تخفيض رطوبة الحمأة في محطة معالجة مياه مجاري مدينة حماة باستخدام بعض الإضافات

أ.د.م. محمود الفطّامه * م. عمار الفطّامه**

(الإيداع: 4 شباط 2020 ، القبول: 17 آذار 2020)

ملخص:

يدرس البحث إمكانية تحسين كفاءة عملية تخفيض رطوبة الحمأة الأولية والمختلطة (أولية وثانوية) في محطة معالجة مياه مجاري مدينة حماة باستخدام المرو بجرع مدروسة وتوضيح العلاقة بين جرعة المرو المضافة وزمن تكثيف الحمأة.

عند دراسة تخفيض رطوبة الحمأة الأولية تم استخدام المرو بجرعة 6 g/L و 10 g/L واسمنت بتركيز 8 g/L و جبس بتركيز 8 g/L بعد زمن مكث 24 ساعة تم تحليل النتائج وتبين أنه عند استخدام المرو بتركيز 6 g/L أعطى كفاءة نزح للمياه من الحمأة بنسبة 9.77 % وعند استخدام الاسمنت والجبس بالتراكيز المذكورة كانت نسبة المياه المفصولة اكبر ولكن نتائج اختبار الpH و الناقلية على المياه المفصولة عن الحمأة اعطت نتائج غير مقبولة وبالتالي بمقارنة جميع النتائج تبين أن المرو بجرعة 6 g/L أعطى أفضل النتائج من حيث فصل المياه و اختبار الpH و الناقلية على المياه المفصولة عن الحمأة الأولية.

عند دراسة تخفيض رطوبة الحمأة المختلطة (أولية وثانوية) تم استخدام المرو فقط بتراكيز 6 – 8 – 10 g/L على التوالي وكانت نسب الإزالة كما يلي:

مرو بتركيز 6 g/L – نسبة الإزالة 1.98 %

مرو بتركيز 8 g/L – نسبة الإزلة 1.91%

مرو بتركيز 10 g/L – نسبة الإزالة 2.45 %

بعد مقارنة النتائج تبين أنه عند استخدام المرو بجرعة 10 g/L نجد أن نسبة فصل المياه عن الحمأة المختلطة هي الأفضل.

الكلمات مفتاحية: المرو، حمأة، رطوبة

*عضو هيئة تدريسية في جامعة حماة – كلية الهندسة المدنية.

**محاضر في كلية الهندسة المدنية في جامعة حماة – طالب دراسات عليا

Reducing sludge moisture in the sewage treatment plant in the city of Hama/Syria using some additives

*Prof. Eng. Mahmoud Al-Fattamah ** Eng. Ammar Al-Fattamah

(Received: 4 February 2020 , Accepted: 17 March 2020)

Abstract:

This research studies the possibility of increasing efficiency of the process of reducing the moisture of primary and mixed sludge (primary and secondary) in the sewage treatment plant in the city of Hama by using a metered dose with studied doses and clarifying the relationship between the added irrigation dose and the sludge thickener retention time.

When studying the reduction of the primary sludge moisture, Quartz was used at a dose of 6 g / L and 10 g / L and cement at a concentration of 8 g / L and a gypsum at a concentration of 8 g / L after a 24-hour time period the results were analyzed and it was found that when using Quartz at a concentration of 6 g / L It gave a sludge dewatering efficiency of 9.77%, When using cement and gypsum at the mentioned concentrations, the percentage of separated water was greater However, the results of the pH and conductivity test on the separated water yielded unacceptable results, and therefore, by comparing all results it was found that Quartz at a dose of 6 g / L gave the best results from the separation of water and pH and conductivity on the separated water from the primary sludge.

When studying the mixed sludge moisture reduction (primary and secondary), irrigation was used only at concentrations 6-8 - 10 g / L, respectively, and the removal rates were as follows: Quartz concentration 6 g / L - removal rate 1.98%, Quartz at a concentration of 8 g / L - the removal rate is 1.91%, Quartz concentration 10 g / L - removal rate 2.45%.

After comparing the results, it was found that when using Quartz at a dose of 10 g / L, we find that the ratio of water separation from mixed sludge is the best.

Key Words: Quartz, sludge, moisture

*A faculty member at the University of Hama / College of Civil Engineering.

** Tutor at the university of Hama / Collage of civil Engineering / Master Student

1-مقدمة:

معالجة مياه المجاري هي عملية تنقية مياه الصرف من الشوائب والمواد العالقة والملوثات والمواد العضوية لتصبح صالحة لإعادة الاستخدام أو لتكون صالحة للتخلص منها في مصادر المياه الطبيعية دون ان تسبب تلوثا لها، وخلال عملية معالجة مياه الصرف ينتج لدينا نوعين من المياه: مياه معالجة ومياه مركبة من مواد عضوية ومواد لا عضوية تتم معالجتها ضمن وحدات معالجة الحمأة للتخلص منها بشكل مناسب.

2- الهدف من البحث:

يهدف البحث إلى دراسة إمكانية التخلص من ملوثين بشكل مشترك، وهما مرو مناشر الرخام والحجر مع حمأة مياه محطات المعالجة المعاشية الأولية والثانوية من خلال تحديد نسب الإضافات إلى بعضهما البعض للحصول على أفضل نتائج من حيث الترسيب ونزح المياه من الحمأة.

3- مواد وطرائق البحث:

3-1- الدراسات المرجعية:

إن حمأة الصرف الصحي كمعظم النفايات العضوية غنية بالمواد الكربونية والمواد التي يمكن الاستفادة منها لذلك فإنها تملك فرصة لتحويل الطاقة المختزنة فيها إلى طاقة مفيدة.

لذلك انصبت الأبحاث الاخيرة في مجال الاستفادة القصوى من الحمأة إما باستغلالها كمصدر للطاقة او استعمالها كسماد للتربة بعد تثبيتها باستخدام مخثرات مختلفة وبعض أنواع الأحياء المجهرية أو باعتبارها مصدراً لنواتج مفيدة كالفحم الفعّال من خلال تطبيق الكربنة. وكل ما سبق يصب في انقاص حجم حمأة مياه الصرف الصحي وتحسين قابلية نزح المياه منها بكلفة منخفضة.

ثمة الكثير من الأبحاث التي تناولت عمليات تحسين قابيلة انتزاع الماء من الحمأة من أجل تثبيتها وتخفيض حجمها ولسهولة التخلص منها إما بالطمر أو استخدامها كسماد للتربة أو لحرقها.

- في دراسة مقارنة أجراها Berkaty لاستبيان تأثير الضغط على قابلية الترسيب والترشيح للحمأة الناتجة من وحدة معالجة مياه الفضلات التي تعمل بالنظام البيولوجي مطبق عليها الضغط مع وحدة معالجة مشابهة لها ولكن تحت تأثير الضغط الجوي وفي ظل ظروف مماثلة للوحدة الأولى. تبين أن قيم المقاومة النوعية للترشيح SRF (معامل يعبر على مدى قابلية الحماة لانتزاع الماء منها) كانت نسبياً ثابتة مع تغاير في قيم المقاومة النوعية مابين $31 * 10^{13} \frac{m}{kg}$ و $87 * 10^{13} \frac{m}{kg}$ عند ضغط 49 Pa . في حين تراوحت قيم المقاومة النوعية SRF للحمأة في محطة المعالجة التي تعمل تحت تأثير الضغط الجوي مابين $5 * 10^{13}$ m/kg لتصل إلى $217 * 10^{13}$ m/kg وتشير النتائج إلى أن عملية نزع الماء من الحمأة الناتجة من وحدات المعالجة التي تعمل تحت الضغط أسهل واسرع (4,5,6)
- وقد تلقت عمليات الترشيح والانضغاط للحمأة نطاقاً واسعاً من النظريات والتجارب العلمية، فقد استعرض (Lee etaL, 2000) مختلف النظريات التي تتناول عمليات الترشيح والانضغاط ونتائجها في نزع الماء من الحمأة. ومع ذلك، فإن البيانات والتجارب العملية لاتزال قليلة في حالة الحمأة المنشطة نتيجة لتنوع وتعقيد الحمأة (4,5,6)
- (Cheh-Hung and Kung-chia) قاما بحساب وقت السحب الشعري والمقاومة النوعية للترشيح لحمأة منشطة تم معالجتها مسبقاً مع الرماد المتطاير والبولمير. اشارت النتائج إلى حدوث انخفاض طفيف في قيمة المقاومة النوعية SRF من $1.33 * 10^{12}$ m/kg إلى $1 * 10^{12}$ m/kg ، وقيمة السحب الشعري قد انخفضت قليلاً من 20.9 إلى 20 ثانية ، وعلى العكس من ذلك فإن لزوجة الحمأة زادت من 2.81 إلى 3.01 CP (سنتيبواز) عندما زادت نسبة الرماد المتطاير من 0 % إلى 12 % مما يشير إلى أن الرماد المتطاير لا يحسن من قابلية نزح الماء من الحمأة . في حين ان قيم SRF

والسحب الشعري للبولمير قد تأثرت بشكل ملحوظ فقد انخفضت قيمة ال SRF من $1.33 * 10^{12}$ m/kg إلى $0.12 * 10^{12}$ m/kg في حين انخفضت قيمة السحب الشعري من 20.9 إلى 15 ثانية عند جرعات تراوحت ما بين 0 و 25 mg/L ، وإن الجرعة المثلى كانت بحدود 15 mg/L (4,5,6).

- (Buyukkamaci & KucukseLek, 2007) قاما بدراسة امكانية تحسين خصائص الحمأة الناتجة عن احدى الصناعات البتروكيميائية، من حيث قابليتها على نزح الماء وذلك باستخدام مخثرات كيماوية تقليدية هي (الشبة، الجير، والبولي الكترلايت) ومواد اقل استعمالاً وهي (الرماد المتطاير، الجبس، طين البنتونايت) حيث كان الشبة من أفضل المخثرات المستخدمة في هذه الدراسة.
- وهناك دراسات أخرى اعتمدت على المعالجة الفيزيوكيماوية وذلك من خلال الاستفادة من الخصائص التي تمتلكها بعض الأطيان والتي تستعمل كمواد ناعمة في تحسين قابلية نزع الماء من الحمأة. حيث تعد الحمأة المنشطة المستخدمة في محطات معالجة المياه الصناعية لمعامل الورق من أنواع الحمأة الصعبة الترشيح. وهذا ما استخدمه (SommerfeLd Maxham, 1983) % من مواد ناعمة من كربونات الكالسيوم، والكالسيوم المتعدد السيلكا وطين الكاؤلين. لوحظ تزايد في قابلية الحمأة للترشيح مع زيادة تركيز هذه المواد إلى نسبة المواد العضوية المتطايرة (P/B) حيث كانت أقل قيمة SRF مساوية ل $14 * 10^{12}$ m/kg عند اضافة كربونات الكالسيوم بنسبة (P/B = 11.3) في حين كان الكالسيوم المتعدد السيكليكا والكاؤلين أقل فعالية (4,5,6)
- وفي دراسة اخرى للدكتور محمد سالم شهاب، تم تقييم امكانية استخدام مزيج من الاحياء المجهرية الفعالة (EM1) وبعض انواع المخثرات الكيماوية التقليدية في تحسين كفاءة نزع الماء من الحمأة الناتجة عن محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمجمع طبي. حيث تم استخدام الجير بجرع ما بين (5–30 mg/L) والشبة (10–60 mg/L) وكبريتات الحديد–25) (150 mg/L كمخثرات تقليدية في عمليات تكييف الحمأة، وتم حساب معامل المقاومة النوعية SRF لنوع الماء. بينت النتائج أن للأحياء المجهرية الفعالة تأثير سلبي على معامل نزع الماء من الحمأة حيث كان معامل التأثير بحدود 71.4 % و75 % لكل من الجير وكبريتات الحديدي على التوالي. بينما كان للشبة تأثير ملحوظ في تقليل قيمة هذا المعامل حيث كان معامل التأثير بحدود (% 49.9–) و (32.8%–) عند زيادة تركيز كل من الأحياء المجهرية الفعالة وجرع الشبة على التوالي. حيث كانت الجرعة المثلى للشبة والتي أعطت أقل فيمة لمعامل نزع الماء $0.98348 * 10^{12}$ m/kg مساوية ل 60 mg/L عند 1 % من تركيز الأحياء الدقيقة. (4)
- وقام الدكتور عبد الله اسماعيل ابراهيم الحيالي بمقارنة بين ثلاثة بدائل استخدمت كمواد لتحسين قابلية نزع الماء من الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الثانوية في محطة معالجة مياه صرف مدينة طب الموصل، وهذه المواد هي الكؤلين والحجر الجيري والحجر الطيني. وقد قام باستخدام ستة جرع من هذه المواد بنسب وزنية جافة هي (2,4,6,8,10,12 % من الوزن الجاف للحمأة. وتم اعتماد المقاومة النوعية للحمأة المعالجة كمعيار للمقارنة في تحديد المادة الأكفأ من بين البدائل المدروسة. (7)

3–2– التجارب المخبرية:

تم القيام بعدد من التجارب على عينات من الحمأة المفصولة عن منظومة معالجة الحمأة في محطة معالجة مياه مجاري مدينة حماة بمعالجتها بالترسيب الكيميائي بإضافة المرو ضمن مخبر المحطة وبأزمنة ترسيب متعددة (10,40,60,90,120,1200,1440) دقيقة.

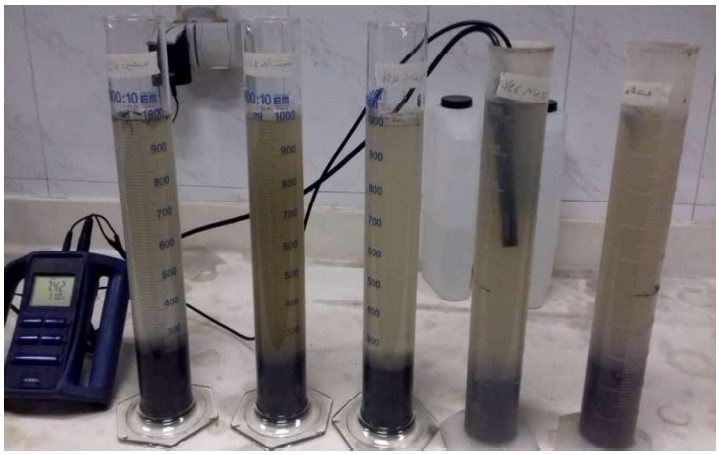
وامتدت فترة التجارب على مدار 5 أشهر (من شهر كانون الأول من عام 2018 حتى شهر نيسان من عام 2019) من أجل أن تكون التجارب في ظل مختلف الظروف والتغيرات في الطقس من رطوبة وحرارة وأمطار...الخ.

تم قطف عينات من الحمأة الأولية والمختلطة الناتجة عن محطة المعالجة ووضعها ضمن سيلندرات حجمها 1000 mL وقياس رطوبة الحمأة بعد زمن 24 ساعة وقياس مؤشرات الpH و الناقلية الكهربائية للمياه المفصولة عن الحمأة.

4-النتائج:

4-1: التجربة الاولى:

تم أخذ عينة من الحمأة الأولية من المرسب الأولي في محطة معالجة مدينة حماة وكانت رطوبتها 98 % وتم أخذ حجم 1000 mL لكل عينة واضافة ومن ثم تم اضافة وخلط المواد (مرو، اسمنت، جبس) بالتراكيز المحددة وتم ترسيبها ضمن سيلندرات (شكل 1) ومراقبة عملية ترسيب الحمأة وقياس رطوبتها بعد 24 ساعة، ومن ثم قياس مؤشر pH والناقلية الكهربائية للمياه المفصولة عن الحمأة.

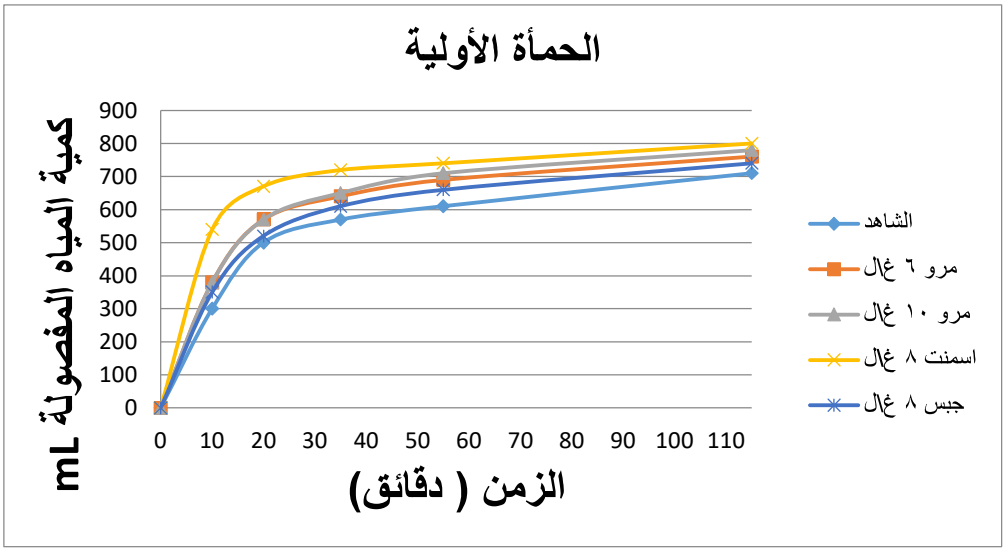


الشكل رقم (1): ترسيب عينات الحمأة الأولية بعد 24 ساعة

من خلال هذه التجربة تم التوصل إلى نتائج مبينة في الجدول رقم 1 حيث تم قياس الرطوبة بعد الترسيب لمدة 24 ساعة ونسبة المواد الصلبة في الحمأة كما تم تمثيل نتائج ترسيب العينات مع الزمن بيانياً على المخطط المبين في الشكل رقم 2.

الجدول رقم (1): نسبة المواد الصلبة DS% والرطوبة W% للحمأة الأولية المكثفة بعد 24 ساعة

رقم السلسلة وتاريخ اجراء التجربة	اسم التجربة والجرعة المضافة غ/لتر	نسبة المواد الصلبة الجافة في الحمأة المعالجة DS%	الرطوبة W%
1	الشاهد	10.00	90.00
	مرو 6	11.76	88.24
	مرو 10	12.52	89.48
2018/12/8	اسمنت 8	13.79	86.21
	جبس 8	11.43	88.57



المخطط الشكل رقم (2): يبين كمية المياه المفصولة عن الحمأة الأولية مع الزمن

مما سبق تم التوصل إلى أنه تم تخفيض رطوبة الحمأة الناتجة من المرسبات الأولية من 98 % إلى 88.23 % عند استخدام المرو كمخثر بتركيز 6 غال ، أي أن نسبة التخفيض من الرطوبة بلغت 9.77 %.

ويبين الجدول 2 كمية المياه المفصولة عن الحمأة الأولية المقاسة بواحدة mL، وذلك من خلال الإضافات المبينة أعلاه. عند استخدام المرو بجرعة 6 غ/لتر تبين أن كمية المياه المفصولة عن الحمأة المختلطة بلغت 830 mL.

الجدول رقم (2): نتائج كمية المياه المفصولة لعينات الحمأة الأولية (mL)

العينة	الزمن							
	البداية	10 دقائق	20 دقيقة	35 دقيقة	55 دقيقة	115 دقيقة	205 دقيقة	24 ساعة
الشاهد	0	300	500	570	610	710	770	800
مرو 6غ/ل	0	380	570	640	690	760	790	830
مرو 10غ/ل	0	380	570	650	710	780	800	820
اسمنت 8غ/ل	0	540	670	720	740	800	810	855
جبس 8غ/ل	0	350	520	610	660	740	770	825

لدى قياس بعض المؤشرات الأخرى المبينة في الجدول 3 للتجارب المخبرية التي أجريت على المياه المفصولة عن الحمأة الأولية، تبين تخفيض قيمة مجموع المواد الصلبة المعلقة TSS وذلك عند استخدام المرو بجرعة 6 غ/لتر، مع بقاء قيمة pH والناقلية المقاسة عند الحدود المقبولة.

الجدول رقم (3): نتائج التجارب المخبرية على المياه المفصولة عن الحمأة الأولية

العينة	TSS mg/L	pH	الناقلية مكروسيمنز /سم
الشاهد	122	7.29	1167
مرو 6غ/ل	111	7.31	1099
مرو 10غ/ل	102	7.50	1098
اسمنت 8غ/ل	214	10.86	1340
جبس 8غ/ل	153	6.92	2420

ونلاحظ أن قيمة pH عند استخدام الاسمنت بجرعة 8 غ\لتر بلغت 10.86 بسبب قلوية الإسمنت العالية، وبالتالي قيمة الpH خارجة عن المجال الموصى به (6.5 – 8.5) الذي يضمن عمل المعالجة البيولوجية في المحطة بشكل سليم.

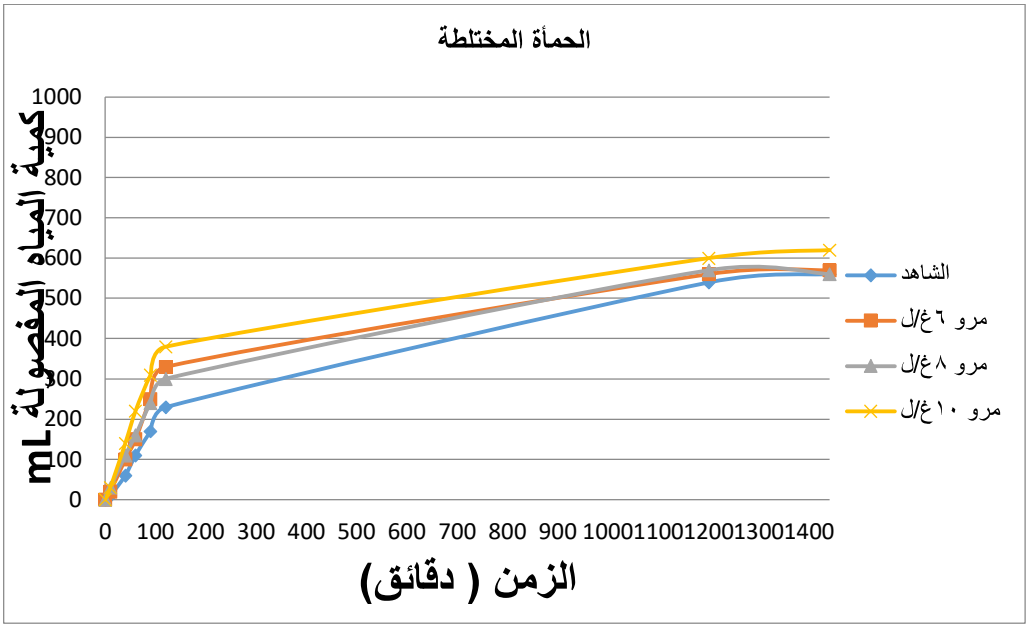
4-2: التجربة الثانية:

تم أخذ عينة من الحمأة المختلطة(حمأة أولية وحمأة ثانوية بنسبة 1إلى 4 على التوالي) من حوض تكثيف الحمأة في محطة معالجة مدينة حماة برطوبة أولية 98.5 % ووضعها ضمن سيلندر حجمه 1000 mL ومن ثم اضافة المرو بتراكيز (6,8,10) mg/L ومراقبة عملية ترسيب الحمأة وقياس رطوبتها بعد 24 ساعة، ومن ثم قياس مؤشر pH و الناقلية للمياه المفصولة عن الحمأة ويبين الشكل رقم 3 صورة العينات أثناء عملية الترسيب وبعد زمن 60دقيقة ويبن الجدول رقم 4 نتائج هذه التجربة والمخطط على الشكل رقم 4 المنحنيات البيانية لعملية ترسيب الحمأة مع الزمن .

الشكل رقم (3): ترسيب عينات الحمأة المختلطة بعد 60 دقيقة

الجدول رقم (4): نسبة المواد الصلبة DS% والرطوبة W% للحمأة المختلطة المكثفة بعد 24 ساعة

رقم السلسلة وتاريخ اجراء التجربة	اسم التجربة والجرعة المضافة غ/لتر	نسبة المواد الصلبة الجافة في الحمأة المعالجة DS%	الرطوبة W%
2	الشاهد	3.41	96.59
	مرو 6	3.48	96.52
	مرو 8	3.41	96.59
2019/4/24	مرو 10	3.95	96.05



المخطط شكل رقم (4): يبين كمية المياه المفصولة عن الحمأة المختلطة مع الزمن

مما سبق تم التوصل إلى أنه تم تخفيض رطوبة الحمأة الناتجة من المرسبات الأولية والثانوية(المختلطة) من 98.5 % إلى 96.05 % عند استخدام المرو كمخثر بتركيز 10 غ/لتر، أي أن نسبة التخفيض من الرطوبة بلغت 2.45%.

يبين الجدول 5 كمية المياه المفصولة عن الحمأة المختلطة المقاسة بواحدة mL، وذلك من خلال الإضافات المبينة أعلاه. عند استخدام المرو بجرعة 10 غ/لتر تبين أن كمية المياه المفصولة عن الحمأة المختلطة بلغت 620 mL.

الجدول رقم (5): نتائج كمية المياه المفصولة لعينات الحمأة المختلطة (mL)

العينة	الزمن							
	البداية	10دقائق	40دقائق	60دقيقة	90دقيقة	120دقيقة	20ساعة	24ساعة
الشاهد	0	10	60	110	170	230	540	560
مع مرو 6غ/ل	0	20	100	150	250	330	560	570
مع مرو 8غ/ل	0	30	110	160	240	300	570	560
مع مرو 10غ/ل	0	30	140	220	310	380	600	620

من خلال القيم الموضحة في الجدول 6 للتجارب المخبرية التي أجريت على المياه المفصولة عن الحمأة المختلطة، ونلاحظ قيمة pH والناقلية المقاسه عند الحدود المقبولة.

الجدول رقم (6): نتائج التجارب المخبرية على المياه المفصولة عن الحمأة المختلطة

العينة	pH	الناقلية ميكروسيمنز/سم
الشاهد	7.60	1100
مرو 6غ/ل	7.55	1145
مرو 8غ/ل	7.55	1150
مرو 10غ/ل	7.50	1155

5-المناقشة:

من نتائج التجارب السابقة على الحمأة الأولية والحمأة المختلطة الناتجة من معالجة مياه الصرف الصحي في محطة معالجة مياه مجاري مدينة حماه تبين أن اضافة جرعة 6غ/لتر للحمأة الأولية خفضت رطوبتها بعد زمن مكث قدره 24ساعة من 98% إلى قيمة 88.24% مع قيم للمادة الصلبة الجافة DS أقل من الاضافات الأخرى.

أما على الاضافات التي تمت على الحمأة المختلطة (حمأة أولية وحمأة ثانوية بنسبة 1 إلى 4 على التوالي) تبين أن رطوبة حمأة الخليط انخفضت من نسبة 98.5% إلى رطوبة 96.05% وبجرعة 10غ/لتر مرو.

من خلال التجارب تبين أن اضافة جرعة مرو أكثر إلى الحمأة يسرع في ترسيب الحمأة وفصل المياه عنها ولكن ستزيد كمية المواد الصلبة فيها DS.

6-الاستنتاجات:

من خلال ماقمنا به من تجارب بسيطة توصلنا إلى النتائج التالية:

- يمكن خلط مرو مناشر الرخام والحجر مع حمأة مياه المجاري الأولية والثانوية والتخلص منهما سوية.
- تم الحصول على زمن تكثيف للحمأة أقل من زمن التكثيف بعد اضافة المرو لها.
- من الممكن إدخال ضعف كمية الحمأة الناتجة عن محطة معالجة مياه مجاري مدينة حماة إلى حوض التكثيف الموجود حالياً مما يخفف من تكاليف توسع المحطة في المستقبل.
- تم الحصول على نتائج أفضل جرعة للمرو المضاف للحمأة الأولية وهي 6 غاليتر.
- تم الحصول على نتائج أفضل جرعة للمرو المضاف للحمأة المختلطة (أولية + ثانوية) وهي 10 غاليتر.

- المياه المفصولة من الحمأة المضاف لها مرو ذات تركيز ملوثات أقل من تراكيز ملوثات المياه المفصولة من الحمأة بدون إضافات وبالتالي لا تشكل نفس الأعباء على مياه المجاري عند اضافتها في بداية المحطة.

7-التوصيات:

- تعزيز النتائج من خلال اجراء سلاسل تجارب أكثر.
- البحث عن امكانية استخدام إضافات أخرى للحمأة من مصادر ملوثة مثل رماد المواقد وغبار المكالس ومصانع الاسمنت.
- البحث عن امكانية استخدام الخليط الناتج في تصنيع مواد بناء أو إدخالها في خلطات مواد البناء.

8-المراجع:

1- ميخائيل، جوزيف زكية، رصين، 2002 – الصرف الصحي / 2 – / محطات معالجة مياه المجاري، الطبعة الاولى، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث.

2- زينة حلاق، 2019، تغير خصائص الترسيب لحمأة أحواض الترسيب الأولي باستخدام إضافات كيميائية "رسالة ماجستير \ قسم الهندسة البيئية \ كلية الهندسة المدنية \ جامعة البعث.

3- عبد الله إسماعيل إبراهيم الحيالي تحسين قابلية نزع الماء من الحمأة مجلة تكريت للعلوم– – الهندسية/ المجلد 18 /العدد/ 2 حزيران2011 .

4-محمد سالم شهاب،"استخدام العمليات البيوكيمياوية في معالجة الحمأة "مجلة تكريت للعلوم– الهندسية/ المجلد/ 19 العدد/ 1 حزيران(72-62) 2012 .

5- وليد محمد شيت العبد ربه،"تأثير استخدام الأحياء المجهرية الفعالة (أي أم)1 على أداء وحدات الحمأة المنشطة ذات التهوية المطولة في معالجة مياه الصرف المنزلية، مجلة تكريت للعلوم الهندسية ، مجلد16 ، عدد4 ،2009 .

6 – المصطفى ،أحمد ابراهيم " 2011 –تخفيض الملوثات الناتجة عن منظومة معالجة الحمأة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي "رسالة دكتوراه/قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية ،جامعة البعث.

7- د. عبد الله إسماعيل إبراهيم الحيالي – تحسين قابلية نزع الماء من الحمأة – مجلة تكريت للعلوم الهندسية / المجلد 18 / العدد2/حزيران2011 (34-43).