

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education and Scientific Research
University of Technology
Building and Construction Engineering Department



Mathematical Modeling to Simulate the Activated Sludge Process of Al-Rustumiah 2nd Extension WWTP

A thesis submitted to the department of Building and Construction
Engineering of the University of Technology in a partial fulfillment of the
requirements for the degree of Master of Science in Environmental Engineering

By

Faisal Alaa Kamal Al-Yaseein

B.Sc. in Civil Engineering

Supervised by:

Lec.Dr. Aumar Al-Nakeeb

Lec.Dr. Saad Faik Abbas Al-Wekel

2017 – 1438

Abstract

Mathematical modelling and simulation of activated sludge systems have gained increasing attention in wastewater treatment within the last years. In particular, standardized mathematical models are implemented in several simulation platforms for many applications in design, optimization, control and research in activated sludge systems.

The aim of this Study is to modify a model for simulate Activated Sludge System Process (Biological reactors and secondary settling tank) of Al-Rustimiyah 2nd extension Wastewater Treatment Plant (WWTP) which is located in Baghdad City, Iraq. this model should predict the performance of actual plant, and to apply different modes of aeration and control strategies to find possible alternatives to reduce energy consumption and enhance efficacy of the plant.

The model has been modified by adjusting and rebuilding a simulation Benchmark Simulation Model 1 (BSM1) to present actual plant, the model has implemented in (Matlab /Simulink V8.5) software. The model of the plant was based on the state-of-the-art of Activated Sludge Model No.1 (ASM1) combined with the one-dimensional 10-layers (Tackés) model for the secondary clarifier.

The ASM1 has been calibrated by detecting the main kinetic parameters characterizing the growth of heterotrophic bacteria in activated sludge of Al-Rustimiyah 2nd extension WWTP, which was done by respirometric test and mathematical sub-model which built in Matlab to optimize best values of

(maximum growth rate $\mu_{\max H}$, Decay rate b_h and Half saturation coefficient K_s), and the obtained values were (6.8, 0.28 and 30) respectively.

The available design data, average daily flow rate characteristics and operation condition of plant were employed for building model and to estimate the ability of simulation model to predict the performance of real plant. The simulation has done for both steady state and dynamic influent.

The simulation results of both steady-state and dynamic influent are compared with actual plant and show acceptable degree to predict TSS and COD effluent quality and operation conditions as dissolved oxygen and sludge concentration in the biological reactors and sludge age etc.

Energy consumption reduction of aeration was done by setting up a number of process alternatives including on-off, Proportional Integral (PI) control, variable speed drives and the installation of diffused aerators, and simulating each alternative with dynamic influent. The percentage of reducing energy consumption for each mode and control alternative is obtained from simulation results. It is found that energy of variable speed drives with on-off and PID controllers reduced to 4.6% and 9% respectively. However, the energy in diffused aeration alternative with on-off and PID controllers is reduced to 34.4% and 40.6% compared to the present consumption in Al-Rustamiyah 2nd extension.

The plant has experienced severe (>0.8) risk for (integrated) FOAMING during 0 days, i.e. 0% of the operating time.

...and risk for the development of (integrated) Foaming 100% of the operating time.

average risk 0.36506

The plant has experienced OVERALL severe (>0.8) risk for OVERALL SETTLING PROBLEMS during 2.2708 days, i.e. 32.4405% of the operating time.

...and risk for the development of OVERALL SETTLING PROBLEMS 100% of the operating time.

average risk 0.65356

The most dangerous situation was between days 7.7188 and 7.7292

ولقد تم جمع المعلومات المتوفرة الخاصة بتصميم المحطة وتشغيلها والمعدلات اليومية لخواص مياه الصرف الداخلة والخارجة وكمياتها وذلك لتوظيفها في بناء النموذج ومعرفة قدرة النموذج على محاكاة النموذج على التنبؤ بأداء المحطة الحقيقي.

وتمت محاكاة النموذج في الحالة الساكنة عند تسليط تصريف ثابت وكذلك محاكاة ديناميكية وقد تم عمل مقارنة مع المعلومات المقاسة من المحطة وذلك لمعرفة قدرة نموذج المحاكاة (الافتراضي) على التنبؤ بأداء المحطة ومعايرته. وقد اظهرت النتائج درجة مقبولة للتنبؤ بتراكيز المتطلب الاوكسجين الكيميائي (COD) وتراكيز العوالق (TSS) في التصريف الخارج وكذلك تمثيل جيد للشروط التشغيلية كالأوكسجين المذاب في المفاعلات وعمر الحمأة وتراكيزه لكل مفاعل.

وبعد ذلك تم تطبيق بدائل لأجل تقليل الاستهلاك في الطاقة المستخدمة في التهوية تضمنت استبدال نظام التهوية الميكانيكي القديم الثابت السرعة بأخر متغير مع متحكمات وأيضاً نظام ناشرات متغير السرعة، وكذلك طبق نظام التحكم المتقطع (on-off) ونظام التحكم التماثلي التكاملية (PI Controller) وتم اجراء المحاكاة الديناميكية لكل هذه البدائل، وتم الحصول على النسبة المئوية لتخفيض استهلاك الطاقة لكل بديل. وقد وجد ان استهلاك الطاقة في المحركات الميكانيكية ذات السرعة المتغيرة مع وحدات تحكم متقطعة (on-off) والتناسبية (PI) انخفضت الى 4,6% و9% على التوالي. في حين، ان الاستهلاك في حالة استخدام نظام الناشرات مع وحدات التحكم المتقطعة (on-off) و (PID) قد انخفضت الى 34.4% و40.6% على التوالي مقارنة بالاستهلاك الحالي في محطة الرستمية.

المستخلص

ان النمذجة الرياضية والمحاكاة لنظام الحمأ المنشطة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي قد حظيت باهتمام كبير في السنوات الأخيرة. في الواقع هناك نماذج رياضية موحدة تنفذ في العديد من منصات المحاكاة، لمحاكاة أنظمة المعالجة بالحمأ المنشطة والتي تطبق في تصميم وتحسين وبناء استراتيجيات السيطرة والتحكم والبحوث.

إن الهدف من هذه الدراسة تطوير نموذج لمحاكاة وحدة الحمأ المنشطة (والذي يشمل خزان المفاعل البيولوجي وحوض الترسيب الثانوي) للتوسع الثاني في محطة معالجة الصرف الصحي الرستمية الواقع في مدينة بغداد. ويكون لهذا النموذج القابلية على التنبؤ بأداء المحطة وكذلك يستفاد من النموذج المعايير في تطبيق واختبار طرق تهوية مختلفة واستراتيجيات للتحكم لإيجاد أفضل البدائل لتقليل الطاقة المستهلكة وتحسين كفاءة المحطة.

تم ذلك بتعديل وإعادة بناء نموذج المحاكاة القياسي 1 (BSM1) المطور من قبل COST ليحاكي المحطة الحقيقية المدروسة ونفذ النموذج باستخدام برنامج (Matlab/SimulinkV8.5) كمنصة محاكاة. وقد استخدم نموذج الحمأ المنشطة الرياضي الموحد 1 (ASM1) لمحاكاة التفاعلات البيولوجية الكيميائية في المفاعل، جنباً الى جنب مع نموذج الترسيب احادي الاتجاه (Tackcs) لمحاكاة عملية الترسيب الثانوي.

وقد تم معايرة نموذج الحمأ المنشطة (ASM1) وذلك بإيجاد قيم المعاملات الحركية الرئيسية والأكثر حساسية لنمو البكتريا العضوية التغذية في الحمأ المنشطة في الرستمية 2 , وتم ذلك باستخدام الفحص التنفسي لعينة من الحمأ المنشطة المأخوذة من المحطة وبناء نموذج رياضي فرعي يحاكي الفحص ويجد افضل القيم لثلاث من المعاملات الحركية وهي (معدل النمو الأقصى μ_{maxH} , معدل التحلل b_n , نصف معامل التشبع K_s) وكانت القيم التي تم الحصول عليها (6.8 ، 0.38 و 30) على التوالي.



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التكنولوجية
قسم هندسة البناء والإنشاءات

النمذجة الرياضية لمحاكاة معالجة الحمأة المنشطة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في (مشروع الرستمية - التوسع الثاني)

أطروحة مقدمة الى

قسم هندسة البناء والإنشاءات في الجامعة التكنولوجية وهي جزء من متطلبات نيل

درجة الماجستير في هندسة البيئة

من قبل

فيصل علاء كمال

بكالوريوس في الهندسة المدنية

بإشراف

م.د عمر نجدت النقيب

م.د سعد فايق عباس الوكيل

1438 – 2017