzono, że podobnie jak w modelach tworzonych na podstawie danych ciągłych najlepsze wyniki symulacji i najszybszą stabilność rozwiązania uzyskano metodą CNN (już w przypadku 180). Wydłużanie okresu pomiarowego w przedziale 270÷990 dni (w przypadku pomiarów realizowanych w sposób nieciągły, np. 3 razy w tygodniu, odpowiada to dla dolnej granicy przedziału liczbie 1,875 lat, tj. 1 rok i 10 miesięcy, lub 6,875 lat, tj. 6 lat i 10 miesięcy, dla górnej granicy przedziału) prowadziło do zmian współczynnika korelacji na poziomie 5%, przy czym minimalna wartość R nie była mniejsza, niż 0,79. Mniejsze dopasowanie wyników w rozpatrywanych okresach pomiarowych ($R = 0,70\div 0,76$) uzyskano stosując metody MLR, MLP i SVM, przy czym stabilność uzyskiwanych wyników na stałym poziomie otrzymywano po okresie 9 miesięcy pomiarowych.

ZINTEGROWANY SYSTEM IT DO OPTYMALIZACJI DZIAŁANIA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

*Szeląg B. *, Łagód G. ***

** Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Polska, e-mail: bszelag@tu.kielce.pl*

*** Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska, Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, Polska, e-mail: g.lagod@pollub.pl*

Kontrola i optymalizacja działania oczyszczalni ścieków stanowi istotne, choć skomplikowane zadanie, co wynika ze złożoności procesów zachodzących w obiektach technologicznych. Obiekt może być skutecznie zarządzany w sytuacji gdy w układzie on – line gromadzone są i interpretowane dane, lub też gdy przy zastosowaniu odpowiednich technik