

دراسة وتقييم الاداء الامثل لحوض مزج كلور التعقيم لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في محافظة ذي قار في العراق

د.علي هادي غاوي^١

تاريخ الاستلام : ٢٠١٧/١/٤ ، قبول النشر ٢٠١٧/٤/١٥

الخلاصة

تعاين أحواض التعقيم في محطات الصرف الصحي من قلة الكفاءة بتعقيم المياه المعالجة التي تطرح للأفانار وبالتالي فهي تحتاج الى كمية كبيرة من الكلور لغرض التعقيم وذلك نتيجة لوجود مناطق لا يصلها الكلور (Dead Spaces) في أحواض الكلور (Contact Tank) وكذلك تحتاج الى زمن تماس طويل أكثر من المحدد بالمواصفات الخاصة بأحواض التعقيم. تناول هذا البحث دراسة الاداء الامثل لحوض مزج الكلور الذي يقع في بداية حوض تعقيم مياه الصرف الصحي لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة الناصرية في محافظة ذي قار التي تقع جنوب العراق. تم في هذا البحث استخدام نموذج ديناميكية السوائل الحسابية CFD (Computational Fluid Dynamics) في اجراء تحليل رقمي ثنائي الأبعاد لغرض إيجاد الاداء الامثل لحوض مزج الكلور بالاستعانة ببرنامج FLUENT 6.3.26 و برنامج GAMBIT 2.3.16 وتم استخدام تعريف الدالة UDF (User Defined Function) لغرض اجراء التحسينات في الموديل الرياضي بما يناسب حوض مزج الكلور موضوع البحث. بينت نتائج الدراسة ان سرعة الدوران المثالية لجهاز المزج هي ١٤٠ دورة الدقيقة وانه يمكن تقليل تركيز الكلور المستخدم لتعقيم مياه الصرف الصحي الى ٥ ملغرام/لتر، وهو التركيز الامثل للكلور الواجب توفيره للحصول على مياه صرف صحي معقمة ومطابق للمواصفات العراقية لمياه الصرف الصحي التي تطرح لمياه نهر الفرات. وكذلك تم في هذه الدراسة إيجاد افضل زمن تماس للكلور والذي يحقق وافضل اداء وقيمه ٢٠ ثانية. الكلمات الدالة: حوض التعقيم، الكلور، محطة معالجة مياه الصرف الصحي، زمن التماس، الخلط، نموذج ديناميكية السوائل الحسابية.

Study And Evaluation The Optimal Performance Of The Mixing Chlorine Tank In Dhi Qar Wastewater Treatment Plant In Iraq

Ali Hadi GHAWI

Abstract

Chlorine contact tank in water and waste water treatment plant suffer from a lack of efficiency disinfected treated water, which discharge to the rivers and they need a large amount of chlorine for the purpose of disinfection as a result of the presence of dead zones in the basins of chlorine as well as the need to contact a long more than exact standard specifications for the tanks disinfection time. This study deal with optimal performance basin mixing chlorine, which is located at the beginning of Chlorine contact tank of waste water treatment plant in the city of Nasiriyah in Dhi Qar, which is located south of the province of Iraq. In this paper, the use of computational fluid dynamic model in the numerical analysis for the purpose of finding the optimum performance of the chlorine mixing tank with the help of the program FLUENT 6.3.26 and program GAMBIT 2.3.16. Also in this study was used User Defined Function for the purpose of improvements of mixing chlorine. Where the results of the study showed that the ideal rotational speed of the mixer is 140 rpm as well as the results showed Numerical Model that can reduce chlorine dose to 5 mg\liter, which is the optimum concentration of chlorine to be supplied for wastewater disinfect and is identical to the Iraqi specifications water sanitation, which discharge to the Euphrates River. In this study the best contact time of chlorine which give the best performance for mixing was 20 seconds.

١ - المقدمة

مياه الفضلات البلدية هي خليط من المياه التي تصل إلى شبكة المجاري نتيجة للاستخدام المنزلي والصناعي والاستخدام العام. خصائص وتركيب هذه الفضلات يعتمد على مصدرها، كما أنها لا تبقى محافظة على خصائصها بل هي في عملية تغير مستمر. هذا التغير في الخصائص يحدث مع مرور الزمن والمكان كما إن نوعية هذه الفضلات في الصباح يختلف عنه في المساء نتيجة للفعالية البيولوجية خلال ساعات النهار (الفتلاوي، ٢٠٠٠).

^١ مدرس في قسم الهندسة المدنية ، جامعة القادسية ، ali.ghawi@qu.edu.iq .

لا تسمح عملية تخثير الشوائب مع عمليات الترسيب والترشيح اللاحقة، وكذلك عملية الكلورة المسبقة للمياه بالحصول على إزالة كاملة للبكتيريا الضارة، حيث تحافظ حتى ١٠ % من البكتيريا والفيروسات على حياتها بعد العمليات السابقة . وكذلك لا تسمح عمليات المعالجة المختلفة لمياه الصرف الصحي بالقضاء على الإحياء الممرضة في هذه المياه. لذلك تعتبر عملية التعقيم هي العملية النهائية اللازمة لتحضير مياه الشرب وكذلك لمعالجة مياه الصرف الصحي قبل طرحها إلى المجمعات المائية الطبيعية أو استخدامها للأغراض المختلفة (آمال وآخرون، ٢٠١٠).

ان هدف تعقيم مياه الصرف الصحي هي عملية القضاء على الأحياء الدقيقة الممرضة وغيرها من العضيات التي يمكن أن تجعل المياه غير صالحة للاستخدام لأغراض الشرب ولبعض الاحتياجات الاقتصادية الأخرى. تعتبر نوعية المياه هي المؤشر الذي من خلاله يمكن اعتبار المياه صالحة للإنسان والاستخدامات الأخرى. وهذه المؤشرات تتضمن المحتوى الميكروبي والصفات الكيميائية والفيزيائية للمياه (عباوي ومحمد سلمان ١٩٩٠).

وتعقم المياه بعد المعالجة من أجل القضاء على ما تبقى فيها من بكتيريا الضارة ومنع حدوث التلوث الميكروبي في مصادر المياه، فبعد المعالجة لمياه العادم المختلفة في المرشحات- المصافي- وأحواض التهوية يتم التخلص من حوالي ٩٥ % من البكتيريا الموجودة أصلاً في مياه الصرف الصحي العادمة، ولا يمكن التخلص من البكتيريا الضارة بشكل كامل إلا بتعقيم المياه المعالجة. في هذا البحث تم دراسة التصاميم الخاصة بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي صوب الجزيرة في مدينة الناصرية في محافظة ذي قار والمعدة من قبل مكتب الخدمات العلمية والاستشارية في جامعة القادسية كلية الهندسة بالتعاون مع شركة سيركو الإيطالية. حيث ان هذه المحطة تخدم ٣٠٠٠٠٠ ألف نسمة وتم دراسة الامثلية لاداء حوض مزج الكلور الذي يقع في بداية حوض التعقيم. حيث تعاني احواض التعقيم في محطات الصرف الصحي من قلة الكفاءة بتعقيم المياه المعالجة التي تطرح للأنهار وبالتالي فهي تحتاج الى كمية كبيرة من الكلور لغرض التعقيم وذلك نتيجة لوجود مناطق لا يصلها الكلور (Dead Spaces) و دوامات غير مكتملة للمزج (Short Circuiting) و ترسب المواد الصلبة مما يؤدي الى تفسخها لاحقاً في احواض الكلور (Contact Tank) وكذلك تحتاج الى زمن تماس اطول اكثر من المحدد بالمواصفات الخاصة بأحواض التعقيم. تناول العديد من الباحثين دراسة حوض التعقيم (Baffle Contact Tanks) في محطات معالجة مياه الصرف الصحي و معالجة مياه الشرب باستخدام دراسات مختبرية و موديلات رياضية بهدف تحسين ادائها مثل:

Ghawi and Kris (2007); Ghawi and Kris (2008); Stamou, (2008); Tian and Roberts, (2008); Ghawi (2009); Ghawi and Kris (2009); Ghawi and Ghazi (2010); Ghawi et al. (2010); Ghawi and Kris (2010); Ghawi (2011); Ghawi and Kris (2012); Zhang et al., (2013); Angeloudis et al., (2014); Zhang et al., (2014a); and Zhang et al., (2014); Ghawi (2015); Ghawi (2017A); Ghawi (2017B); and Ghawi (2017C).

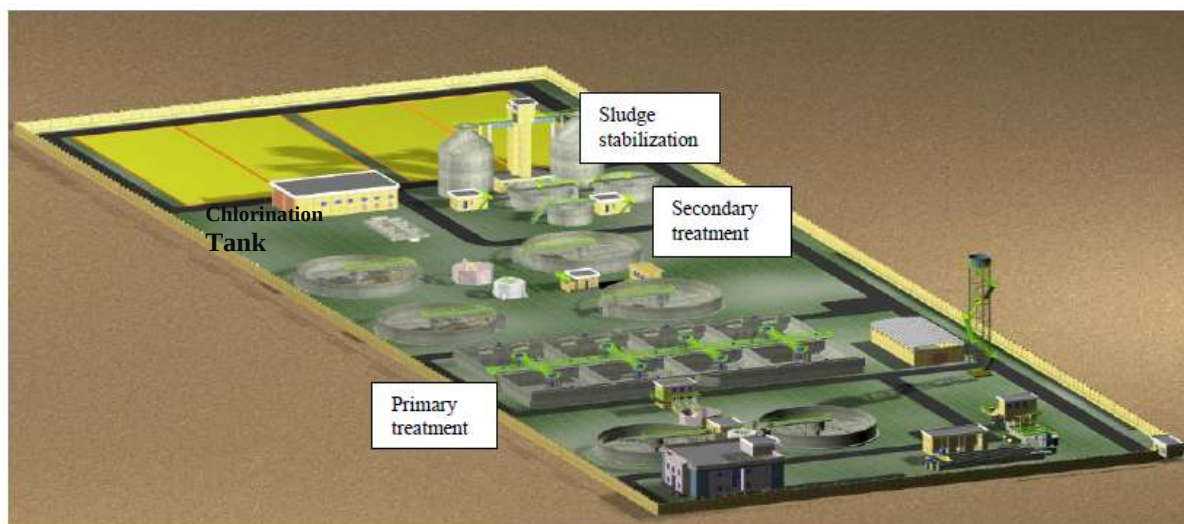
٢- مشكلة البحث

لم يتناول الباحثين في دراساتهم السابقة امكانية اضافة حوض مزج صغير الحجم في بداية احواض التعقيم بهدف توزيع امثل للكلور و تقليل زمن التماس و تقليل تركيز الكلور بأعلى فعالية لذلك تم في هذا البحث دراسة اضافة حوض مزج في بداية حوض التعقيم بهدف تحديد افضل سرعة مزج للكلور وافضل زمن تماس وافضل تركيز للكلور باستخدام موديل رياضي يسمى نموذج ديناميكا السوائل الحسابية (CFD) برنامج FLUENT6.3 بعد تطويره باضافة معادلات خاصة بتركيز الكلور وسرعة الدوران للمزج.

٣- وصف محطة صوب الجزيرة لتصفية مياه الصرف الصحي في مدينة الناصرية.

يعتبر مشروع محطة معالجة مياه الصرف الصحي صوب الجزيرة في مدينة الناصرية في محافظة ذي قار من المشاريع الاستراتيجية العملاقة للبنى التحتية حيث تخدم ٣٠٠٠٠٠ نسمة. ويقع قضاء الناصرية الى الجنوب الشرقي من مدينة بغداد حيث تبعد عنها مسافة (375 كم) تقريباً وتبلغ مساحتها بحدود (44 كم²). وتقوم بمعالجة مياه الفضلات لتقليل الآثار السلبية لها وطرحها الى نهر الفرات. يقع الموقع المراد إنشاء محطة لمعالجة مياه المجاري الثقيلة لمدينة الناصرية - صوب الجزيرة على قطعة ارض تبلغ المساحة التي ستنشأ عليها المحطة (٤٠ × ٤٢٨) م . وموقع المحطة المشار إليه يقع خارج حدود التصميم

الأساس للمدينة. أن معدل التصريف الداخل إلى المحطة يقدر بحوالي (٦٠٠٠٠) م^٣/يوم والتصريف الأقصى (١٠٠٠٠٠) م^٣/يوم. وتعتبر محطة المعالجة من النوع التقليدية التي تستخدم اسلوب المعالجة بالحماة المنشطة (Activated Sludge). وتحتوي المحطة على حوض التعقيم (Disinfection Tanks) لأجراء تعقيم (قتل الأحياء المجهرية) بواسطة الكلور. الشكل رقم ١ يبين مكونات محطة معالجة مياه الصرف الصحي صوب الجزيرة. والجدول رقم ١ يبين المواصفات التصميمية ومواصفات المياه الداخلة والخارجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي.



شكل ١. مخطط ثلاثي الابعاد يبين احواض محطة معالجة مياه الصرف الصحي في الناصرية
الجدول ١. المواصفات التصميمية ومواصفات المياه الداخلة والخارجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي (المديرية العامة للمجاري)

ت	المحدد	الرمز	القيمة قبل المعالجة	القيمة بعد المعالجة
١	الحرارة	T	15°C (winter) 30°C (summer)	15°C (winter) 30°C (summer)
٢	الاسم الهيدروجيني	pH	7	7
٣	المتطلب الحيوي للأوكسجين	BOD5	360 mg/l	20 mg/l
٤	المتطلب الكيماوي للأوكسجين	COD	460 mg/l	90 mg/l
٥	المواد الصلبة العالقة الكلية	TSS	360 mg/l	60 mg/l
٦	النيتروجين الكلي	TKN	40 mg/l	10 mg/l
٧	الامونيا	NH4-N	30 mg/l	-
٨	النيتروجين العضوي	Organic-N	10 mg/l	-
٩	الفوسفور الكلي	TP	8 mg/l	1 mg/l

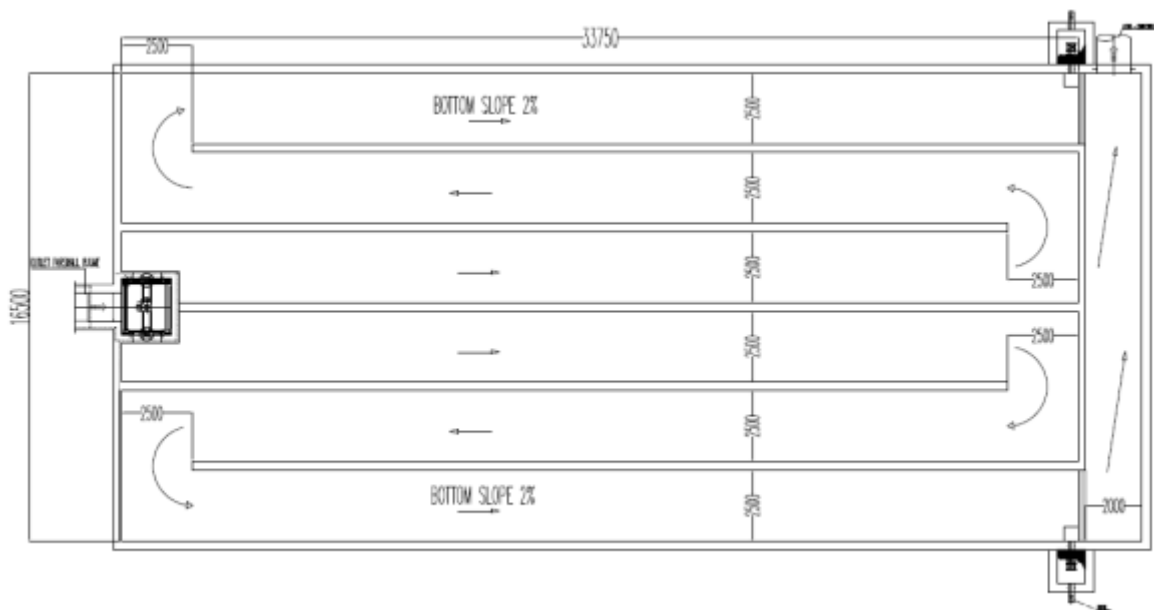
٤- طرائق ومواد البحث

نسعى في هذا البحث إلى تحسين أداء حوض مزج الكلور عن طريق النمذجة الحاسوبية. حيث تم استخدام تقنية نموذج ديناميكا السوائل الحسابية CFD (Computational Fluid Dynamics)، والذي يستخدم أساليب رقمية مختلفة وعدد من الخوارزميات الكمبيوترية من أجل حل وتحليل المشاكل التي تشمل تدفق السوائل. تتيح هذه التقنية للباحث معرفة توزيع الضغط والسرعة والتركيز و الجريان والطاقة الحركية وشدة الاضطراب والكثافة وغيرها من البارامترات ولكن سنكتفي في دارستنا بتوزيع الضغط والسرعة لمياه الصرف الصحي و الخلط و تركيز الكلور. الحسابات المطلوبة لمحاكاة جريان السوائل مع السطوح المعرفة بالشروط الحدية، والشروط الأولية تتم ببرنامج FLUENT 6.3.26. وتشكل معادلات Navier-Stokes الأساس الأولي من أجل حل مشاكل ديناميك السوائل. كما تحكم معادلة الاستمرارية، معادلة الطاقة ومعادلة كمية الحركة Navier-Stokes تدفق السائل في الجريان داخل حوض المزج. وتم إعداد نموذج رياضي لعمليات جريان الموائع و مزج الكلور ضمن حوض المزج وربط

معادلاتها الواصفة مع الأبعاد التصميمية للحوض بعد إجراء دراسة تحليلية شاملة لكافة المعادلات الخاصة بتحسين اداء حوض المزج وكما ستبين في وصف النموذج الرياضي. أدناه وصف للنموذج الفيزيائي (حوض مزج الكلور) والموديل الرياضي وكما يلي:

أ. النموذج الفيزيائي (حوض مزج كلور التعقيم)

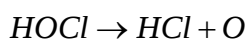
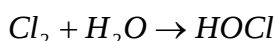
يقع حوض المزج في بداية حوض التعقيم كما مبين في الشكل ٢ و الشكل ٣. حيث ان حجم حوض المزج ٣.٤٥٦ م^٣ ويحتوي على بوابتين تقوم بتوزيع مياه الصرف الصحي القادمة من احواض الترسيب بعد مزجها بالكلور الى حوض التعقيم. والشكل ٤ يبين ان منظومة الكلور المستخدمة في المشروع حيث ان انبوب نوع PVC بقطر ٥٠ ملم ينقل الكلور السائل من بناية التعقيم الى حوض المزج. ويحتوي حوض المزج على خلط بقطر ٤٨٠ ملم وبطول ٢.١٢ م يعمل بالطاقة الكهربائية ويحتوي على ٤ مراوح لغرض مزج المياه بالكلور بصورة جيدة قبل ارسال المياه الى حوض التعقيم (شكل ٥).



شكل ٢. مخطط يوضح حوض مزج الكلور وحوض التعقيم

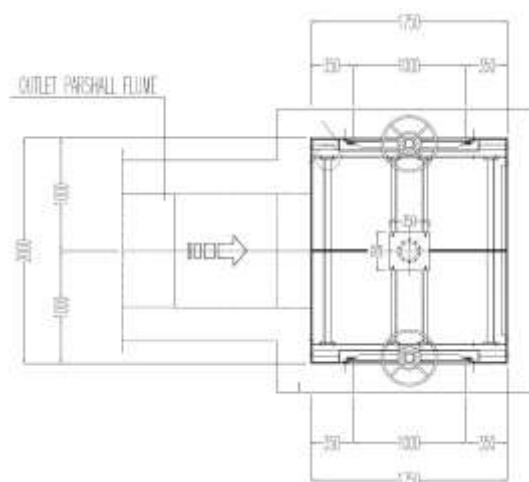
أن مرحلة المعالجة النهائية في محطة المعالجة المياه الثقيلة (الصرف الصحي) هي معالجة كيميائية وذلك بإضافة

الكلورين على النحو التالي :

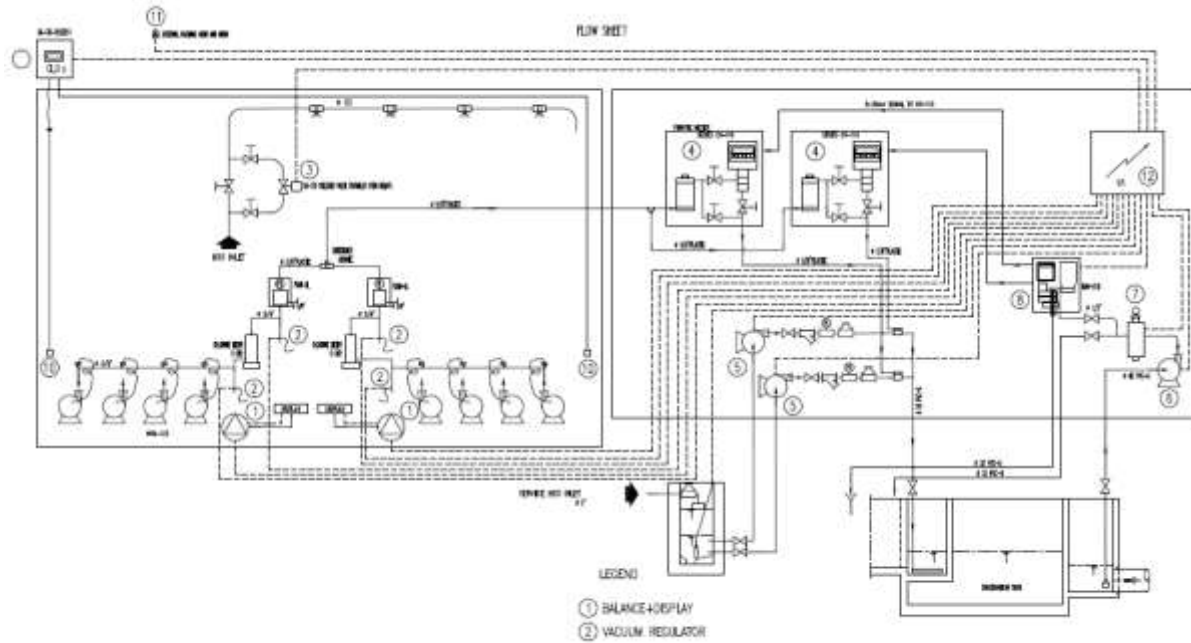


حيث سيتم في هذا البحث تحديد سرعة الدوران المثالية للخلط و كمية الكلور التي تحقق اقل كلفة و افضل تعقيم و اقل

وقت للمزج قبل طرح المياه المعالجة الى نهر الفرات.



شكل ٣. مخطط يوضح حوض مزج الكلور



شكل ٤. مخطط يوضح منظومة التعقيم بواسطة الكلور في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في الناصرية



شكل ٥. صورة الخلاط

ب. النمذجة الرياضية - وصف لمعادلات نموذج ديناميكا السوائل

تستخدم المعادلات الرياضية في نموذج ديناميكا السوائل الحاسوبية (CFD) لوصف فيزياء تدفق السوائل. تم استخدام معدلات الاستمرارية و الطاقة و الزخم بالإضافة الى معادلة نافير ستوك لوصف الجريان و حلة عدديا في نموذج ديناميكا السوائل الحاسوبية (CFD) وأدناه المعادلات التي استخدمت في هذا البحث (FLUENT 6.3 User's Guide 2006):

Continuity Equation معادلة الاستمرارية:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \cdot u) = 0 \quad (1)$$

Navier-Stokes Equation معادلة نافير ستوك :

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u u) = -\nabla p + \nabla \cdot \tau + \rho g \quad (2)$$

Energy Equation معادلة الطاقة:

$$\rho c_{\mu} \frac{\partial T}{\partial t} + \rho c_{\mu} U_i \frac{\partial T}{\partial x_i} = -P \frac{\partial U_i}{\partial x_i} + \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x_i^2} - \tau_{ij} \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \quad (3)$$

حيث ان P تمثل الكثافة، u السرعة، p الضغط، g الجاذبية المتجهة، و τ قوى قص اللزوجة.

- وصف لمعادلات الجريان الاضطرابي (Turbulent Flow)

لتمثيل عملية مزج الكلور في حوض المزج قمنا باستخدام النموذج القياسي $k-\varepsilon$ ، والمعروض بالنموذج الاضطرابي للجريان. فعندما تزيد سرعة المزج سوف يزداد رقم رنولد ويتحول من جريان طباقى الى جريان اضطرابي ويصبح الجريان غير مستقر ومشوش وهذا يسمى بالجريان الاضطرابي.

ان النموذج القياسي الاضطرابي $k-\varepsilon$ يتكون من معادلتين. الاولى تسمى معادلة الطاقة الاضطرابية الحركية k ، والمعادلة الثانية تسمى معادلة تشتيت الطاقة ε وكما مبين أدناه:

Turbulence kinetic energy معادلة الطاقة الاضطرابية الحركية:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k + P_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (4)$$

Dissipation energy معادلة تشتيت الطاقة:

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (P_k + C_{3\varepsilon} P_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \quad (5)$$

حيث ان μ تمثل اللزوجة الاضطرابية، P_k معامل k ، P_b تأثير الطوفان، $C_{1\varepsilon}$ ، $C_{2\varepsilon}$ ، $C_{3\varepsilon}$ ، ثوابت، و σ_k ، σ_ε رقم براندتل.

- نموذج متعدد الحالات (Multi - Phase Model)

يحدث تدفق متعدد الحالات عندما يكون عدد المواد الموجودة في حقل الجريان أكثر من واحد وهذه المواد اما ان تكون سائل- صلب او سائل-غاز او سائل-سائل حيث هذه المواد تختلف في الخصائص الكيميائية والفيزيائية ففي هذه الدراسة تم استخدام مادتين الاولى هي مياه صرف صحي (سائل) قادمة من حوض الترسيب الثانوي والثانية هي كلور التعقيم السائل القادم من مضخات كلور التعقيم.

في نماذج متعددة الحالات، تكون الصعوبات الرئيسية في المحاكاة الرياضية نتيجة التداخل بين الحالات (الصلبة والسائلة و الغازية) لذلك تم استخدام نموذج المزج (Mixture model) في هذا البحث لغرض تمثيل وحل المحاكاة بين مياه الصرف الصحي و الكلور السائل. وتم اعتماد المعادلات الرياضية التي استخدمها (Ishii, 1975) وهي معادلة الاستمرارية و الزخم لكل من مياه الصرف الصحي و الكلور السائل وكما يلي

Continuity Equation معادلة الاستمرارية:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_m) + \nabla(\rho_m V_m^{\rightarrow}) = m \quad (6)$$

Momentum Equation معادلة الزخم:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_m V_m^{\rightarrow}) + \nabla(\rho_m V_m^{\rightarrow} V_m^{\rightarrow}) = -\nabla p + \nabla[\mu_m (\nabla V_m^{\rightarrow} + \nabla V_m^{\rightarrow t})] + \rho_m g^{\rightarrow} + \frac{\rightarrow}{F} + \nabla * (\sum_{k=1}^n \alpha_k \rho_k V_{dr,k}^{\rightarrow} V_{dr,k}^{\rightarrow}) \quad (7)$$

حيث ان $V_m^{\rightarrow}$ تمثل معدل كتلة السرعة، ρ_m كثافة المزيج، μ_m لزوجة المزيج، $C_{3\varepsilon} V_{dr,k}^{\rightarrow}$ سرعة المادة الثانية (الكلور السائل).

- نموذج الكلور السائل (Scalar Transport Model)

تم محاكاة انتشار و توزيع كلور التعقيم في حوض المزج باستخدام معادلة رقم (٨) Convection-Diffusion

(Formulation) بإضافة عامل التحلل للكلور للمعادلة (Van Der Walt, 2002). أدناه معادلة انتشار و توزيع كلور التعقيم:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho C) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho u C) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho v C) = \frac{\partial}{\partial x} \left[\left(D_c + \frac{\mu_t}{\sigma_{cx}} \right) \frac{\partial C}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\left(D_c + \frac{\mu_t}{\sigma_{cy}} \right) \frac{\partial C}{\partial y} \right] - \rho k_c C \quad (8)$$

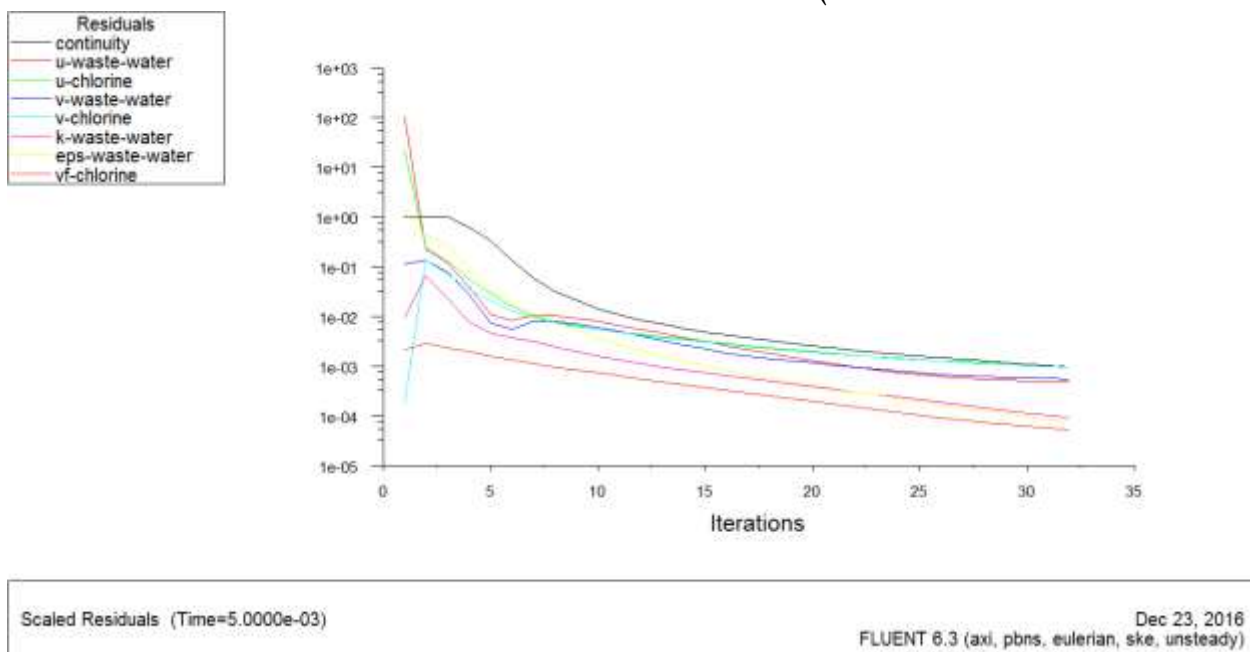
حيث ان σ_c تمثل رقم سكاميدت الاضطرابي، ρ كثافة المائع، μ_t لزوجة الاضطرابية للمائع، u, v السرعة، k_c معامل تحليل الكلور، D_c انتشار الكلور.

٥- الشروط الحدية والاولية (Boundary and Initial Conditions)

تم دراسة حوض المزج للكلور السائل في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة الناصرية والمصمم من قبل مكتب الخدمات العلمية والاستشارية في جامعة القادسية كلية الهندسة بالتعاون مع شركة سيركو الايطالية. ان معدل كمية التصريف المنزلي لمياه الصرف الصحي الداخل الى محطة المعالجة هو ٢٥٠٠ م^٣ ساعة. لمحاكاة عملية المزج تم استخدام الشروط الاولية مثل سرعة المزج و سرعة الجريان والضغط وكمية الكلور. تم إنشاء تصميم حوض المزج بواسطة برنامج GAMBIT، استنادا إلى التصميم الاصلي المعد من قبل مكتب الخدمات العلمية والاستشارية في جامعة القادسية كلية الهندسة بالتعاون مع شركة سيركو الايطالية. وتم استخدام نموذج ديناميكا السوائل الحسابية CFD (Computational Fluid Dynamics) لوصف سلوك الجريان متعدد المراحل (Multiphase Flow) باستخدام نموذج Euler-Euler ونموذج متعدد المواد (Multiphase Model). المادة الاولى هي مياه الصرف الصحي بكثافة ١٠٠٠ كغم/م^٣ ولزوجة ٠.٠٠١ كغم/م. ثا اما المادة الثانية فهي الكلور السائل بتركيز ٢٠-٥ ملغم/لتر. وتم استخدام تعريف الدالة UDF (User Defined Function) لتمثيل سرعة الدوران للخلط وانتشار و توزيع الكلور في الحوض. وسيتم توضيح اكثر للشروط الحدية والاولية التي تم استخدامها في فقرة النتائج والمناقشة.

٦- النتائج والمناقشة

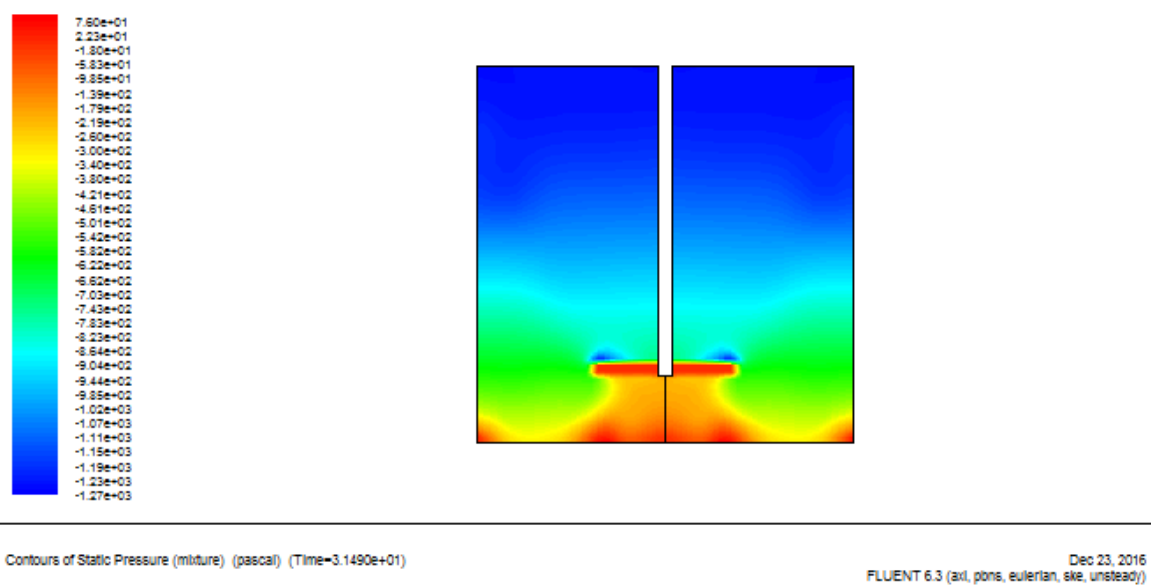
تم استخدام شبكات دورانية (Rotating Mesh) قرب مراوح الخلط (Region of The Impeller) وشبكة ثابتة (Fixed Mesh) في بقية اجزاء حوض المزج. وتم استخدام نموذج الاضطراب $k-\epsilon$ لغرض محاكاة توزيع الجريان عند دخول مياه الصرف الصحي من حوض الترسيب الى حوض التعقيم (المزج) وتم اعتماد عدة قيم للتصريف خلال تنفيذ البرنامج، وتم تحديد سرعة التصريف للجريان كشروط حدية (Boundary Condition) نوع (Input Velocity) وتم تحديد نوع محدد الضغط في مخارج خزان المزج نوع (Pressure Outlet Boundary Condition) وتم تحديد نوع محدد جذران الحوض نوع (Standard Wall Symmetry Function Boundary Conditions). وكذلك تم تحديد نوع محدد سطح الحوض و السطح المتحرك نوع (Symmetry Boundary Condition) و (Interface Boundary Condition) على الترتيب اما سطح مراوح الخلط تم استخدام محدد نوع (Rotating Wall Boundary Condition).



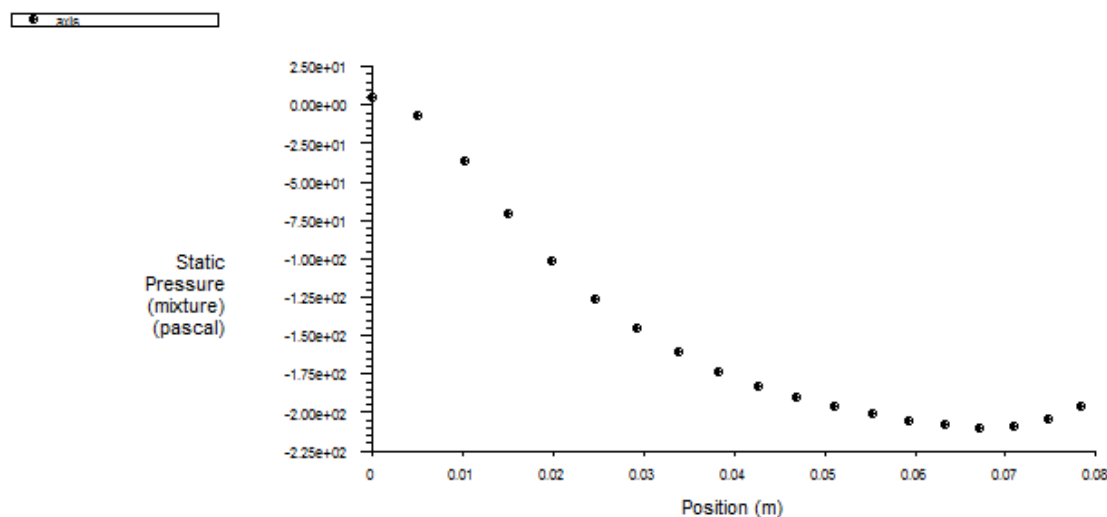
شكل ٦: مسار تقارب حل معادلات النموذج الرياضي العددي

يبدأ البرنامج في حل المعادلات الجبرية بصورة تكرارية في سلسلة من العمليات لا تظهر للمستخدم، لكن تبدو نافذة تشير إلى تقارب الحل مع زيادة عدد التكرارات، إلى أن يصل إلى السماحة، أو تنتهي التكرارات. والشكل ٦ يوضح مسار تقارب دقة الحل لمعادلات الجريان لمعادلة الاستمرارية و السرعة و الطاقة و الاضطراب و التركيز. حيث نلاحظ ان الحل يصل للدقة المطلوبة بعد تكرار ٣٠.

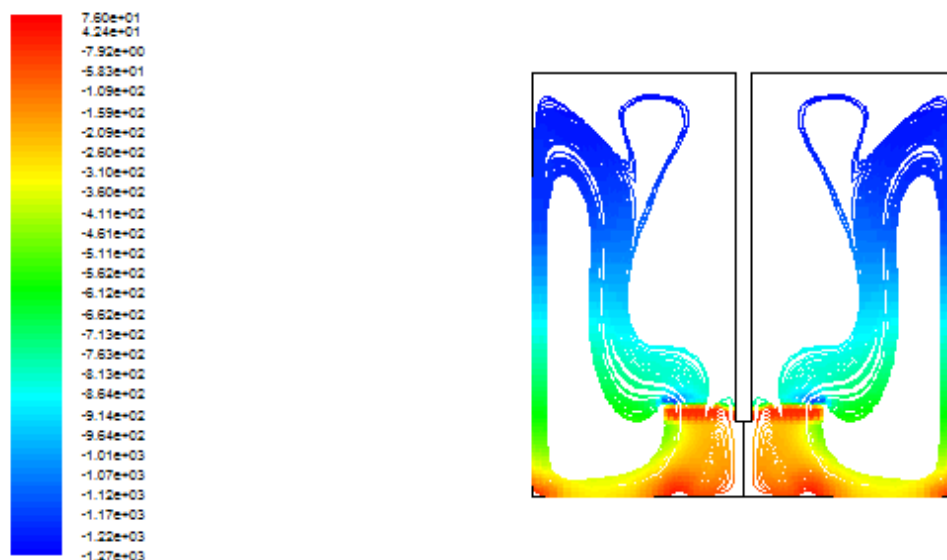
الاشكال ٧، ٨ و ٩ تبين توزيع خطوط ومسارات وقيم الضغط الستاتيكي وان التمايز اللوني والرقمي يبين شكل و قيم الضغط والذي يتغير من مدخل الجريان الى مخرجة و تأثره بالخلط ومساعدته في مزج الكلور بصورة متساوية مع الوقت في الحوض.



شكل ٧. توزيع الضغط الاستاتيكي في الحوض



شكل ٨. قيم الضغط الاستاتيكي حسب الموقع في حوض المزج

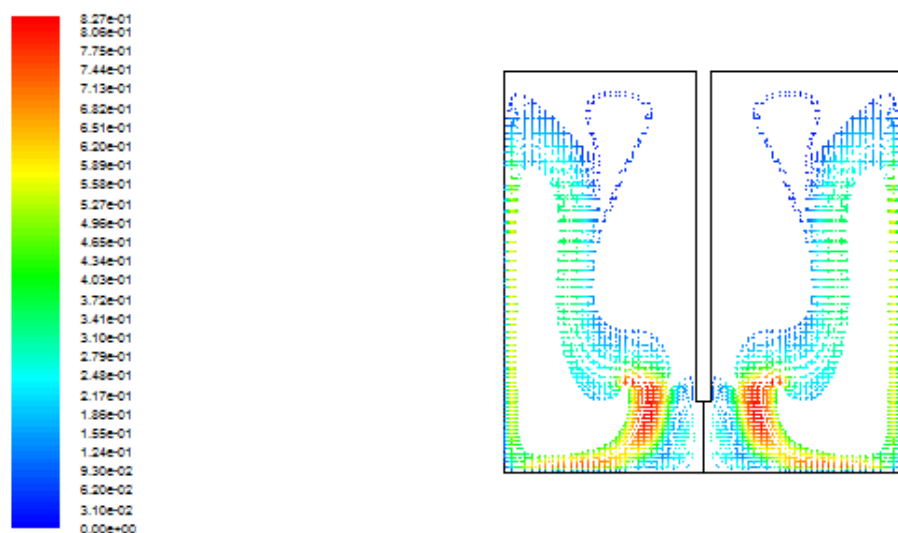


Pathlines Colored by Static Pressure (mixture) (pascal) (Time=3.1490e+01)

Dec 23, 2016
FLUENT 6.3 (axi, pns, eulerian, ske, unsteady)

شكل ٩. خطوط الجريان حسب الضغط الستاتيكي للخليط

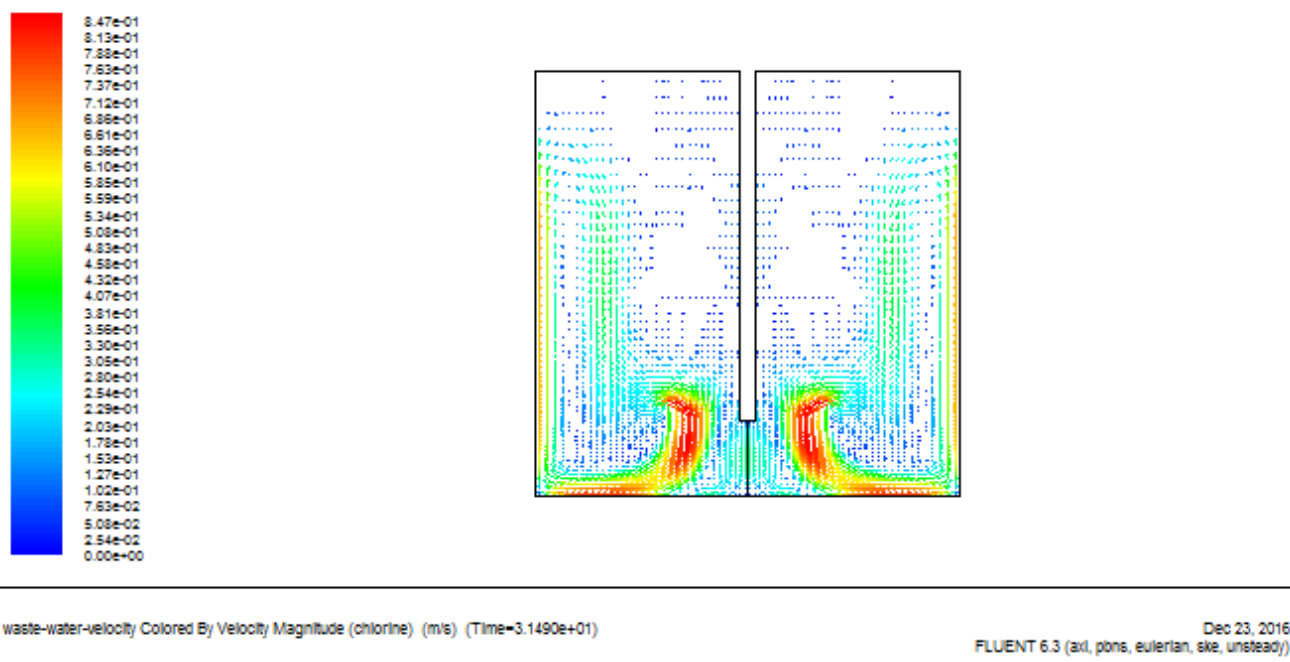
الاشكال ١٠، ١١ و ١٢ تبين توزيع السرعة في حوض المزج حيث نلاحظ الدوران حول مراوح الخلاط فوقة و تحته وحولة اي انه يوجد مزج سريع و مزج بطيئاً يتغير مع الزمن الى ان يصبح المزج متساوي في كل جوانب الحوض.



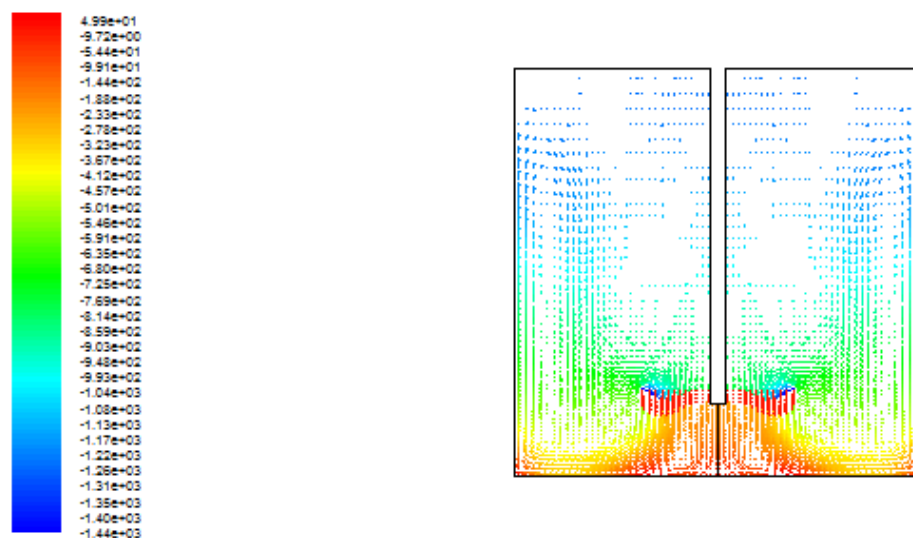
Pathlines Colored by Velocity Magnitude (chlorine) (m/s) (Time=3.1490e+01)

Dec 23, 2016
FLUENT 6.3 (axi, pns, eulerian, ske, unsteady)

شكل ١٠. خطوط الجريان حسب قيم سرعة الخليط

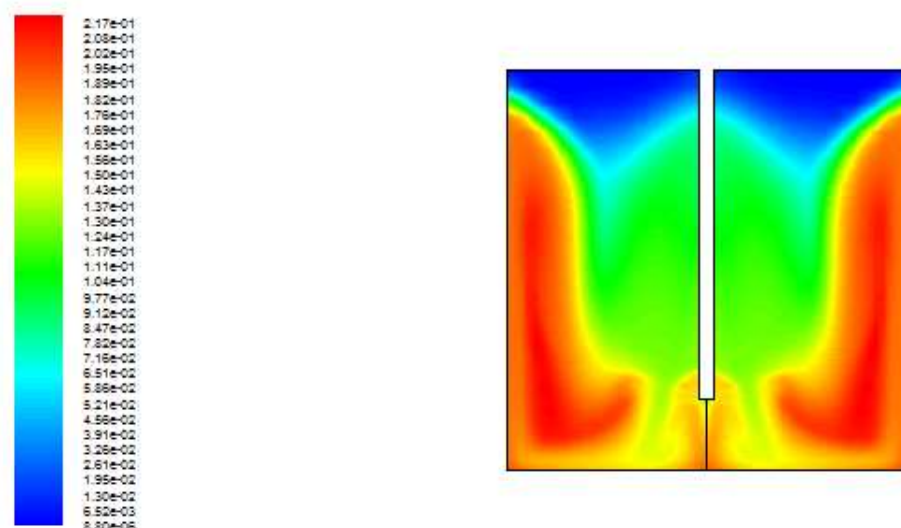


شكل ١١. قيم توزيع السرعة في حوض المزج لزمن محدد



شكل ١٢. قيم السرعة والضغط الاستاتيكي في حوض المزج

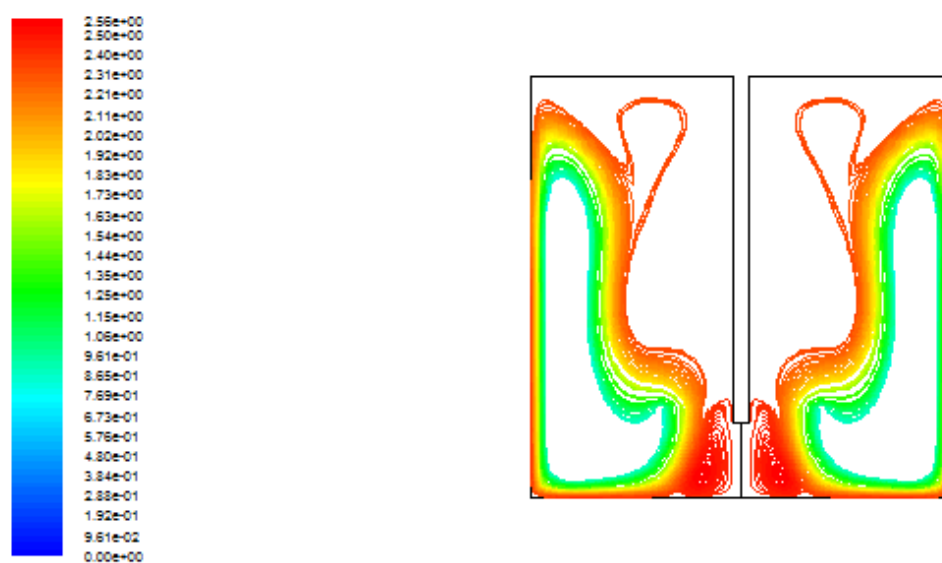
وتم محاكاة تركيز الكلور وتوزيعه في حوض المزج باستخدام معامل انتشار $10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ وتم ادخال الشروط المحددة للموديل الرياضي والخاصة بانتشار وتوزيع الكلور باستخدام UDF حيث تم استخدام تركيز بقيمة ١ وكانت بقية شروط المحدد نوع (Zero Flux Boundary Condition) حيث تم اعتماد الشروط الابتدائية بعدم وجود اي تركيز للكلور ثم تم تغذية الحوض بالكلور باستخدام انبوب بقيمة تركيز ١ ويضخ الكلور للحوض قرب مراوح الخلاط. وتمت المحاكاة للنموذج الرياضي بخطوة زمن مقدارها ٢٠ ثانية. الاشكال ١٣، ١٤، ١٥ و ١٦ تبين استخدام سرع مختلفة للدوران ومسار الموائع و قيمة تركيز الكلور مع الزمن بمعدل جريان ٦٠٠٠٠ م^٣/ايوم. حيث نلاحظ ان التركيز يبدأ من ٠ ثم يزيد مع الزمن الى ان يصل الى ١ والذي هو التركيز الداخل للحوض.



Contours of Volume fraction (chlorine) (Time=3.1490e+01)

Dec 23, 2016
FLUENT 6.3 (axi, pons, eulerian, ske, unsteady)

شكل ١٣. قيم السرعة و الضغط الاستاتيكي في حوض المزج



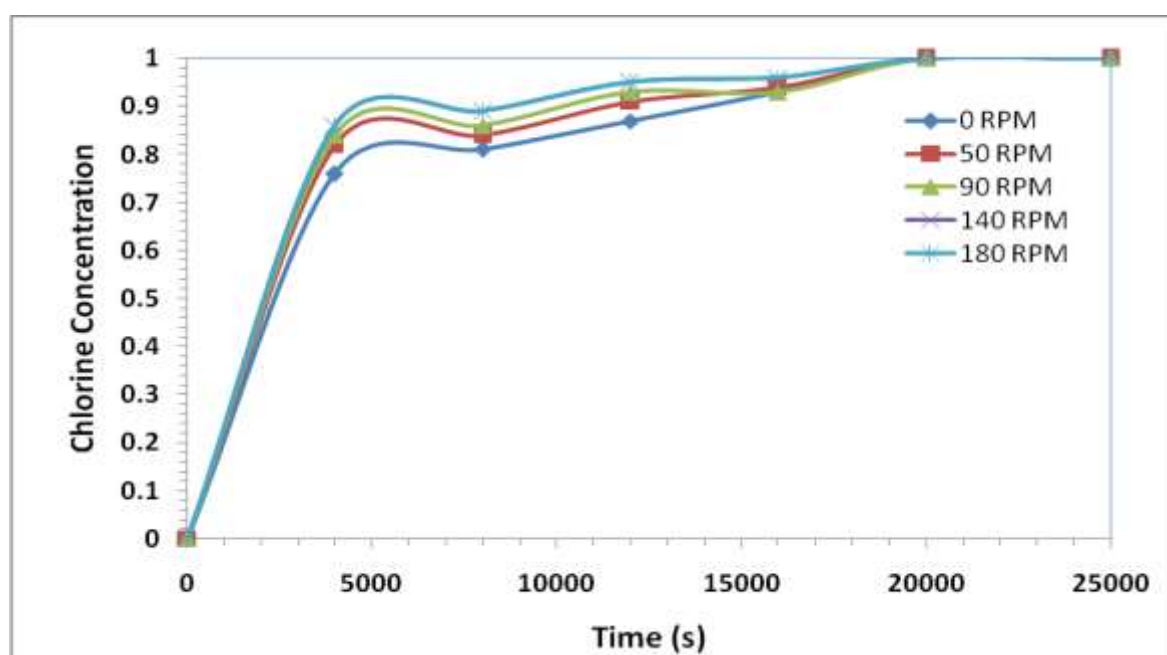
Pathlines Colored by Stream Function (waste-water) (kg/s) (Time=3.1490e+01)

Dec 23, 2016
FLUENT 6.3 (axi, pons, eulerian, ske, unsteady)

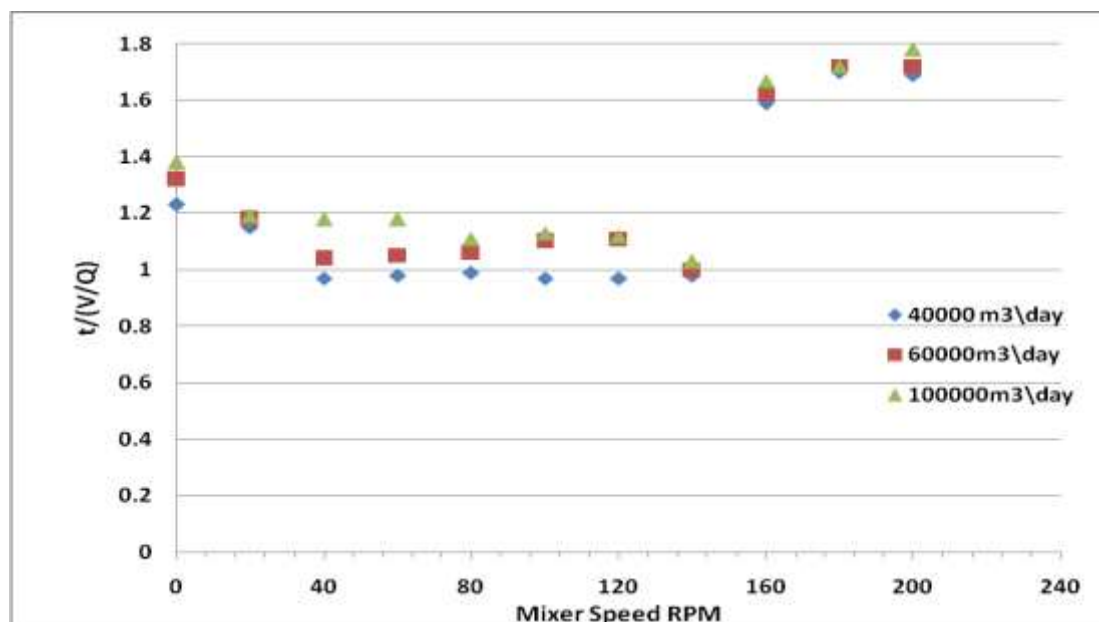
شكل ١٤: قيم السرعة و الضغط الاستاتيكي في حوض المزج



شكل ١٥. قيم السرعة و الضغط الاستاتيكي في حوض المزج

شكل ١٦. قيم التركيز كدالة للزمن لسرع مزج مختلفة بمعدل تصريف ٦٠٠٠٠ م^٣/يوم

شكل ١٧ يبين العلاقة بين زمن التماس و التصريف وسرعة الدوران ونلاحظ ان كلما زادت سرعة الدوران اقتربنا من قيمة الزمن المثالي للمزج، حيث كانت افضل سرعة دوران هي ١٤٠ دورة ادقيقة عند زمن تماس ٢٠ ثانية و بتصريف ٦٠٠٠٠ م^٣/يوم، وانه عند سرعة دوران هي ١٤٠ دورة ادقيقة عند زمن تماس ٢٠ ثانية و بتصريف ٦٠٠٠٠ م^٣/يوم تتعدم مناطق ميتة (Dead Spaces) و الدوامات القصيرة (Short Circuiting) في حوض المزج وبالتالي نحصل على اعلى قيمة للمعالجة باقل تركيز للكور و البالغ ٥ ملغم/لتر.



شكل ١٧. تغير زمن التماس و التصريف لسرع خلط مختلفة لحوض مزج كلور التعقيم

٧- الاستنتاجات

تم التوصل الى القيمة المثالية الاقتصادية لكلور التعقيم و زمن التماس و سرعة دوران الخلاط التي تحقق افضل تشغيل لحوض التعقيم لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي صوب الجزيرة في مدينة الناصرية. حيث ان كمية الكلور القليل المستخدم في التعقيم سيؤدي الى قلة كلفة التشغيل وبالتالي توفير الاموال وزيادة عمر المشروع وكذلك يتم التشغيل الامثل للحوض. حيث كانت افضل سرعة دوران هي ١٤٠ دورة ادقيقة عند زمن تماس ٢٠ ثا و بتصريف ٦٠٠٠٠ م٣/يوم و بتركيز ٥ملغم/لتر. وكذلك تبين ان استخدام نموذج ديناميكا السوائل الحسابية (Computational Fluid Dynamics) CFD في اجراء تحليل رقمي ثنائي الأبعاد لحوض المزج يعتبر وسيلة اقتصادية فعالة لتحقيق الاداء الامثل لأحواض المزج وبالتالي احواض التعقيم.

المصادر

اولا: المراجع العربية

١. أمال حمزة خليل، لبنى عبد المطلب، فلاح محمد حسن ٢٠١٠. دراسة مقارنة بين الكلور والبورسلينايت كمادة معقمة لمياه الصرف الصحي. مجلة جامعة بابل-العلوم الصرفة و التطبيقية، العدد ٥ المجلد ١٨.
٢. الفتلاوي، علاء حسين وادي (٢٠٠٠). "خصائص مياه الفضلات البلدية في العراق خلال عام ١٩٩٩"، الندوة العلمية الأولى عن التلوث البيئي في محافظة بابل، كلية العلوم - جامعة بابل.
٣. عباوي، سعاد عبد ومحمد سليمان حسن. ١٩٩٠. الهندسة العملية للبيئة (فحوصات الماء). مطابع دار الحكمة للطباعة والنشر

ثانيا: المصادر الاجنبية

1. Angeloudis, A., Stoesser, T., Kim, D. and Falconer, R.A. (2014). **Predicting the disinfection efficiency range in chlorine contact tanks through a CFD-based approach**. Water Research, 60(10), 118-129.
2. Fluent Inc. (2006). **Fluent 6.3. User's Guide**. Lebanon: Fluent Inc. Retrieved from <http://aerojet.engr.ucdavis.edu/fluenthelp/pdf/ug/flug.pdf>.
3. Ghawi A.H., and Kris J. (2008). **Numerical Modeling Of A Chlorine Disinfection Tank At Drinking Water Treatment Plant**. Conference: INTERNATIONAL DOCTORAL SEMINAR, At Trnava: Alumni Press, 2008, 308 p., Volume: ISBN 978-80-8096-058-2 EAN 9788080960582. Smolenice Castle, 18 - 20 May 2008. 91-98
4. Ghawi A.H., and Kris J. (2007). **Potable Water Service Reservoirs Design Improvement Using CFD**. Poster · 04/2007, Conference: Efficient 2007, May 21-23, Jeju Korea, DOI: 10.13140/RG.2.2.27802.44487. 1225-1227
5. Ghawi A.H., (2009). **A Computation Fluid Dynamic Investigation Into The Use Of Baffles In Potable Water Treatment Plant Process Tanks In Iraq**. Al-Qadisiyah Journal For Engineering Sciences.2(2), 94-107
6. Ghawi A.H., and Kris J. (2009). **A CFD Methodology For The Design Of Rectangular Sedimentation Tanks In Potable Water Treatment Plants**. Article in Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua. 58(3), 212-220. DOI: 10.2166/aqua.2009.027.

- 7.Ghawi A.H., And Jwad K. Al- Ghazi. (2010). **Iraqi Water Treatment Plants Process Control By Measuring Effluent Turbidity**. Al-Qadisiyah Journal of Engineering Sciences. 3 (4), 373-381.
- 8.Ghawi A.H., Kris J., and Abbas A. Al-Jeebory (2010). **Performance Improvement Of Water Treatment Plants In Iraq By CFD Model**. Al-Qadisiyah Journal For Engineering Sciences. 3(1), 1-13.
- 9.Ghawi A.H., and Kris J. (2010). **Improvement Performance of Al-Wathba Settling Tank by a Computational Fluid Dynamics Model**. Article in Journal of Hydrology and Hydromechanics 58(3), 201-210. DOI: 10.2478/v10098-010-0019-8.
10. Ghawi A.H., (2011). **Study Of The Effect Of Ferric Chloride Concentrations And pH On Organic Matter Removal Percentage In Al-Dewanyia Water Treatment Plant**. Basrah Journal for Engineering Science ISSN 18146120, ISSN 23118385, 11(1), 135-146.
11. Ghawi A.H., and Kris J. (2012). **Computational Fluid Dynamics Model of Flow and Settling in Sedimentation Tanks**. DOI: 10.5772/27160. · Source: InTech, Chapter In book: Applied Computational Fluid Dynamics Edited by Hyoung Woo Oh. 19-34.
12. Ghawi A.H., (2015). **Using Alternative Energy In Drinking Water Treatment Plant In Iraq**. The 3rd International Conference on WATER RESOURCES ICWR-2015. Langkawi from 24th to 25th November.
13. Ghawi A.H., (2017A). **The Effect Of Hydraulic Jump Coagulation Mixer On The Performance Of Drinking Water Treatment Plant**. International Journal of Engineering Technology and Scientific Innovation, ISSN: 2456-1851. 02(01), 535-550.
14. Ghawi A.H., (2017B). **Using Natural Coagulant To Remove Turbidity And Heavy Metal From Surface Water Treatment Plant In Iraq**. International Journal of Engineering Technology and Scientific Innovation, ISSN: 2456-1851.02(01), 551-563.
15. Ghawi A.H., (2017C). **Application Of Computational Fluid Dynamics Modeling To A Horizontal Sedimentation Tank In Iraq**. International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology. 6(4), 1-8. DOI: 10.5281/zenodo.495142
16. Ishii, M. 1975. **Thermo-fluid Dynamics Theory of two-phase Flow**. Paris: Eyrolles.
17. Stamou, A. (2008). **Improving the hydraulic efficiency of water process tanks using CFD models**. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 47(8),1179–1189.
18. Tian, X. &Roberts, P. J. W. (2008). **Mixing in water storage tanks. I: no buoyancy effects**. Journal of Environmental Engineering, 134(12), 974-985.
19. Van Der Walt, J. J. (2002).**The modelling of water treatment process tanks (Doctoral dissertation)**. Retrieved from <https://ujdigispace.uj.ac.za/handle/10210/471>
20. Zhang, J., Khoo, B., Lee, H., Teo, C., Haja, N. &Peng, K. (2013). **Numerical simulation and assessment of the effects of operation and baffling on a potable water service reservoir**. Journal of Environmental Engineering, 139(3), 341–348.
21. Zhang, J., Tejada-Martinez, A.E., Zhang, Q. (2014a). **Developments in computational fluid dynamics-based modeling for disinfection technologies over the last two decades: A review**. Journal Environmental Modelling & Software, 58(8), 71–85.
- 22.Zhang, J., Lee, H., Khoo, B., Peng, K., Zhong, L., Khang C. &Ba, T. (2014b). **Shape effect on mixing and age distributions in service reservoirs**. Journal AWWA, 106(11), E481-E491.