تدوير مياه الغسيل العكسي للمرشحات

(مثال محطة تنقية مياه سد الروم في السويداء)*

م. ريعان الحمصي** أ. د. م. محمد بشار المفتي***

الملخص

تُلْقَى المياه الناتجة عن الغسيل العكسي للمرشحات الموجودة في محطات تنقية المياه في المصادر المائية أو الوديان أو محطات الصرف الصحي دون أي إستفادة منها .

وتقدر كمية مياه الغسيل الناتجة بمعدل(3-4%) من كمية المياه المنقاة في المحطة. حتى لو عَدَدْنَا كمية المياه قليلة لكنها يمكن أن تكون مفيدة في بعض الظروف, وخصوصاً في حال كان المصدر المائي شحيحاً ولا توجد مصادر مياه قريبة على الإطلاق.

إن معالجة مياه الغسيل العكسي تعتمد على الحاجة لإعادة استخدامها، إمَّا لأغراض الشرب أو لأغراض الري وذلك تبعاً "لمطابقتها لمعايير نوعية المياه الواردة في المواصفات.

في هذا البحث حُلِّلَتْ مياه الغسيل العكسي للمرشحات الناتجة عن محطة تنقية سد الروم بالقرب من مدينة السويداء تحليلاً علمياً، وعولجت في محطات التنقية التي صممت لهذا الغرض.

ونوقشت نتائج التجارب, ووثِّقَتِ الحقائق المهمة، وحُدِّدَتِ الجدوى الاقتصادية لإعادة استخدام المياه.

الكلمات المفتاحية: تنقية مياه الشرب ,الترشيح،المرشحات الرملية ,إعادة استخدام المياه العادمة، مياه الغسيل العكسي

* أُعِدَّ هذا البحث في سياق رسالة الماجستير للمهندسة ريعان الحمصي بإشراف الدكتور محمد بشار المفتي .

** قسم البيئة ــ كلية الهندسة المدنية ــ جامعة دمشق.

***قسم البيئة ــ كلية الهندسة المدنية ــ جامعة دمشق.

1. مقدمة

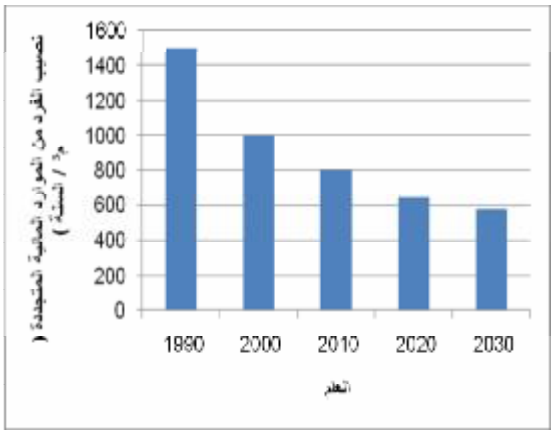
الماء عنصر أساسي لاستمرارية الحياة بجوانبها جميعها الإنسانية والحضارية، وقد كان الاهتمام بالمصادر المائية وخصائصها وطبيعتها وكيفية الحصول عليها من الأمور التي استحوذت على اهتمام الإنسان منذ القدم، والماء يعدُّ أحد أهم العوامل المؤثرة في نشأة الحضارات وتطورها، إذْ استطاع الإنسان فضلاً عن سد احتياجاته الشخصية منها من استخدامها في الإنتاج وتوليد الطاقة، فمعظم الحضارات القديمة نشأت على ضفاف الأنهار وسواحل البحار .

تعدُّ سورية إحدى دول العالم التي تعاني من مشكلة مياه حدية، حيث يواجه قطاع المياه فيها صعوبات جمة وعديدة من أبرزها محدودية الموارد المائية وارتباطها بالهطول المطري السنوي على الأحواض المائية، فضلاً عن سوء إدارتها، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة العجز المائي في القطر عاماً بعد عام.

فالتغيّرات المناخية والنمو السكاني المضطرد والتطور الاقتصادي السريع الذي شهدته البلاد في العقود الأخيرة، أسهمت مجتمعة في زيادة الضغط على المصادر المائية وانخفاض إنتاجيتها بشكل مستمر و متزايد .

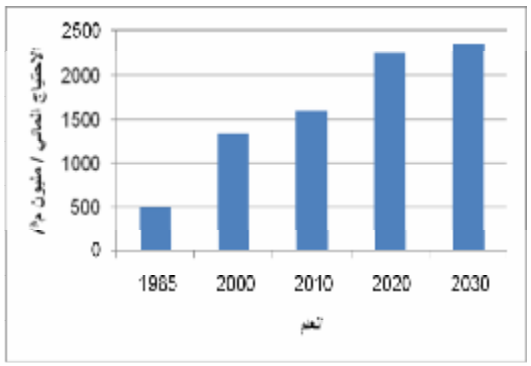
وقد جاء في تقرير التنمية البشرية للأمم المتحدة لعام 2006 ، أن سورية بلد جاف أو شبه جاف و تتصف بندرة مواردها المائية. كما أن المعدل الحسابي الوسطي لنصيب الفرد من المياه في سورية يصل إلى نحو 1000 م^3 سنوياً، إذْ يعدُّ هذا الرقم معياراً لوضع الدول المائي من حيث الوفرة أو الندرة في المياه وحد الاستقرار المائي فيها.

وقد تبيّن من خلال الإحصائيات أن هذا الرقم في تناقص مستمر نتيجة لثبات الموارد المائية وزيادة عدد السكان، كما يظهر الشكل (1-1)، إذ يتزايد عدد السكان في الجمهورية العربية السورية بمعدل يصل إلى نحو 2.45 % سنوياً .



الشكل (1-1) نصيب الفرد من الموارد المائية المتجددة في سورية (1)

وتبيّن تقديرات وزارة الإسكان أن الاحتياجات المائية لقطاعي الصناعة والشرب في سورية في تزايد مستمر مع تزايد عدد السكان، كما يبيّن الشكل(1-2)، إذْ من المتوقع أن يصل الاستخدام المنزلي لمياه الشرب في عام 2030 إلى نحو 2330 مليون م^3/سنة، في حين كان في عام 2000 نحو 1300 مليون م^3/سنة.



الشكل (1-2) الاحتياجات المائية المستقبلية لقطاع الشرب في سورية حتى عام 2030

ومن أجل مواجهة الطلب المتزايد على المياه في سورية، على الأقل في المدى المنظور، ثمة عدة خيارات: تنمية الموارد المائية المتاحة، و ترشيد استعمالات المياه، وتدوير المياه المستخدمة.

1-2 المشكلة العلمية:

تُهدَرُ المياه الناتجة عن غسيل المرشحات المستخدمة في محطات تنقية المياه برميها في المصادر المائية أو الوديان أو محطات الصرف الصحي دون أي استفادة منها ,وتحتاج المرشحات إلى غسيل من يومين إلى ثلاثة أيام، أي ما يعادل (3-4%)من كمية المياه المنقاة في المحطة, حتى ولو كانت كمية المياه قليلة لكنها يمكن أن تكون مفيدة جداً.

في حين أنَّه يمكن التفكير بإمكانية إعادة استخدام المياه بعد معالجتها لأغراض الشرب، أو الري؛ وذلك تبعاً لنوعية هذه المياه ومطابقتها لمواصفات مياه الشرب أو مياه الري عوضاً عن إلقائها في الوادي، وخصوصاً في حال كان المصدر المائي شحيحاً ولا توجد مصادر مياه قريبة تكفي المنطقة.

إِذْ إنَّ كمية مياه غسيل المرشحات الناتجة عن محطات التنقية في سورية بحسب مصادر وزارة الإسكان والتعمير عام 2011 بلغت نحو(55332) م3/يوم كما هو مبيّن في الجدول (2-1):

الجدول (2-1)يبيّن كمية مياه غسيل المرشحات في محطات تنقية المياه في سورية

محطات التنقية في محافظات القطر السوري	كمية المياه المنقاة م3/يوم	كمية مياه الغسيل م3/يوم
حلب	700000	28000
السويداء	1800	72
اللاذقية	23000	920
حمص	2500	100
دير الزور	200000	8000
الحسكة	216000	8640
حماة	240000	9600

وهذه الكمية تكفي ل(442656) نسمة باعتبار أن استهلاك الشخص 125 ل/يوم وسطياً.

1- 3 الهدف من البحث:

هَدَفَ هذا البحث إلى دراسة إمكانية إعادة استخدام مياه غسيل المرشحات كمصدر مائي غير تقليدي سواء لأغراض الشرب أو الري, ومن أجل ذلك سَيُجْرَى تحليل مياه غسيل المرشحات, ومعرفة الملوثات التي أضيفت إليها خلال عملية الغسيل, ودراسة إمكانية معالجتها من أجل إعادة استخدامها وتحديد الجدوى الاقتصادية من هذه العملية .

انطلاقاً من أهمية الثروة المائية وضرورة الحفاظ عليها، تأتي أهمية هذا البحث من خلال الإفادة من مياه الغسيل الناتجة عن المرشحات في محطات تنقية المياه لأغراض الشرب أو الري دون أي أثر سلبي سواء على المستهلكين أو على التربة بدلاً من رميها في الوادي أو النهر.

1-4 منطقة الدراسة:

سَيُعَالَجُ خلال الدراسة مثال عملي هو مياه الغسيل العكسي الناتجة عن محطة تنقية مياه سد الروم في مدينة السويداء, تقع منطقة الدراسة في المنطقة الجنوبية من سورية.

تقوم المحطة بمعالجة وتعقيم المياه المأخوذة من سد الروم لأغراض الشرب، إِذْ تصل المياه إلى المحطة بالإسالة من السد الذي يصل حجمه التخزيني الأعظمي إلى ستة ملايين وأربعمئة ألف متر مكعب، وهي تعمل على مدار الـ 24 ساعة. وقد وضعت المحطة بالاستثمار عام 1982 بغزارة عظمى 720 م3 / ساعة. تدخل المياه الخامية المحطة ويُحقَنُ خط المياه الخامية

بمحلول سلفات الألمنيوم وماءات الكالسيوم وغاز الكلور، ثم تدخل المياه المرسبات المخروطية ثم إلى المرشحات وهي تعتمد الترشيح السريع للمياه في عملها، ثم إلى الشبكة العامة للمياه, وذلك بعد إجراء التحاليل عليها ومعرفة مدى مطابقتها لمياه الشرب. تُغسَلُ المرشحات كل ثلاثة أيام وتقدر كمية مياه الغسيل الناتجة 3-4%من كمية المياه المنقاة في المحطة.

تمتاز المنطقة بشح المياه، وأي فاقد ولو كان صغيراً سيُعوَّضُ بضخ المياه من آبار يصل عمقها 800 م وستكون الكلفة كبيرة .

أقسام المحطة : تتكون المحطة من الأقسام الرئيسة الآتية:

1- قسم تحضير محلول سلفات الألمنيوم ومحلول ماءات الكالسيوم وحقن هذه المحاليل في خط المياه الخامية قبل دخولها للمرسبات بواسطة مضخات عيارية مقاومة للمواد الكيميائية.

2- قسم الترسيب: ويتكون من ثلاثة مرسبات مخروطية الشكل، تُدخَلُ المياه إليها من الأسفل إلى الأعلى، وبها تترسب نَدف العكارة المتشكلة بسبب المحاليل المضافة.

3- قسم الترشيح الرملي: ويتكون من أربعة مرشحات رملية وفي كل منها طبقة من البحص المتدرج والرمال السيليسية سماكة نحو 120سم، وتحت هذه الطبقة نحو 2000 عنصر فلترة بلاستيكي يسمح للمياه فقط بالمرور إلى خزان المرشح.

4 - صالة التجهيزات الميكانيكية والكهربائية: وتحتوي مضختين لغسيل المرشحات وضاغطي هواء للغسيل، وثلاث مضخات هيدروفور لخدمة المحطة بالمياه الدائمة الضرورية لخزانات الخلط وأجهزة الكلورة والخدمة الدائمة لعناصر المحطة، وأربعة عدادات غزارة رقمية للمرشحات الأربعة.

5- صالة لوحات المراقبة والتحكم والتشغيل الكهربائية: وبواسطتها يجري التحكم بعمليات غسيل المرشحات بشكل دوري وعند الحاجة والتحكم بالصمامات الكهربائية للمياه الخامية الأساسية والفرعية, وللمياه النقية.

6- مركز التعقيم بغاز الكلور: وفيه أربعة أجهزة تعقيم, اثنان للمياه الخامية واثنان للمياه النقية ، واحد عامل والثاني احتياطي.

7- صالة مجموعة التوليد الكهربائية: وتحتوي مجموعة توليد كهربائية احتياطية استطاعتها 250 KVA تستخدم فور انقطاع التيار الكهربائي.

8- مخبر لتحليل المياه الخامية والمنتجة ويحوي تجهيزات لقياس :

أ- تركيز الكلور الحر المتبقي .

ب- درجة الحموضة (الرقم الهيدروجيني) pH .

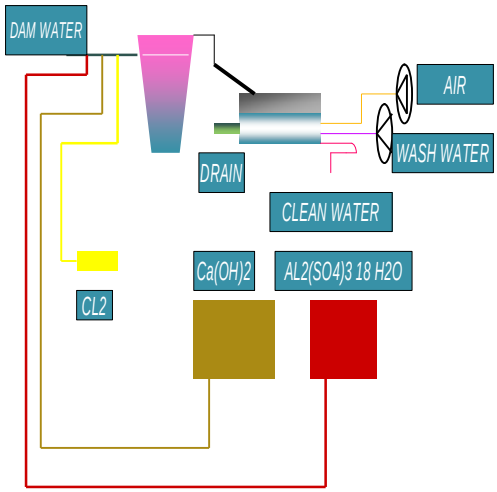
ج- درجة عكارة المياه .

د- الناقلية الكهربائية .

وتُجْرَى هذه التحاليل أربع مرات يومياً .

- مستودع لمواد المعالجة (سلفات الألمنيوم + كلس مطفأ) ومستودع لأسطوانات غاز الكلور المملوءة مزوّد بروافع جسرية كهربائية تعمل بالاتجاهين، ومستودع لأسطوانات الغاز الفارغة، وصالة لصيانة التجهيزات الكهربائية والميكانيكية.

10- مبنى لإقامة العناصر المناوبة في المحطة مع مرفقاته الصحية كلّها.



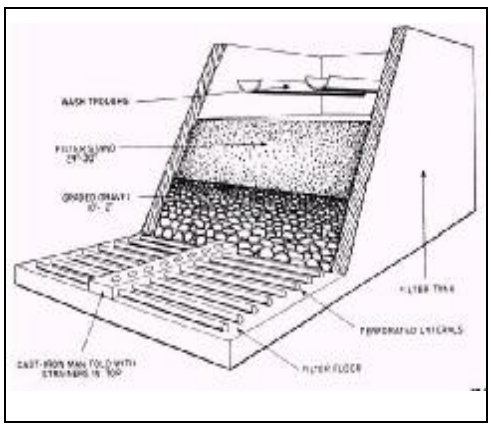
الشكل (1-3) يبيّن مخطط عمل محطة سد الروم

2-كمية المياه الناتجة عن الغسيل العكسي للمرشحات:

إن المرشحات في المحطة هي مرشحات رملية سريعة :

-ويكون عمق الرمل (80) سم، وعمق الزلط أسفل الرمل (30) سم.

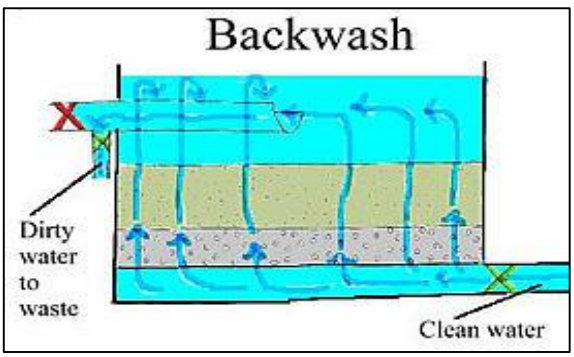
-وتستخدم أنابيب من البلاستيك تركب في البلاطة الخرسانية فوق قاع المرشح . كما هو مبيّن في الشكل (1-2).



الشكل(2-1) يبيّن طبقات المرشح الرملي السريع

مع استمرار عملية الترشيح تضيق فجوات المرشح ممَّا يؤدي إلى انسداد المسامات وانخفاض المردود وتشكل ضغط سلبي، بحيث يصبح المرشح قليل الكفاءة، وعند ذلك يجب إيقاف عملية الترشيح وغسل المرشح لتنظيف الفجوات من الرواسب .

- تجري عملية الغسيل بالهواء المضغوط أولاً مدة دقيقتين من أسفل المرشح عبر نظام التصريف السفلي، ينتج عن ذلك تمدد الوسط وتحرك الحبيبات واصطدامها مع بعضها بعضاً ممَّا يسبب تحرر المواد العالقة ضمن المسامات.
- ثم يُضَخُّ ماء نظيف بضغط عالٍ من أسفل المرشح عبر نظام التصريف السفلي؛ وبذلك تُنظَّفُ مما علق بها من رواسب .
- وتندفع هذه الرواسب مع مياه الغسيل التي تتجمع في قنوات خاصة موضوعة في أعلى المرشح.
- وتستمر عملية الغسيل مدة قصيرة من الزمن (5 – 10 دقائق) بعدها يكون المرشح جاهزاً للعمل كما هو مبيّن في الشكل (2-2).



الشكل (2-2) يبيّن عملية غسيل المرشح

إن معدل مياه الغسيل 500لتر/متر مربع من مساحة المرشح في الدقيقة .

معـــدل الميـــاه لكـــل مرشـــح = 500 × 30 = 15000 لتر/دقيقة = 0.25م3 /ثانية

يُغسَلُ كل مرشحين اثنين معاً، وفي هذه الحالة يكون معدل مياه الغسيل مساوياً (0.25 × 2) = 0.5 م3 /ثانية ونظراً إلى أن عملية الغسيل تستمر خمس دقائق.

فتكون كمية الغسيل = 0.5 × 60 × 5 = 150 م3.

وعليه نستنتج أنه إذا أُجْرِيَ الغسيل كل ثلاثة أيام فـــنحن بحاجة إلى 300 م3عند كل عملية غسيل للمرشحات.

في الشهر الواحد تكون كمية مياه الغسيل:

300 ×10=3000م3

في السنة الواحدة تكون كمية مياه الغسيل:

3000×12=36000م3.

3-الدراسة العملية:

-أُخِذَتْ ثلاث عينات شـــهرياً:عينـــة مـــن ميـــاه غـــسيل المرشحات, وعينة من المياه المنقاة في المحطة, وعينة من المياه الخام قبل التنقية استخدمت شاهداً للمقارنة.

-حجم العينة لتران.

– خُزِّنَت في أوعية زجاجية شفافة، وأُغلِقَت جيداً كما يبـــيّن الشكل (3-1).

الشكل (3-1) يبيّن عينات المياه

-وقِيْسَتِ المؤشرات الآتية :

الناقلية –العكارة-الترسيب بأقماع ايمهـــوف -pH- BOD - fecal coliform - COD-DO-TOC-TDS

total coliform.

وقد أجريت تجارب (BOD-COD)على عينات مياه مـــع راسب

وتبيّن الجداول أرقـــام (3-2) -(3-3)-(4-3) نتـــائج الاختبارات:

الجدول (3-2)

	الشهر						
مياه خامية	1	2	3	4	5	6	7
COD (mglL)	4	7.5	3.2	4.5	5	3.2	2
TOC (mglL)	8.2	7.3	7.04	7.15	7.04	6.8	7
(mglL)BOD	3.2	6	2.56	3.6	4	2.56	1.6
pH	7.8	7.3	7.4	7.28	7.7	7.8	7.67
TDS (mglL)	110	121	95	95	90	98	113
(mglL) DO	5.2	6.3	5.3	5.4	4.5	5.4	4.85
EC (µs\cm)	199	312	294	237	295	232	188
العكارة(NTU)	4.02	0.9	3.8	3.5	3.0	4.20	8.4
ترسيب 1HOUR (ml\L) 2HOU R	0 0	2 1.5	2 1	3 2.5	2.5 2	5 3.5	8 6
Total Coli form (per100ml)	2	2	5	8	5	3	3
Fecal Coli form (per100ml)	0	0	0	0	0	0	0

الجدول (3-4)

مياه نقية	الشهر						
	1	2	3	4	5	6	7
(mglL) COD	0.8	3.02	2.05	3	2.9	2.7	0.5
(mglL) TOC	6.1	5.2	5.40	4.8	5.40	4.2	4.8
(mglL)BOD	0.64	2.4	1.7	2.3	2.4	2.16	0.4
pH	7.5	7.2	7.1	6.83	7.4	7.5	8.01
(mglL) TDS	120	141	117	138	127	136	130
(mglL) DO	4	4.2	4	4.2	3.2	4.2	3.78
(µs\cm) EC	278	324	318	275	319	271	217
العكارة(NTU)	1.6	0.34	0.3	1.12	0.3	1.9	2.8
ترسيب 1HOUR (ml\L) 2HOU R	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Total Coli form (per100ml)	1	0	1	2	1	4	1
Fecal Coli form (per100ml)	0	0	0	0	0	0	0

الجدول (3-3)

مياه غسيل المرشحات	الشهر						
	1	2	3	4	5	6	7
(mglL) COD	4.3	15	8	10	8	7.5	3.2
(mglL) TOC	18.36	13	13.01	20.02	13.0	20.9	20.02
(mglL)BOD	3.44	12	6.4	7.8	6.4	6	2.56
pH	7.7	7.98	8	7.15	7.67	7.18	7.45
(mglL) TDS	111	123	97	108	102	112	118
(mglL) DO	7.02	7.12	7.52	6.15	5.16	6.15	6.89
(µs\cm) EC	203	320	205	270	302	265	202
العكارة(NTU)	29.02	35.2	50.77	54.2	56.7	85	97
ترسيب 1HOUR (ml\L) 2HOU R	5 4	6 5	7.5 6	8.6 6	9 7.5	10 8	11 7.5
Total Coli form (per100ml)	3	3	4	2	4	3	3
Fecal Coli form (per100ml)	0	0	0	0	0	0	0

- نلاحظ من خلال النتائج أن الشهر الخامس والسادس والسابع كانت الأعلى عكارة في مياه غسيل المرشحات من باقي الأشهر .
- TDS والناقلية في المياه المنقاة أعلى منها في المياه الخامية، أمَّا باقي المؤشرات فهي مقبولة نوعاً ما.

والجدول (3-5) يبيّن مقارنة المياه النقية والخام بمياه غسيل المرشحات في الشهر السابع:

الجدول(3-5)

المؤشرات 15-7-2011	مياه نقية	مياه خامية	مياه غسيل المرشحات
(mglL) COD	0.5	2	3.2
(mglL) TOC	4.8	7	20.02
(mglL) BOD	0.4	1.6	2.56
pH	8.01	7.67	7.45
(mglL) TDS	130	113	118
(mglL) DO	3.78	4.85	6.89
(µs\cm) EC	217	188	202
العكارة (NTU)	2.8	8.4	97
Total Coli form	1	3	3
Fecal Coli form	0	0	0
ترسيب 1HOUR (ml)	0	8	11
2HOU R	0	6	7.5

3-1 تحديد المواد الواجب إزالتها لتصبح المياه قابلة للاستخدام:

- تحديد سبب ارتفاع TDS والناقلية في المياه النقية أكثر من المياه الخامية.

أُخِذَت عينات بتاريخ 24\11\2011 وقِيَسَتْ مؤشرات TDSو الناقلية، والنتائج مبيّنة في الجدول (3-6):

الجدول(3-6)

المؤشر 2011-11-24	المياه النقية	المياه الخامية
TDS(mglL)	77.7	45.7
الناقلية (µS/cm)	155.3	91.4

وقِيسَ تركيز شوارد الألمنيوم لأنَّه يستخدم في عملية الترويب وشوارد الكالسيوم كونه يضاف إلى المياه لتعديل pH، كما هو مبيّن في الجدول(3-7):

الجدول(3-7)

المؤشر 2011-11-24	المياه النقية	المياه الخامية
شوارد الألمنيوم(µg/L)	153	54
شوارد الكالسيوم (mglL)	31	60

1) نلاحظ أن تركيز شوارد الألمنيوم والكالسيوم في المياه النقية أعلى من تركيزها في المياه الخامية؛ ويعود ذلك نتيجة الإضافة العشوائية دون معايرة إلى الكميات الواجب إضافتها باستخدام تجربة Jar test.

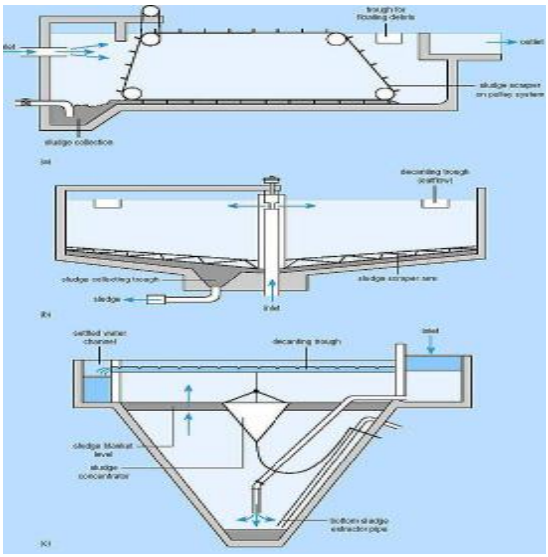
2) إن العكارة وBOD وCOD وTOC والرواسب مرتفعة في مياه غسيل المرشحات ويجب التخلص منها لتصبح المياه قابلة للاستخدام.

4-دراسة الطرائق الممكنة للمعالجة وإجراء تجارب على محطة تجريبية :

تمثل العكارة الناتجة عن غسيل المرشحات المشكلة الأساسية التي تؤثر في نوعية مياه غسيل المرشحات وتحتاج هذه العكارة إلى معالجة لتخفيضها بحيث تصبح المياه قابلة لإعادة الاستخدام.

• وبسبب التركيز العالي للمواد الصلبة في مياه غسيل المرشحات يقع الترسيب في مجال الترسيب المعوّق (Hindered Settling).

-وقد اِستُخدِمَتْ في التجارب العملية ثلاثة أشكال من أحواض الترسيب لتحديد النوع الأكثر ملاءمة، كما يبيّن الشكل (4-1):



الشكل (4-1)يبيّن أشكال أحواض الترسيب

-أُخِذَتْ عينة في بتاريخ 2011\7\12م وكانت نتائج الاختبارات كما في الجدول (4-2):

الجدول (4-2)

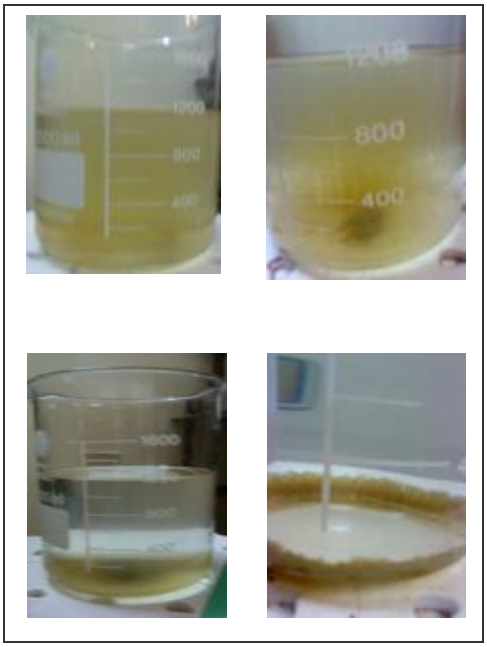
المؤشرات2011/7/12		المياه النقية	المياه الخامية	مياه غسيل المرشحات
COD		0.8	4	4.3
TOC		6.1	8.2	18.36
BOD		0.64	3.2	3.44
الناقلية		278	199	203
pH		7.5	7.8	7.7
TDS		120	110	111
العكارة		1.6	4.02	91
DO		4	5.2	7.02
Fecal coli		0	0	0
Total coli		1	2	3
الترسيب	خلال ساعة	0	0	7
	خلال ساعتين	0	0	4

صُمِّمَتْ أحواض ترسيب اعتماداً على تحديد نقطة الانضغاط باستخدام عمود ترسيب(سيلندر) سعته 2ليتر، إذْ قِيْسَ ارتفاع الرواسب بفاصل زمني قدره خمس دقائق، وسُجِّلَتِ النتائج

في الجدول (4-3)

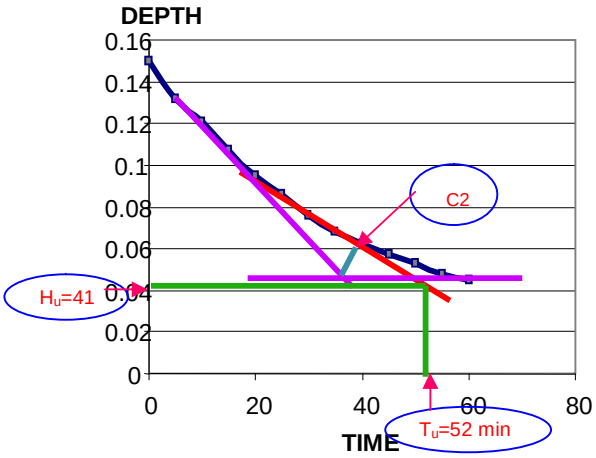
الجدول (4-3)

time(min)	Inter face (m)
0	0.15
5	0.11
10	0.10
15	0.08
20	0.07
25	0.06
30	0.05
35	0.04
40	0.03
45	0.032
50	0.03
60	0.029



الشكل (4-4) تجربة الترسيب بالسيلندر

ثم رُسِمَ منحنى ارتفاع الرواسب مع الزمن وحُدِّدَتْ نقطة الانعطاف، كما هو واضح في الشكل (4-5).



الشكل (4-5) يبيّن منحنى الانضغاط

حُدِّدَتْ نقطة الانعطاف وزمن المكث والتحميل السطحي كالآتي:

تحديد زمن المكث:

1- رسم مماس الأقسام المائلة من المنحنى.
2- رسم منصف الزوايا المتشكلة بين المماسين.
3- رسم مماس عند نقطة التقاء المنصف بالمنحنى.
4- رسم خط موازٍ لمحور الزمن عند الارتفاع الفاصل (H_u) موافق التركيز المفضل للمواد الصلبة في الحمأة (C_u).
5- الزمن المحصور بين المماسين وتركيز الحمأة هو الزمن المطلوب T_u.

يحسب H_u كالآتي:

$$H_U = \frac{C_0 \times H_0}{Cu} \quad (m)$$

إذْ:

C_o: تركيز المواد الصلبة الكلي للعينة

H_o: ارتفاع عمود الترسيب

C_u: تركيز المواد الراسبة في عمود الترسيب

H_u: ارتفاع الرواسب في عمود الترسيب

إذْ قيسَ C_u, C_o للعينة المأخوذة بتاريخ12\7\2011 م.

C_0=27 mg\l, H_0=0.15 m ,C_u=109.45 mg\l

H_u= 0.037m

المساحة اللازمة للتنقية:

$$A = \frac{Q \times T_u}{H_O} \quad (m^2)$$

Q:غزارة الجريان

T_u:زمن المكث

Q =0.065m^3\min, T_u =52 min , H_o =0.15 m

A=23.9 m^2

معدل التحميل السطحي:

$$OFR = \frac{Q}{A}$$

Q =100m^3\day, A =23.9 m^2

OFR=4.18 m^3\m^2\day

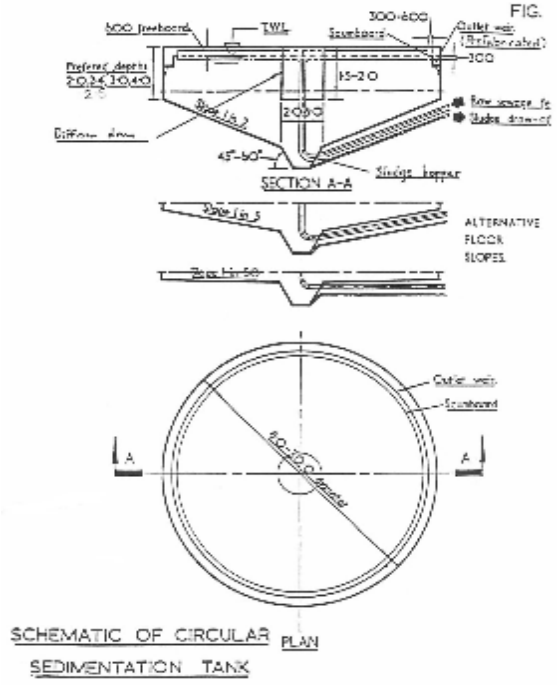
تصميم حوض الترسيب المستطيل :

- بفرض طول الحوض 4m فإن
- عرض الحوض (1\40)*4= 1m
- وعمق الحوض 1.5 m

تصميم حوض الترسيب الدائري الأفقي:

- القطر (8m)
- عمق الجدار (3m)
- ميل الجوانب(1/2)
- عرض حوض تجميع الحمأة (2m)
- عمق الهدار (2m)
- عرض الهدار (2m)
- زاوية ميلان جدران حوض تجميع الحمأة (45°)
- قطر أنبوب الخروج 300 mm
- قطر قناة قطف المياه 600 mm

كما يبيّن الشكل (4-6)



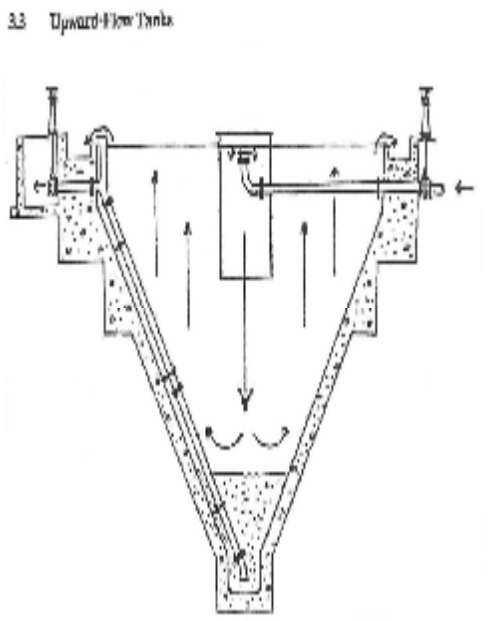
الشكل (4-6) يبيّن حوض الترسيب الدائري الأفقي

تصميم حوض الترسيب الدائري الشاقولي :

- القطر (5m)
- عمق الجدار (3m)

- ميل الجوانب(2.6)
- عرض حوض تجميع الحمأة (2m)
- عمق الهدار (2m)
- عرض الهدار (2m)
- قطر أنبوب الخروج 300 mm
- قطر قناة قطف المياه 600 mm

كما يبيّن الشكل (4-7)



الشكل (4-7) يبيّن حوض الترسيب الدائري الشاقولي

تصميم النماذج من أحواض الترسيب

صُمِّمَتِ النماذج المصغرة وفق قوانين التشابه الهندسي لتتسع (40 ليتراً) من مياه غسيل المرشحات لِتُجْرى التجارب عليها ويُختبَرُ أفضلها القادر على إعطاء أفضل النتائج.

1-نموذج حوض الترسيب المستطيل

مقياس النموذج: 0.25\1.5=0.16

- عمق النموذج : 0.25 m
- عرض النموذج: 1x0.16= 0.16 m
- طول النموذج:m 0.16x4=0.64 كما يبيّن الشكل (4-8)

الشكل (4-8) يبيّن نموذج حوض الترسيب المستطيل

2-نموذج حوض الترسيب الدائري أفقي الجريان (الجريان القطري)

مقياس النموذج: 0.06

الأبعاد:

- القطر (50cm)
- عمق الجدار الجانبي (20cm)
- ميل الجوانب(1/2)
- عرض حوض تجميع الحمأة (12cm)
- زاوية ميلان جدران حوض تجميع الحمأة (45°) كما يبيّن الشكل (4-9)

الشكل (4-9) يبيّن نموذج حوض الترسيب الدائري الأفقي

نموذج حوض الترسيب الدائري ذي الجريان الشاقولي :

مقياس النموذج:0.07

الأبعاد:

- القطر (36cm)
- عمق الجدار (20cm)
- ميل الجوانب(2.6)
- عرض حوض تجميع الحمأة (14cm)

الشكل (4-10) يبيّن نموذج حوض الترسيب الدائري الشاقولي

- أُخِذَتْ عينات من كل حوض ترسيب، وقِيْسَتْ مؤشرات المياه في زمن مختلف وبمقارنة النتائج اختيـــر أفـــضل حوض للترسيب

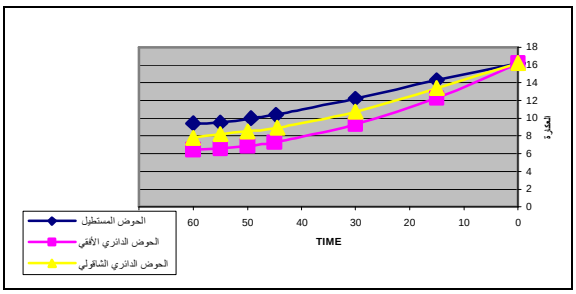
1-العكارة:

قِيْسَتِ العكارة لأحواض الترسيب الثلاثة بفاصل زمني 15 دقيقة، وسُجِّلتْ النتائج كما الجدول (4-11)

الجدول(4-11)

T(min)	الحوض المستطيل	الحوض الدائري الأفقي	الحوض الدائري الشاقولي
0	16.2	16.2	16.2
15	14.3	12.3	13.4
30	12.6	9.3	10.7
45	12.2	7.3	8.9
50	10.4	6.9	8.53
55	10	6.6	8.2
60	9.5	6.48	7.8
70	9.4	5.67	7.5
75	8	4.6	6.9

ثم رُسِمَ منحنى العكارة مع الزمن للمقارنة بين الأحواض الثلاثة، كما في الشكل (4-12)



الشكل (4-12) يبيّن منحنى العكارة مع الزمن لأحواض الترسيب الثلاثة

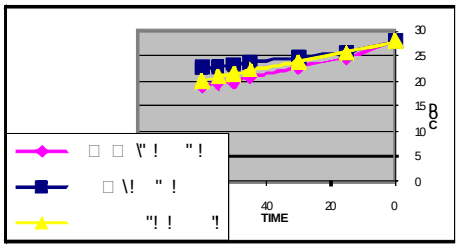
2-COD:

قِيسَتِ العكارة لأحواض الترسيب الثلاثة بفاصل زمني 15دقيقة، وسُجِّلتِ النتائج كما الجدول(4-13)

الجدول (4-13)

T(min)	الحوض المستطيل	الحوض الدائري الأفقي	الحوض الدائري الشاقولي
0	28	28	28
15	25.8	24.8	25.7
30	24.8	22.8	23.88
45	23.8	20.8	22.1
50	23.3	18.01	21.4
55	22.9	14.3	20.8
60	22.6	10.2	20.02
65	20.98	8.2	19.3
70	18.2	6.2	18.25
75	16.3	2.89	16.3

ثم رُسِمَ منحنى COD مع الزمن للمقارنة بين الأحواض الثلاثة، كما في الشكل (4-14)



الشكل(4-14)

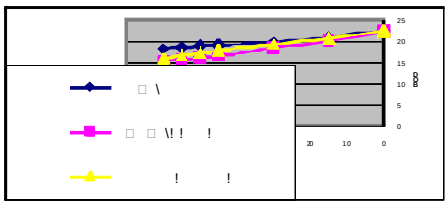
3-BOD :

قِيسَت العكارة لأحواض الترسيب الثلاثة بفاصل زمني 15 دقيقة، وسُجِّلت النتائج كما الجدول (4-15)

الجدول (4-15)

T(min)	الحوض المستطيل	الحوض الدائري الأفقي	الحوض الدائري الشاقولي
0	22.4	22.4	22.4
15	20.8	20	20.6
30	19.7	18.31	19.2
45	19.04	16.4	17.7
50	18.8	16	17.1
55	18.4	13.02	16.5
60	18.08	8.8	15.8
65	17.23	4.89	11.32
70	16.8	4.5	10.2
75	15.3	4.1	9.65

ثم رُسِمَ منحنى BOD مع الزمن للمقارنة بين الأحواض الثلاثة، كما في الشكل (4-16).



الشكل(4-16)

أمَّا باقي المؤشرات خلال 75 دقيقة فأخذت القيم نفسها للأحواض الثلاثة، كما في الجدول(4-17) :

الجدول(4-17)

المؤشرات	الحوض المستطيل	الحوض الدائري الأفقي	الحوض الدائري
EC (µs\cm)	271	271	271
pH	6.83	6.83	6.83
TDS(mglL)	107	107	107
DO(mglL)	612	612	612
Total Coli form (per1	2	2	2
Fecal Coli form (per100ml)	0	0	0

5-مناقشة النتائج:

1-من خلال الاختبارات السابقة على أحواض الترسيب الثلاثة تبيّن أن حوض الترسيب الدائري الأفقي هو أفضل الأحواض لترسيب مياه غسيل المرشحات؛ وذلك لأنه لمدة المكث نفسها أعطى أفضل النتائج وأقربها إلى مواصفات مياه الشرب التي حددتها المواصفات القياسية السورية .

الشكل(5-1) يبيّن حوض الترسيب الأفقي

قورنت نتائج مؤشرات المياه بعد الترسيب بحوض دائري أفقي وبين المواصفات القياسية السورية لمياه الشرب، كما يبيّن الجدول (5-2) :

الجدول (5-2)

المؤشرات	المواصفات القياسية السورية لمياه الشرب رقم \45\	مياه غسيل المرشحات بعد الترسيب بحوض ترسيب دائري أفقي
COD (mglL)	3-2	2.89
(mglL) TOC	حتى 5	2.9
(mglL)BOD	5-3	4.1
pH	6.5-9	6.83
(mglL) TDS	900-1200	107
(mglL) DO	لا يقل عن 4	6.12
(µs\cm) EC	1500-2000	271
العكارة(NTU)	1-5	4.6
Total Coli form (per100ml)	10	2
Fecal Coli form (per100ml)	0	0

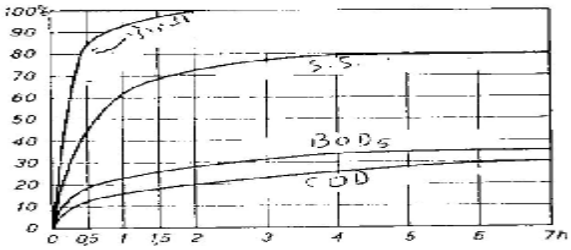
ü

2-لمّا كان مردود حوض الترسيب الدائري الأفقي الذي صُمِّمَ كان 69%، وهذا موافق للدراسات النظرية للترسيب خلال 75دقيقة، ومن ثَمَّ فإن الأشهر التي كان فيها تركيز العكارة عالٍ وهو في الأشهر أيار وحزيران وتموز المذكورة سابقاً في الجدول (3-4) فإنَّ بالإمكان التخلص من 69% من المواد الصلبة العالقة وتكون النتائج كما في الجدول (5-3):

الجدول(5-3)

الشهر	العكارة (NTU)	العكارة(NTU) بعد الترسيب بأحواض دائرية أفقية
كانون الثاني	29.02	8.9
شباط	35.2	10.9
آذار	40.77	12.63
نيسان	44.20	13.7
أيار	56.77	17.59
حزيران	85	26.35
تموز	97	30.07

3-نظراً إلى أنَّ مردود حوض الترسيب لا يتجاوز 80% مهما طالت مدة المكث، وهذا تبعاً لمنحنى الترسيب كما يبيّن الشكل (5-4)



الشكل (5-4) أثر زمن الترسيب في مردود التنقية بأحواض الترسيب

ونظراً إلى أن التحميل في أحواض الترسيب هو تحميل متقطع كل ثلاثة أيام تُغسَلُ المرشحات فيمكن إطالة مدة المكث إلى 4 ساعات، وتصبح النتائج مبيّنة في الجدول (5-5) الآتي:

الجدول(5-5)

الشهر	العكارة NTU	العكارة (NTU) بعد الترسيب بأحواض دائرية أفقية بمدة مكث 75 دقيقة ومردود69%	العكارة (NTU) بعد الترسيب بأحواض دائرية أفقية بمردود 80%
كانون الثاني	29.02	8.9	5.8
شباط	35.2	10.9	7.04
آذار	40.77	12.63	8.15
نيسان	44.20	13.7	8.84
أيار	56.77	17.59	11.35
حزيران	85	26.35	17
تموز	97	30.07	19.4

ü وعندها يمكن استخدام مياه غسيل المرشحات للشرب بحسب المواصفات القياسية السورية لمياه الشرب إذْ إنَّ الحد الأقصى المسموح به للعكارة 10 NTU ما عدا أشهر أيار وحزيران وتموز إذْ يمكن

استخدامها للري تبعاً للمواصفات مياه الري التي يكون الحد المسموح فيه لتركيز العكارة 40mg\l.

- أو يمكن إعادة مياه غسيل المرشحات بعد ترسيبها إلى مدخل المرشحات من جديد، ومن ثَمَّ التخلص من القدر الأكبر من المواد الصلبة العالقة .

6-دراسة الجدوى الاقتصادية لمشروع إنشاء حوض ترسيب أفقي

تقدر كلفة المشروع من خلال الكلفة اللازمة لتشييد المشروع حتى يحقق الإنتاج المطلوب ,أي تقدير الإنفاق الاستثماري للمشروع من كلفة إنشائه وكلفة استثمار وتشغيل المنشآت, فضلاً عن الكلفة اللازمة للوصول إلى الكمية المرجوة من المبيعات. أي تقدير الإنفاق التشغيلي للمشروع ككلفة الإنتاج وكلفة استهلاك الأراضي. ويتم ذلك من خلال معلومات الدراسة الفنية للمشروع ومن خلال معرفة الاحتياج إلى منتجات المشروع .

1-حساب تكلفة بناء حوض الترسيب الدائري الأفقي من البيتون المسلح:

- نحتاج إلى ($22m^3$) , سعر($1m^3$=12000 L.S)

P_1=264000 L.S

2-حساب تكلفة شراء مضخات مياه غسيل المرشحات

- لأننا نحتاج إلى مضختين (واحدة عاملة + واحدة احتياط).
- بضاغط 10m وغزارة 4.16 m^3 l hour
- ثمن المضخات من نوع (PEDROLLO)

P_2=11000 L.S

3-حساب ثمن الأنابيب

- طول أنبوب الامتصاص(20m) والدفع (200m)
- قطر انبوب الامتصاص("1) وأنبوب الدفع ("1)
- مادة الأنابيب بولي اتيلين
- باعتبار سعر 1m من الأنابيب 415 LS

من ثَمَّ:

P_3= 91300 L.S

4- حساب ثمن الحفر للأنابيب

- حجم الحفر $149m^3$
- سعر حفر $1m^3$هو 400 L.S

P_4= 59600 L.S

5-حساب ثمن الردم للأنابيب

1-حجم الرمل 33 m^3

- باعتبار سعر $1m^3$هو 700 L.S
- Ps= 23100 L.S

2-حجم البحص 60 m^3

- باعتبار سعر $1m^3$هو 500 L.S
- Pg= 30000 L.S
- P_5=53100 L.S

6-حساب كلفة التشغيل :

- الاستطاعة المقدمة:

P= 0.4 kwh

- ثمن الكيلو واط ساعي :

C=4.0 L.S

$\mathbf{H=P.C\backslash(\eta1.\eta2)}$

إذْ :

η1:مردود المضخة

η2:مردود المحرك

H=3.81 L.Slh

حساب الكلفة الكلية

1-حساب كلفة التشغيل

H_y=32918.4 LS\year

باعتبار معامل التضخم 4%:

$H_1=H(1+R)^t$

H_1=1442565.36 L.S/20year

Q=720000 m^3/20 year

كلفة التشغيل لإنتاج $1m^3$من الماء

$\mathbf{N_1=H_1\backslash Q}$=2 LS\$m^3$

2-حساب كلفة الإنشاء

$\mathbf{H_2=P_1+P_2+P_3+P_4+P_5}$

479000 L.S

كلفة الإنشاء لإنتاج 1m3من الماء

$\mathbf{N_2=H_2\backslash Q}$=0.67 LS\$m^3$

3-حساب كلفة العمال

نحتاج إلى ثلاثة عمال بأجر شهري وقدره

(10000)L.S

باعتبار معامل التضخم 4%:

$\mathbf{H_3=H_0(1+R)^t}$

$H_3=7200000(1+0.04)^{20}$ =15776086.63LS/20 year

كلفة العمال لإنتاج $1m^3$من الماء

$N_3=H_3\backslash Q$=21.91 LS\m^3

حساب الكلفة لإنتاج $1m^3$ من الماء على مدة عمر المشروع

N =كلفة الإنشاء +كلفة التشغيل +كلفة العمال

$\mathbf{N=N_1+N_2+N_3}$

N=24.58 L.S\m^3

7- النتائج والتوصيات:

- يمكن استخدام مياه غسيل المرشحات للشرب أو للري؛ وذلك بعد معالجتها بأحواض ترسيب دائرية أفقية.
- يؤدي إنشاء أحواض ترسيب لمعالجة مياه غسيل المرشحات إلى توفير كميات كبيرة من المياه للشرب تكفي ل 800 نسمة، أو للري .
- أظهرت التجارب أن كمية سلفات الألمنيوم المضافة إلى المعالجة كمية كبيرة, لذلك لابدَّ من إجراء تجارب (jartest) لتحديد كمية سلفات الألمنيوم الأمثلية، ويجب إجراء هذه التجربة مرة على الأقل كل شهر, وذلك نظراً إلى تغيّر نوعية المياه خلال الأشهر, وهذا يقلّل من استهلاك سلفات الألمنيوم ويحسّن من نوعية المياه.
- تمتاز المنطقة بشح المياه، وأي فاقد ولو كان صغيراً سَيُعَوَّضُ بضخ المياه من آبار بعمق 800 م وستكون الكلفة كبيرة .
- أظهرت الدراسة أن مشروع إنشاء حوض ترسيب دائري أفقي لمعالجة مياه غسيل المرشحات اقتصادي، ويمكن تنفيذه والإفادة من المياه المعالجة.

المراجع:

1. www.cbssyr.org/yearbook.htm
2. http: //teaching. Alexeng .edu. eg/ SanitarySite/ Courses /HSeif /WaterWorks/Lec1.ppt
3. http://cfpdz.com/vb/index.php
4. **http://www.arab-eng. org/vb /showthread .php? t=47571# ixzz1g FZ2IA Xw**
5. NPicholas P. Cheremisinoff, Ph.d. n&p limited. 2004 handbook of water and wastewater treatment technologies boston oxford auckland johannesburg melbourne new delhi

6- الشامي ,شبلي. وهبة,هند. منشورات جامعة دمشق الهندسة البيئية. 1992

7- هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية 2007، مواصفات مياه الشرب \45\، المرجعة الثانية، وزارة الصناعة.

8- د. زينو، أمجد. د. معلا، وائل. د. مرعي، يوسف. د. نخلة، وسام.2010، الهيدروليك التطبيقي، منشورات جامعة دمشق.

9- د. المفتي. محمد بشار. (أحواض الترسيب)، محاضرات الماجستير، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق.

10- د. المفتي. محمد بشار. (مؤشرات نوعية المياه)، محاضرات الماجستير، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق.

11- ترجمة د .درة .حداد,غسان .د.زهر.جورج الوجيز في الصرف الصحي في المدن ,.2001, المركز العربي للتعريب والترجمة والنشر بدمشق.

تأليفKarl und Klaus R. Imhoff

12- دراسات مديرية مياه الشرب في وزارة الإسكان والتعمير 2011

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2012/7/8.