مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (4) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (4) 2012

دراسة إعادة استخدام المياه الرمادية في الأبنية السكنية

المهندسة : دينا الأسطة*

(تاريخ الإيداع 4 / 1 / 2012. قُبِل للنشر في 7/ 6 / 2012)

□ ملخّص □

يتناول البحث المياه الرمادية،تصنيفها، محتواها، دراسة بعض خواصها الفيزيائية (العكارة – الناقلية)، بعض مؤشرات التلوث (pH – BOD_5 – COD)، دراسة ما تحمله من تلوث بكتيري (F. C وT.C) وذلك في محاولة تجريبية لدراسة هذه المؤشرات على الواقع للمياه الرمادية (دوش – مغسلة) المصرفة من منزل، ودراسة إمكانية إعادة استخدام هذه المياه المصرفة في خزان الطرد للمرحاض الإفرنجي، وما لهذه الدراسة من دور كبير في تقليل هدر المياه، وتوفير الاحتياج المنزلي للمياه، إذ إنْ إعادة استخدام المياه الرمادية بوصفها مورداً بديلاً وغير تقليدي للمياه هو أمر في غاية الأهمية.

الكلمات المفتاحية : المياه الرمادية– مواصفات المياه الرمادية–إعادة استخدام المياه الرمادية.

* **مشرفة على الأعمال– المعهد العالي لبحوث البيئة – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (4) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (4) 2012

A Studay Of Household Greywater For Reuse

Dina Alasta*

(Received 4 / 1 / 2012. Accepted 7 / 6 / 2012)

□ ABSTRACT □

This article deals with the greywater, its classifications and content . It also studies physical parameters (turbidity, conductivity), chemical parameters (pH, biological oxygen demand, chemical oxygen demand) and microbiological parameters (fecal coliform, total coliform).

As an experimental trial to study these parameters on the site for indoor waste greywater (shower, hand wash basins) and the study of the possibility to reuse this waste greywater for toilet flushing.

This study has a great role in saving and reducing the demands of fresh water in house needs, reusing the greywater as an alternative and untraditional source of water is very important issue.

Keywords: Greywater, Characteristics of Grey water, Reusing Greywater.

*** work Supervisor, Higher Institute of Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

إنَّ ازدياد الحاجة للمياه في عصرنا الحاضر، وازدياد الطلب عليها شكّل أزمة عالمية، وأصبح من الضروري البحث عن وسائل ناجعة للتغلب على اتساع الفجوة بين العرض والطلب على المياه لتجنب الوصول إلى مستويات خطيرة من هذا القبيل في بعض أنحاء العالم، مما يشكل خطرًا على الوجود البشري. لذلك كان التوجه للبحث عن مصادر بديلة، اقتصادية، تحقق استخداماً أقل وهدراً أقل.

ومن هذه الموارد البديلة كان الاهتمام بإعادة استخدام المياه الرمادية مما يخفض الاحتياج المائي، ويوّفر المياه العذبة للاستخدامات الأساسية.

نعرض فيما يلي خلاصة ما توصل إليه الباحثون في مجال هذا البحث(المياه الرمادية) :

– في الولايات المتحدة الأمريكية؛ سمح بإعادة استخدام المياه الرمادية في كثير من ولاياتها / أريزونا– لوس انجلوس– كاليفورنيا– نيومكسيكو .... / في وقت مبكر من القرن التاسع عشر، وهناك قانون لتنظيم إعادة استهلاك المياه الرمادية المحلية صدر عام 1977 م. [1]

– نشرت دراسات في استراليا بين عامي/1994–1997/ خلصت إلى تحقيق توفير كبير في المياه عند استخدامها، حتى إنه في الفترة بين 2003–2001 م ازداد الاهتمام في إعادة استخدام المياه الرمادية بوصفها إحدى الوسائل البديلة للتخفيف من الجفاف، ونقص الموارد المائية في استراليا، حتى إن الأكاديمية الاسترالية للعلوم التكنولوجية والهندسة نشرت عرضاً لإعادة استخدام المياه الرمادية في استراليا في آذار 2004 م. [2]

– إنَّ إعادة استخدام المياه الرمادية في اليابان هي إلزامية، في العاصمة طوكيو، للمباني التي تبلغ مساحتها /3000/ م^2. [3]

– أما في سوريا فقد نفذت دراسة في محطة بحوث النشابية خلال الفترة (2009–2008) إذ شمل البحث نوعين من المياه (مياه جوفية، مياه رمادية معالجة). تمَّ التوصل الى عدد من النتائج أهمها أنه يمكن استعمال المياه الرمادية المعالجة في ري الخضار التي لا تؤكل نيئة والأشجار المثمرة. [8]

كما تمت دراسات تجريبية لاعادة استخدام المياه الرمادية في الجوامع لأغراض الري /مياه المغاسل فقط/.وكذلك تمت دراسات مماثلة في بعض الدول العربية /المملكة السعودية – اليمن– تونس–الأردن– لبنان...وغيرها/. [4]

تعريف المياه الرمادية:

هي مياه التصريف الناتجة عن الأنشطة المنزلية مثل الغسيل، والاستحمام، والتي يمكن إعادة استخدامها في الموقع لأغراض الري، أو في خزانات الطرد للمرحاض الإفرنجي، أو لأغراض أخرى. وتمثل حوالي 80%–50 من مياه الصرف الصحي للأبنية السكنية الناتجة عن تجهيزات الصرف الصحي باستثناء المرحاض.

كما سميت بهذا الاسم نسبة إلى لونها.

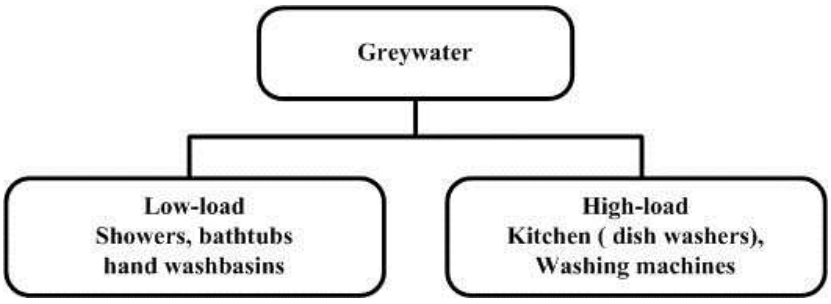
إن مياه الصرف الصحي المنزلي هي:

- مياه رمادية (Grey Wastewater) .
- مياه سوداء (Black Wastewater)

تقسم المياه الرمادية / نسبة لحمولة المياه المصرفة من المواد العضوية / إلى :

1. مياه رمادية ذات حمولة منخفضة (Low–Load): وهي المياه المصرفة من الدوش والبانيو والمغسلة .

2. مياه رمادية ذات حمولة عالية (High–Load): وهي المياه المصرفة من المجلى والغسالة وجلاية الصحون. كما في الشكل رقم (1).

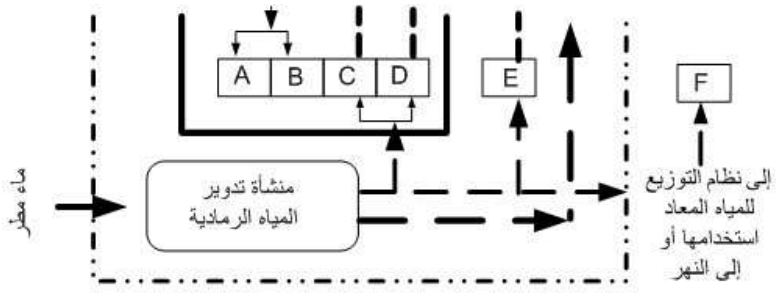


الشكل (1) تصنيف المياه الرمادية

– أما المياه السوداء: فهي المياه المصرفة من المرحاض والبيديه والمبولة .

- إن التمييز بين المياه الرمادية والسوداء يستند إلى خصائص ومواصفات مياه الصرف الصحي لكل منها، ومستوى تقنيات المعالجة، وخيارات إعادة الاستخدام المناسب لها. [4] [5]

ويبين الشكل (2) بعض خيارات إعادة استخدام المياه الرمادية:



الشكل (2) بعض خيارات إعادة استخدام المياه الرمادية.[6]

حدود المنازل
حدود التجمعات السكنية
أنابيب مياه عذبة
أنابيب مياه رمادية
أنابيب مياه معاد استخدامها
قساطل للمجرور العام

A طعام + شرب
B استحمام – غسيل - .... الخ
C شطف خزان المرحاض الافرنجي
D خدمات منزلية مثل : غسيل السيارة – حديقة ..... الخ
E خدمات عامة ضمن التجنعات السكنية مثل : مياه لاطفاء الحريق – نوافير مياه – تنظيف الشوارع .... الخ
F خدمات عامة خارج التجمعات السكنية مثل : حقول زراعية و ري – تغذية المياه الجوفية .... الخ

محتوى المياه الرمادية:

– يختلف محتوى المياه الرمادية حسب مصدر مياه التصريف والجدول رقم (1) يبين ذلك .

الجدول رقم (1) محتوى المياه الرمادية

محتوى المياه الرمادية	مصدر مياه التصريف
بكتريا، شعر، صابون، شامبو، عطر، مياه ساخنة، مواد صلبة معلقة، زيوت وشحوم، عكارة ...	مغسلة – دوش – بانيو
بكتريا، مبيض، رغوة، منظف غسيل، pH عالية، نتريت، فوسفور، صوديوم، مياه ساخنة، مواد صلبة معلقة، زيوت وشحوم، عكارة ...	غسالة
بكتريا، بقايا طعام، رغوة، عطر، منظف جلي، مواد عضوية، pHعالية، مياه ساخنة، مواد صلبة معلقة، زيوت وشحوم، عكارة ...	جلاية الصحون
بكتريا، بقايا طعام، رغوة، عطر، منظف جلي، مواد عضوية، pHعالية، مياه ساخنة، مواد صلبة معلقة، زيوت وشحوم، عكارة ...	المجلى

أهمية البحث وأهدافه :

إن إعادة استخدام المياه الرمادية لأغراض الري، أو في خزانات الطرد للمرحاض الإفرنجي، أو لأغراض أخرى، أصبح يطبق على نحو متزايد في العديد من بلدان العالم، وذلك بسبب تفاقم أزمة المياه، ولقلة الموارد المائية، وجفاف بعضها، والنمو السكاني، والاستهلاك المفرط للمياه الخام . ويجري الترويج لها عالمياً لتحقيق الإدارة المستدامة للمياه . لذلك فان البحث هو محاولة لدراسة إمكانية إعادة استخدام المياه الرمادية في خزان الطرد للمرحاض الإفرنجي لمنزل، مما يقلل من الطلب الإجمالي على المياه بمعدل الثلث تقريباً، ويخفض من استهلاك المياه المنزلية بنسبة تصل إلى 28% و يحقق توفيراً على فاتورة المياه . كما سيكون مؤشراً لدراسات بحثية أشمل وأعم، تهدف إلى تقييم الجدوى البيئية والاقتصادية لهذه التقنية على مستوى القطر.

طريقة البحث ومواده :

يغذى المنزل من شبكة المياه الرئيسية بأنبوب قطر"1/2 ، مزوَّد بعدّاد ومضخة رفع المياه إلى خزان السطح ($1m^3$) ومنه تغذى الشبكة الداخلية للمنزل بأنبوب قطر"1/4 ولكل جهاز صحي تفريعة قطر"1/2 .

تم جمع المياه الرمادية من المنزل، وهو لأسرة تتألف من أربعة أشخاص، ومن مياه التصريف للدوش والمغسلة (لم يضطر سكان المنزل إلى تغيير أنماط استهلاكهم للمياه). جمعت عينات المياه المصرفة في الفترة الصباحية، وأخذت للتحليل في نفس اليوم (قبل الظهر)*. تم أخذ عينات التحليل (18 عينة) من حزيران 2010 ولغاية أيار 2011.

1. وتم قياس البارامترات التالية للعينات المدروسة : البارامترات الفيزيائية (العكارة Turbidity) .
2. البارامترات الكيميائية :
   أ- الرقم الهيدروجيني pH : لقياس درجة حمضية أو قاعدية المياه .
   ب- الطلب الحيوي على الأكسجين خلال خمسة أيام BOD_5 (Biological Oxygen Demand).

* - تم اجراء التجارب في مخابر مديرية الموارد المائية – قسم مراقبة نوعية المياه ، اللاذقية، سورية

ت- الطلب الكيميائي على الأكسجينCOD (Chemical Oxygen Demand).

ث- الناقلية (Electrical Conductivity) : لقياس درجة ملوحة المياه .

التلوث الجرثومي :

أ- الجراثيم القولونية البرازية F.C (Fecal Coliform).

ب- العدد الكلي للجراثيم T.C (Total Coliform).

النتائج والمناقشة:

نظراً لكون نظام تصريف المياه الرمادية غير منفصل عن تصريف المياه السوداء في سوريا (نظام تصريف موحد). لذلك فقد تم جمع المياه الرمادية المصرفة من المنزل بشكل بسيط ضمن أوعية كما في الشكل رقم (3). كما تم مزج المياه الرمادية المصرفة للتجانس ثم أخذت العينات للتحليل.

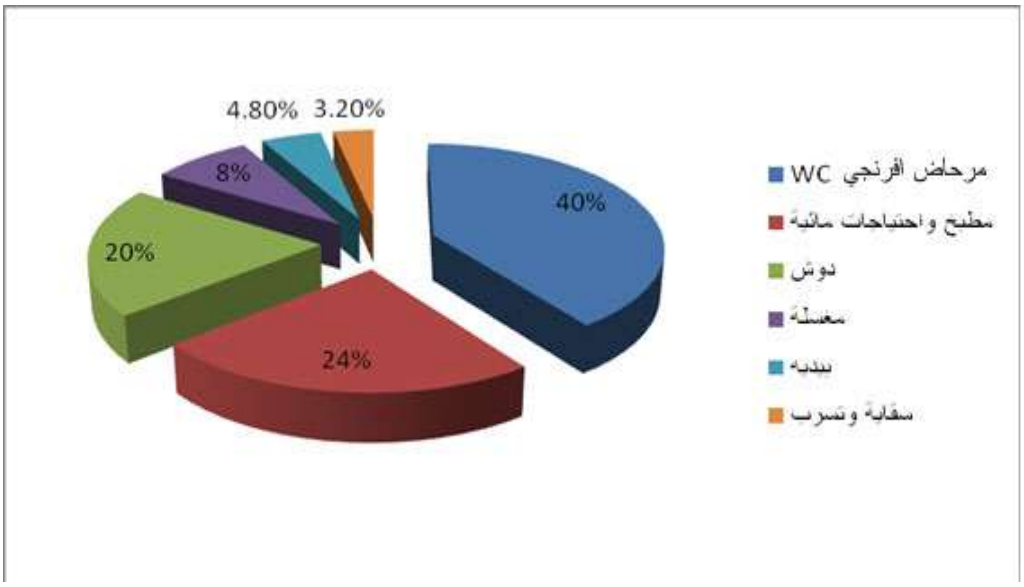
الشكل (3) يبين تجميع المياه الرمادية المصرفة ضمن أوعية

ولمعرفة الاحتياج المائي المنزلي لا بدَّ من معرفة التدفقات المائية لكل من التجهيزات الصحية. والجدول رقم (2) يبين هذه التدفقات.

الجدول رقم (2) التدفقات المائية لبعض التجهيزات الصحية [7]

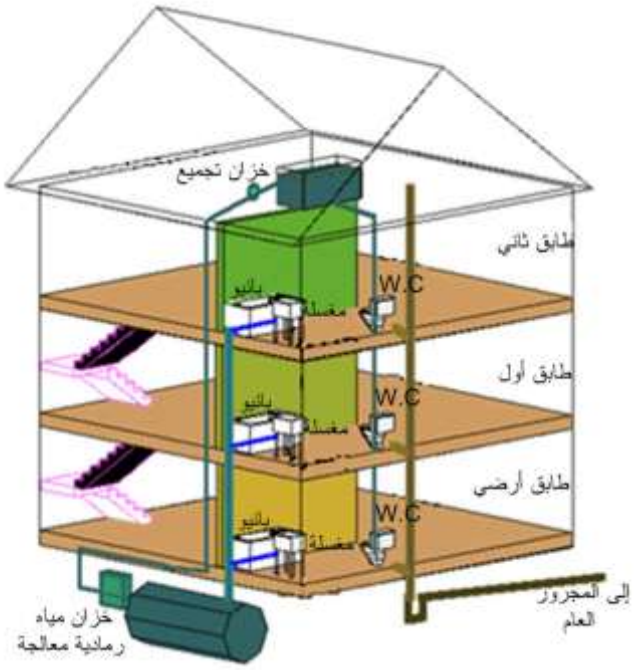
مصدر مياه التصريف	دوش	مغسلة	مرحاض إفرنجي	بيديه	مطبخ واحتياجات مائية
كمية المياه المصرفة	25 L/d/person	10 L/d/person	10-12 L/d/cap	6 L/d/person	30 L/d/person

كما أنه يوجد4 L/d/person مياه أخرى مصرفة (سقاية – تسرب ...). وبالتالي فان استهلاك الفرد في اليوم حوالي125 L/d (باستخدام المرحاض حوالي 5 مرات في اليوم و 10 L/d لكل عملية طرد). وفي سوريا يقدر استهلاك الفرد 100 L/d تقريباً، وبالتالي فان النسبة المئوية لمياه التصريف مبينة في الشكل رقم (4)



الشكل (4) النسب المئوية لمياه التصريف المنزلية

تجدر الإشارة إلى أنه يؤخذ بعين الاعتبار في بعض حالات التصميم للمنازل السكنية نظام منفصل لتجميع المياه الرمادية، بغية الاستفادة منها بعد تجميعها في خزان ومعالجتها بالكلور. كما في الشكل رقم (5)



الشكل (5) يبين تجميع مياه التصريف للدوش والمغسلة في الحمام وإعادة استخدامها في خزان الطرد للمرحاض الإفرنجي

في هذا البحث تعنينا مقادير المياه التي تمَّ تجميعها من مياه التصريف للحمام (دوش ومغسلة)، وهي الأنسب نسبة لانخفاض نسبة المواد العالقة فيها، وأقل تلوثاً، وأكثر سهولة لإعادة استخدامها. ويبين الجدول رقم (3) قيم البارامترات المقاسة للعيِّنات المدروسة.

إن كمية المياه الرمادية التقديرية المصرّفة للمنزل المكون من أربع أفراد للحالة المدروسة في اليوم:

- المغسلة 40 L/d .
- الدوش 25 L/d(في حال استحمام فرد واحد يومياً).
- المجموع 65 L/d .
- و باستخدام الفرد لأجهزة صحية على سبيل المثال :

أ- (للمرحاض الإفرنجي الرائج حوالي 5 مرات في اليوم و 10 L/d لكل عملية طرد) تكون المياه المصرّفة في المنزل من خزان الطرد حوالي 200 L/d .

ب- (للمرحاض الإفرنجي الاقتصادي حوالي 5 مرات في اليوم و 6 L/d لكل عملية طرد) تكون المياه المصرّفة في المنزل من خزان الطرد حوالي 120 L/d .

نلاحظ أن المياه الرمادية (المصرفة من المغسلة والدوش) في الحالة (أ) تمثل 32.5% من المياه المصرّفة من خزان الطرد للمرحاض الإفرنجي. بينما المياه الرمادية المصرّفة في الحالة (ب) تمثل 54.17% من المياه المصرّفة من خزان الطرد للمرحاض الإفرنجي. وبالتالي فان استخدام أجهزة صحية اقتصادية ذات طرد أو تدفق أقل سيوفر من كمية المياه المصرفة.

الجدول رقم (3) قيم البارامترات المقاسة للعينات المدروسة

رقم العينة	تاريخ قطف العينة	pH	الناقلية µs/cm	العكارة NTU	BOD_5 mg/L	COD mg/L	F.C CFU/100mL	T.C CFU/100mL
1	15/6/2010	7.60	708	364	194	621	100	240
2	26/7/2010	7.70	516	411	205	660	90	200
3	17/8/2010	7.56	617	447	218	750	200	2400*
4	20/9/2010	7.50	519	377	217	759	0	220
5	5/10/2010	7.55	614	420	219	790	0	200
6	19/10/2010	7.60	618	450	223	842	200	250
7	2/11/2010	7.84	577	560	234	836	0	230
8	9/11/2010	7.44	598	558	234	865	200	250
9	24/11/2010	7.60	571	625	239	850	200	250
10	15/12/2010	7.54	596	465	235	835	0	200
11	3/1/2011	7.45	612	398	227	858	90	250
12	16/1/2011	7.45	531	308	232	795	200	2400*
13	2/2/2011	7.41	604	351	223	824	200	2400*
14	13/2/2011	7.58	568	437	219	759	100	2000*
15	23/2/2011	7.45	492	352	226	745	60	220
16	6/3/2011	7.70	510	397	212	665	0	200
17	12/4/2011	7.40	524	364	215	625	80	200
18	10/5/2011	7.50	563	430	202	615	0	200

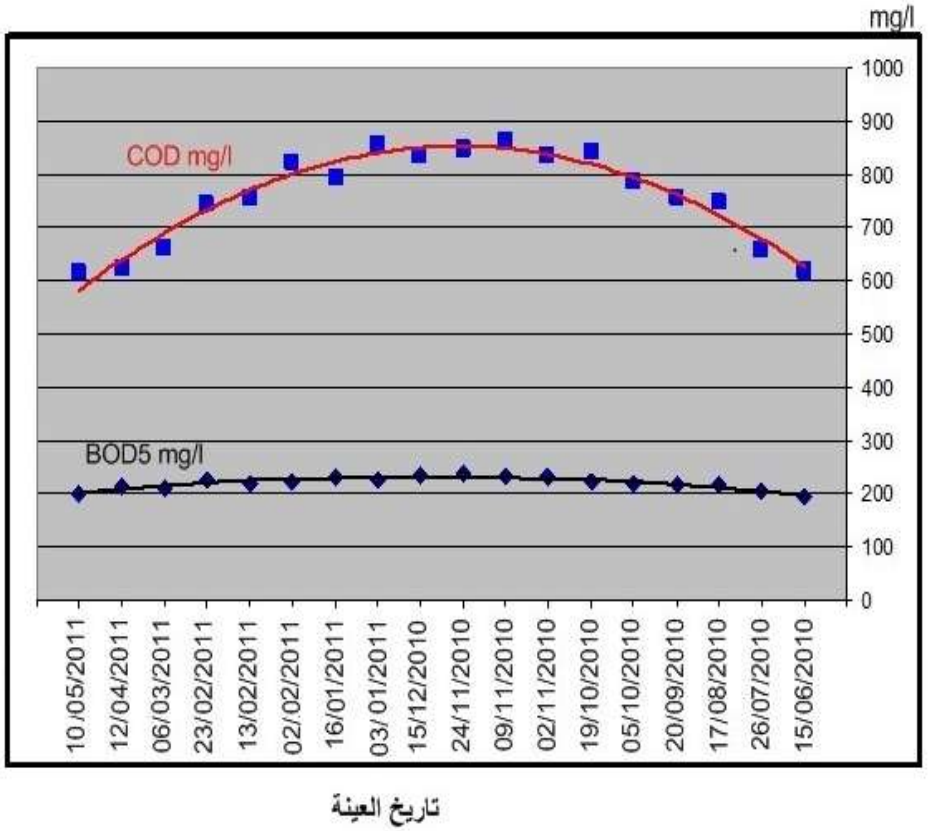
أما القيم لمياه صنبور المنزل فهي مبينة في الجدول رقم (4):

* - مياه رمادية مصرّفة من استحمام طفل

الجدول رقم (4) قيم البارامترات لمياه صنبور المنزل

T.C CFU/100mL	F.C CFU/100mL	COD mg/L	BOD_5 mg/L	العكارة NTU	الناقلية µs/cm	pH
8	0	6	2	6	470	7.20

وتم تمثيل قيم BOD_5 و COD للعينات المدروسة، كما في الشكل رقم (6)



الشكل (6) يبين BOD_5 و COD للعينات المدروسة

من الدراسة السابقة لمواصفات المياه الرمادية للعينات المدروسة بالمقارنة مع مواصفات مياه الشرب للصنبور، يمكن أن نلاحظ ما يلي :

- إن قيم العكارة تراوحت بين NTU 625–308 . ويعزى ذلك إلى وجود الملوثات واستخدام المنظفات.
- إن قيم الرقم الهيدروجيني pH تراوحت بين 7.8–7.4 ويشير ذلك إلى المواد القلوية الموجودة في الصابون والمنظفات المستخدمة.
- إن قيم BOD_5 تراوحت بين 235mg/L – 194 نتيجة تركيز الملوثات في كمية قليلة من المياه المستخدمة تبعاً لتركيبة العائلة (عدد – عمر – جنس) وسلوك الفرد ونمطه وعاداته في النظافة الشخصية.
- إن قيمة COD/BOD_5 عالية : مما يدل على احتواء المياه على مركبات عضوية صعبة التأكسد، وهي عادة موجودة في المنظفات المستخدمة وتبعاً لكميتها ونوعيتها.
- إن عدد الجراثيم القولونية البرازية F.C كان بين CFU/100mL 200–0.

- العدد الكلي للجراثيم T.C كان بين 200–2400 CFU/100 ml : نلاحظ ارتفاع عدد الجراثيم القولونية البرازية، والعدد الكلي للجراثيم بشكل ملحوظ في المياه الرمادية المصرفة عند استحمام طفل . وبالتالي فإن المياه الرمادية المصرفة بحاجة إلى فلترة ومعالجة سريعة للجراثيم، للحصول على نوعية مناسبة لإعادة الاستخدام.
- تفسر النتائج بشكل عام إلى أن تصريف المياه الرمادية على مستوى المنزل متقطع بطبيعته، وكمية المياه الرمادية المصرّفة ونوعيتها تتفاوت خلال ساعات اليوم الواحد، وكذلك خلال أيام الأسبوع، تبعاً لعوامل عدة منها تركيبة العائلة (عدد – عمر – جنس) وسلوك الفرد ونمطه وعاداته في النظافة الشخصية، وكمية المنظفات المستخدمة ونوعيتها.

الإستنتاجات والتوصيات :

من الدراسة السابقة للمياه الرمادية المصرفة من منزل نلاحظ ما يلي :

- إن معالجة المياه الرمادية لإعادة استخدامها في خزان طرد المرحاض الإفرنجي بحاجة إلى فلترة ومعالجة سريعة للجراثيم للحصول على نوعية مناسبة لإعادة الاستخدام.
- إن استخدام أجهزة صحية ذات تدفقات اقتصادية وفعّالة يحقق وفورات كبيرة من المياه.
- باعتبار أن نظام إعادة استخدام المياه الرمادية يطبق على نحو متزايد في العديد من بلدان العالم فلا بد من أخذ عدة أمور مهمة بعين الاعتبار عند إعادة استخدام المياه الرمادية:
  - أن يكون النظام لا مركزياً بسيطًا وذا كلفة مقبولة، وسهل الاستخدام والصيانة قدر الإمكان.
  - أن يتخذ النظام الإجراءات الوقائية التي تضمن الحماية لصحة الإنسان وللبيئة.
  - أن تكون أنابيب التمديد للمياه الرمادية المعالجة ذات لون مختلف بارز وكذلك خزان التجميع، وينّوه بخط واضح عليها، أو بلوحات أوإشارة تحذيرية لتجنب استخدام هذه المياه للشرب أواستخدامات أخرى.
  - تصميم النظام بكل دقة (الغزارة المطلوبة–أقطار الأنابيب ونوعها–السرعة–خزان التجميع وحجمه ومضخة الرفع– المعالجة المناسبة لإعادة الاستخدام).
- اقتراح النظام المزدوج للصرف الصحي إذ يكون خياراً قابلاً للتطبيق في التطورات العمرانية الجديدة. وفي المناطق التي تكون فيها الموارد المائية شحيحة.
- يعتمد التنفيذ العملي لإعادة استخدام المياه الرمادية بشكل كبير على الكفاءة والرؤية المستقبلية، ورغبة الجهات المعنية في اعتماد إستراتيجية جديدة وغير تقليدية، واعتماد معايير تأخذ بعين الاعتبار الظروف المحلية.
- التقييم الدقيق للمخاطر البيئية والصحية العامة يتطلب المزيد من البحوث العلمية الشاملة لإعادة استخدام المياه الرمادية لأغراض مختلفة.

المراجع:

1- CSBE Center For The Studing Of The Built Enviroment .(Residential Greywater , Reuse June 2000).

2- JEPPESEN, B.; And SOLLEY, D. Domestic Greywater Reuse: Overseas Practice and its Applicability to Australia, Research report No. 73. Brisbane: Urban Water Research Association of Australia , 1994.

3- HANSON, L. Enviromentally Friendly Systems And Products.Water Saving Devices. Bracknell : BSRIA, Department Of Enviroment , Transport and the Regions, 1997.

4- HUSSAIN, I ; RASCHID, L . HANJRA, M . MARIKAR, F . HOEK, W." Waste Water Use In Agriculture, Review Of Impact And Methological Issues In Valuing Impacts‴ Working paper 37, Colombo, Shrilanka, International Water Management Institute, 2002, PP1-3.

5- WAGGETT, R .Greywater Recycling And Rainwater Harvesting At Birmingham Eastside , 26th Feb 2004 , PP1-36. <http://www.fabermaunsell.com>

6- CHEN, C. Aframework For Graywater Recycling Of Household Wastewater, Polish J. Of Environ, Study, Vol 16, No,1, 2007, PP.23-33.

7 – مراد آغا، محمد أمجد. محاضرات في الهندسة الصحية. جامعة حلب – كلية الهندسة المدنية. 1982–1981. (الجزء الثاني116 صفحة).

8 – بكور، منى. حمزات، هناء. حقون، محمد. قيسي، علي. تأثير استعمال المياه الرمادية على الصفات الكيميائية للتربة ومحصول السبانخ. إدارة بحوث الموارد الطبيعية. الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دوما، دمشق.