مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (6) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (6) 2017

# Assessment the efficiency of wetland system to treat sewage for irrigation purposes in the conditions of the Syrian Coast

**Dr .Haytham SHahin***
**ALI Hossean****

**(Received 15 / 10 / 2017. Accepted 18 / 12 / 2017)**

## □ ABSTRACT □

Most communities and villages in the Syrian coast are throwing their waste water in the valleys, streams and rivers, posing a major threat to water sources, especially the surface water source thus, we find that it is important to look for ways and mechanisms to address and manage these expenditures correspond. Where are the vegetation treatment plants(wetland), suitable for small-size and medium villages almost note that the German code permitted under the domain (1000-5000) people.

we can use plants stations in Syria to address domestic sewage systems as near-normal low costs and easy maintenance as well as the efficiency of performance.

Wetland systems are classified according, either due to fluid type: free water system (FWS), and sub-surface horizontal flow direction (SHF), and sub-surface vertical flow direction (SVF), either due to plant type: Floating plants, submerged plants, and rooted emergent plants.

A wetland plant was designed using a reed plants with a vertical flow to treat Domestic waste water in Accar Region.Measurment and analyses were done through 12 months to evaluate the effluent water quality. Results were suitable for irrigation purposes according Syrian standards.

**Key words :** Natural system to treat sewage , Wetland, Aquatic plants, reed bed.

*Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Director of Research, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Postgraduate Student, , Department of Environmental Systems Engineering, Higher institute for Environmental Research , Tishreen University, Lattakia, Syria.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (6) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (6) 2017

# تقييم كفاءة نظام الأراضي الرطبة لمعالجة مياه الصرف الصحي لأغراض الري في ظروف الساحل السوري

**الدكتور هيثم شاهين***
**علي حسيان****

**(تاريخ الإيداع 15 / 10 / 2017. قُبِل للنشر في 18/ 12 / 2017)**

## □ ملخّص □

تقوم معظم التجمعات السكانية والقرى في الساحل السوري بإلقاء منصرفاتها في الوديان والمسيلات المائية ومجاري الأنهار، مما يشكل خطورة كبيرة على المصادر المائية وخصوصا" السطحية منها.

من هنا، نجد أنه من الأهمية بمكان البحث عن طرق وآليات لمعالجة وإدارة تلك المنصرفات، حيث تعتبر محطات المعالجة بالنباتات (الأراضي الرطبة) مناسبة للقرى صغيرة الحجم إلى المتوسطة تقريباً علماً أنَّ الكود الألماني سمح بها ضمن المجال (1000 – 5000) نسمة.

ويمكن استخدام محطات النباتات في سورية لمعالجة مياه المجاري المنزلية باعتبارها منظومات شبه طبيعية قليلة التكاليف وسهلة الصيانة بالإضافة إلى كفاءة الأداء.

يتم تصنيف محطات الأراضي الرطبة تبعاً لأنظمة تدفق المياه عبرها أو تبعا" للنباتات المستخدمة في المعالجة حيث تقسم حسب نظام تدفق المياه إلى أراضي رطبة ذات الجريان السطحي الحر ( FWS) وأراضي ذات الجريان التحت السطحي الأفقي(SHF) وأراضي ذات الجريان التحت السطحي الشاقولي(SVF) وأراضي ذات الجريانات المتنوعة (أفقي+ شاقولي..الخ) (Hybrid system) وتقسم حسب النباتات إلى محطات ذات نباتات طافية Floating (plants) وذات نباتات مغمورة ( Submerged plants ) ومحطات نباتات ذات جذور مغمورة وسوق طافية (Rooted emergent plants).

تمَّ تصميم منظومة طبيعية، باستخدام نبات القصب، ذات تدفق شاقولي لمعالجة مياه الصرف الصحي المنزلية بمنطقة سهل عكار في ريف طرطوس، ولقد أجريت الاختبارات لمدة عام كامل لتقييم جودة المياه الناتجة، لإعادة استخدامها لأغراض الري، حيث أعطت نتائج جيدة ملبية للمعايير المحلية السورية.

**الكلمات المفتاحية:** المنظومات الطبيعية لمعالجة مياه الصرف، الأراضي الرطبة ،النباتات المائية، القصب.

* أستاذ – كلية الهندسة المدنية – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
**طالب دراسات عليا (ماجستير) – المعهد العالي للبحوث البيئية – قسم هندسة النظم البيئية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

## مقدمة :

الأراضي الرطبة الاصطناعية، موضوع البحث، هي تقنيات مصممة لاستخدام عمليات بيئية موجودة في الأنظمة البيئية للأراضي الرطبة، وهذه الأنظمة تستخدم النباتات والتربة والأحياء الدقيقة الموجودة للتخلص من ملوثات مياه الصرف الصحي، حيث لا تعتمد على الطاقة المحركة أو المواد الكيماوية، بل مجرد مساحة أرضية واسعة وعمليات تشغيل محدودة. وهي عبارة عن برك أو أقنية أو أحواض أو مستنقعات اصطناعية قليلة العمق تتم زراعتها بنباتات مائية، وتعتمد في معالجة مياه الصرف الصحي على التأثيرات المشتركة للعمليات الطبيعية الجرثومية والبيولوجية والفيزيائية والكيميائية (شاهين ،عوض،المزيني2005 ). تكون هذه الأنظمة مبطنة بطبقة غضارية أو اصطناعية كتيمة مع تجهيزات هندسية للتحكم باتجاه تدفق المياه ومناسيب تلك المياه والزمن اللازم للعمليات المختلفة.هذه الأحواض قد تحتوي على مواد نفوذة كالصخور أو الحصى أو الرمل. ويتم استخدام هذه التقنية في معالجة أنواع مختلفة من مياه الصرف منها الأمطار داخل المدن ومياه الصرف الصحي والنفايات السائلة الصناعية والزراعية(Jan Vymazal & Lenka Kropfelova. Spain, 2008 ).

إن وجود النباتات ضمن أحواض الأراضي الرطبة تشكل عبر جذورها وسوقها وأوراقها مكاناً ملائماً لنمو الكائنات الدقيقة التي تقوم بتفكيك المواد العضوية الموجودة ضمن مياه المجاري ( Fabio Masi & Nicola Martinuzzi. Italy 2006). إن دور العمليات الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية الطبيعية يقود إلى التخلص من % 90تقريباً من الملوثات. بينما تقوم النباتات نفسها بإزالة بين 7-10% من الملوثات فقط كما أن النباتات تقوم بدور المصدر الكربوني للميكروبات عندما تتحلل هذه النباتات بعد موتها. كما تقوم هذه النباتات المائية بامتصاص المعادن الثقيلة وإن كان ذلك بمعدلات مختلفة حسب نوع النبات (شاهين،2002 ).

## أهمية البحث وأهدافه:

### أهمية البحث :

تنبع أهمية هذا البحث من أن معظم التجمعات السكانية والقرى في الساحل السوري تقوم بإلقاء منصرفاتها في الوديان والمسيلات المائية ومجاري الأنهار، مما يشكل خطورة كبيرة على المصادر المائية وخصوصاً السطحية منها.

من هنا، نجد أنه من الأهمية بمكان البحث عن طرق وآليات لمعالجة وإدارة تلك المنصرفات. حيث تعتبر محطات المعالجة بالنباتات، الأراضي الرطبة، مناسبة للتجمعات السكنية المنعزلة ( بدءاً من منزل منفرد واحد إلى عدة منازل ) وللقرى صغيرة الحجم إلى المتوسطة تقريباً علماً أن الكود الألماني سمح بها ضمن مجال (1000-5000) نسمة (Krueger, J. 2001 ) .

و يمكن استخدام محطات المعالجة بالنباتات في سورية لمعالجة مياه المجاري المنزلية باعتبارها منظومات شبه طبيعية قليلة التكاليف وسهلة الصيانة بالإضافة إلى كفاءة الأداء.

### هدف البحث:

تصميم منظومة طبيعية، باستخدام نبات القصب، ذات تدفق شاقولي لمعالجة مياه الصرف الصحي المنزلية بمنطقة سهل عكار في ريف طرطوس وتقييم جودة المياه الناتجة، لإعادة استخدامها لأغراض الري وفق للمعايير المحلية السورية.

## طرائق البحث ومواده

يقوم البحث على اختبار أداء محطة معالجة لمياه الصرف المنزلية، والتي تمّ تشييدها، لتجمع سكاني مؤلف من 7 أشخاص في منطقة سهل عكار في محافظة طرطوس التي تقع غرب الجمهورية العربية السورية، وتبعد منطقة الدراسة حوالي 7 كم عن شاطئ البحر الأبيض المتوسط وتقع على ارتفاع ( 137 ) م عن سطح البحر (الشكل1).

**الشكل (1). موقع محطة المعالجة التجريبية**

وقد تمَّ التصميم واعتماد أبعاد الحوض اعتماداً على المراجع ذات الصلة:

( Krueger, J. ,2001 – Krueger, J. et al 2001 –Fabio Masi,2006، Vymazal & Lenka Kropfelova،2008 – شاهين،2007) كما في المعادلة رقم (1) :

$$A = \frac{Q*(\ln\frac{Ce}{Ci})}{Kt*d*n} \qquad \text{..... (1)}$$

A :المساحة السطحية لحوض النباتات ($m^2$ ).

Q: التدفق اليومي الوسطي (m3/d) ، d:العمق الوسطي للماء(m) .

n:معامل المسامية وتؤخذ 0.4 بالنسبة لأحواض الجريان الشاقولي .

Ci: BOD5 الداخل لحوض النباتات (mg/l), Ce : تركيز BOD5 في التدفق الخارج (mg/l).

Kt : ثابت درجة الحرارة ($\frac{1}{day}$)

$$kt = k20 * 1.06^{t-20} \qquad \text{..... (2)}$$

$$A= \frac{0.5*2.99}{0.35*0.8*0.85*(} =15.7\ m^2$$

حيث تم اعتماد مساحة الحوض 16 م2 (4*4*1)

**1 – إنشاء نموذج صغير محاكي لمحطة المعالجة:**

عبارة عن حوض زجاجي أبعاده cm(35*30*30) وتسلسل الطبقات فيه من الأعلى إلى الأسفل كما يلي:

7cm بحص نهري

20 cm رمل نهري

7 cm بحص نهري

ووضعت أنابيب درياناج مثقبة في قاع الحوض وأنبوب مثقب لضخ المياه في طبقة البحص العلوية من أجل ضخ المياه داخل الحوض. وقد قمنا بتصميم هذا الحوض من أجل اختبار نوعية الحصى ونفاذية طبقة الرمل والتدرج الحبي المناسب للمرشح وكذلك اختبار آلية صرف الماء وعمل الثقوب.

**2 – إنشاء محطة المعالجة:**

قمنا بإنشاء المحطة، ذات التدفق الشاقولي، وفق الأسس المعتمدة لهذه المنظومات (2002، شاهين– 2001، Krueger)، وهي عبارة عن حوض أبعاده m( 4* 4* 1) وقمنا بتبطين أرضية الحفرة بطبقة عازلة من البولي إتلين لمنع تسرب المياه من وإلى المياه الجوفية، ثم قمنا بإنشاء شبكة درياناج وهي عبارة عن أنابيب بلاستيكية بقطر 2 إنش مثقبة بقطر ثقوب (3 – 5) مم حيث تمَّ وضع أنبوب كل 50 سم ووصل الأنابيب إلى مخرج واحد الشكل(2) .

**الشكل (2) عزل الحفرة وإنشاء شبكة الدر يناج**

ثمَّ قمنا بوضع طبقة من الحصى النهري كطبقة تصريف، حول الأنابيب المثقبة بسماكة 30 سم حسب التدرج التالي من الأعلى للأسفل الشكل( 3) :

حصى زرادة سماكة 10 سم وحجم (5 – 10) مم

حصى خشن سماكة 20 سم وحجم (10 – 30 ) مم .

**الشكل (3) وضع طبقة من الحصى النهري حول أنابيب الدريناج**

ثمَّ قمنا بوضع طبقة من الرمل النهري (نهر مرقية) بسماكة 60 سم وهو رمل محلي ومتوفر الشكل (4) وبتدرج حبي كما هو مبين الجدول (1) :

**الجدول (1) التدرج الحبي للرمل المستخدم في المحطة (الباحث).**

| | | |
|---|---|---|
| 1 mm | أكبر من | 3.98 % |
| 1mm | أكبر من | 13.1 % |
| 0.5mm | أكبر من | 35.48 % |
| 0.25mm | أكبر من | 42.88 % |
| 0.1mm | أقل من | 4.46 % |

**الشكل (4) توضع طبقات الرمل**

ثمَّ طبقة الحماية من الحصى النهرية بسماكة 10 سم، الشكل (5).

**الشكل(5).طبقة الحماية من البحص النهري**

وأخيراً، قمنا بوضع شبكة مياه التنقيط بشكل يغطي كامل سطح الحوض والتي تقوم بتوزيع مياه الصرف القادمة من خزان الترسيب الشكل (6).

**الشكل (6) توضع شبكة مياه التنقيط**

## النتائج والمناقشة:

تمَّ تقسيم فترة إجراء التجارب إلى ثلاث فترات:

1-تشغيل محطة المعالجة واختبارها على زمن مكوث 3 أيام: استمرت هذه الفترة 3 أشهر، وتمَّ إجراء الاختبارات كل 15 يوماً، وبتكرار 3 مرات للتجربة الواحدة، ودونت النتائج وفق التواريخ في الجدول (2).

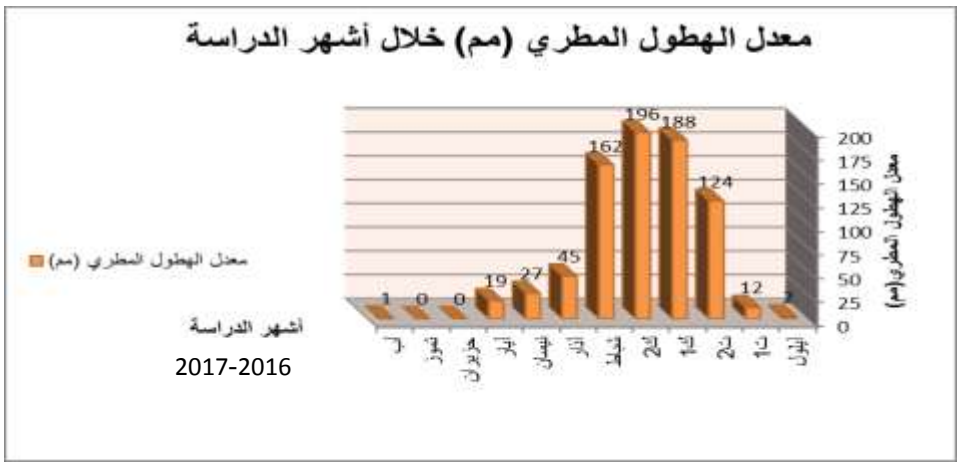
2-اختبار المحطة بزمن مكوث 5 أيام: استمرت هذه الفترة 3 أشهر، وتم إجراء الاختبارات كل 15 يوماً، وبتكرار 3 مرات للتجربة الواحدة، ودونت النتائج وفق التواريخ في الجدول (3).

3-اختبار المحطة بزمن مكوث 5 أيام بعد زراعة نبات القصب: استمرت هذه الفترة 6 أشهر، وتمَّ إجراء الاختبارات كل 30 يوماً، وبتكرار 3 مرات للتجربة الواحدة، ودونت النتائج وفق التواريخ في الجدول (4).

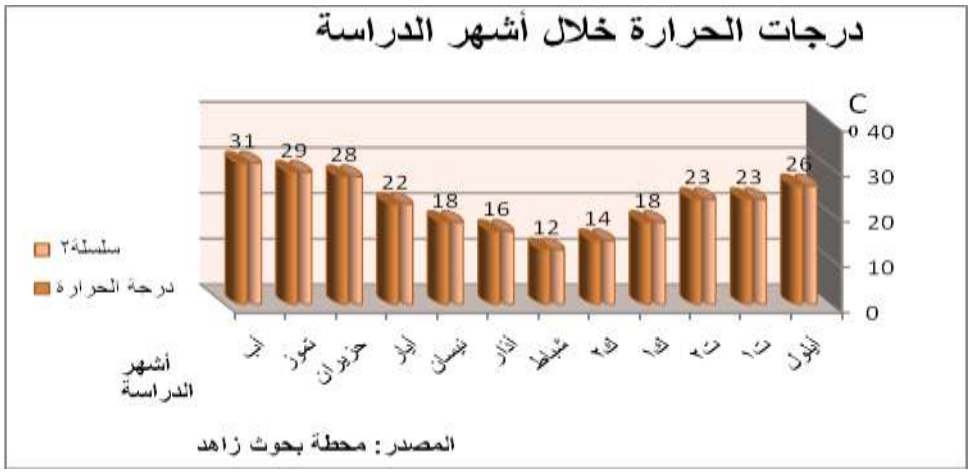
وقد شملت الاختبارات، في كل الفترات، البارامترات التالية:

| pH |
|---|
| DO (mg/l) |
| COD(mg/l) |
| BOD(mg/l) |
| TDS(mg/l) |
| EC(µs/cm) |
| NH4(mg/l) |
| NO3(mg/l) |
| PO4(mg/l) |

قبل البدء بفترات الاختبار الثلاث، نورد، و بناء" على بيانات محطة بحوث زاهد كانت كمية الهطول المطري ودرجات الحرارة في منطقة الدراسة موضحة في المخططات البيانية التالية :

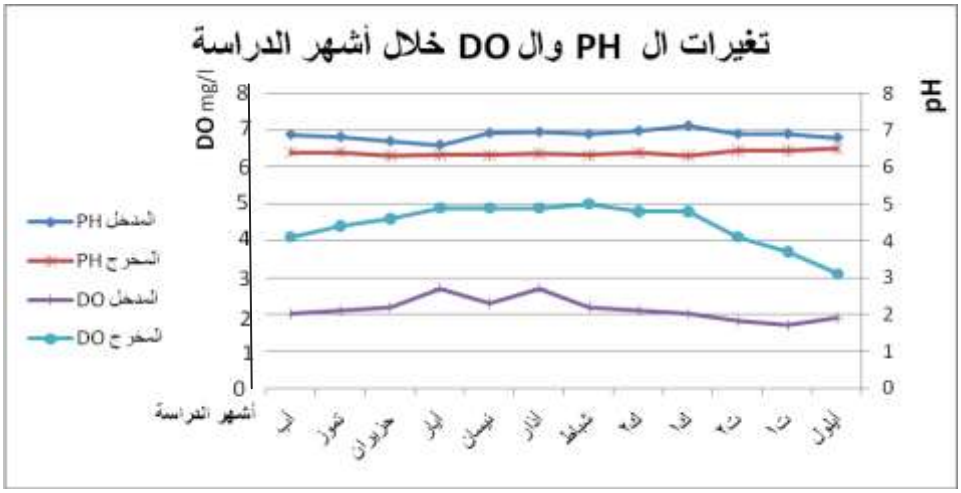



**الشكل (7) معدل الهطول المطري في منطقة الدراسة**




**الشكل (8) تغيرات درجات الحرارة خلال فترة الدراسة**

أما تغيرات الـ pH والـ DO للمدخل والمخرج خلال فترة الدراسة فهي موضحة في الشكل(9) .




**الشكل (9). تغيرات ال PH و DO خلال أشهر الدراسة**

**1- تشغيل محطة المعالجة واختبارها على زمن مكوث 3 أيام:**

قمنا بتشغيل المحطة، وملء الحوض بمياه الصرف المنزلي حتى ارتفاع 70 سم، وأجرينا أول تحليل للمياه الداخلة والخارجة بعد 6 أيام من ضخ المياه إلى المحطة وبزمن مكوث 3 أيام وذلك في مخبر مديرية البيئة بطرطوس وكانت النتائج كما يلي :

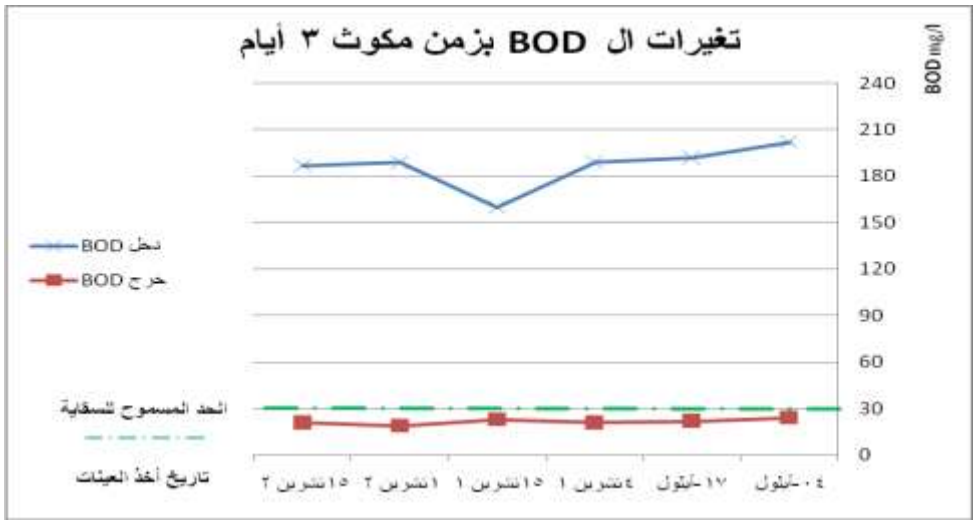
**الجدول (2) نتائج تحليل العينات بزمن مكوث 3 أيام لمياه الصرف**

| المؤشر | 2015/9/4 | | 2015/9/17 | | 2015/10/4 | | 2015/10/15 | | 2015/11/1 | | 2015/11/15 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج |
| درجة C الحرارة | 23.8 | 24.1 | 23.3 | 24.1 | 23.3 | 24 | 23.2 | 24 | 23.2 | 23.8 | 22.7 | 24.1 |
| pH | 6.8 | 6.66 | 6.8 | 6.5 | 6.9 | 6.55 | 6.95 | 6.41 | 6.95 | 6.45 | 6.9 | 6.47 |
| DO(mg/l) | 1.9 | 3.1 | 1.9 | 3.1 | 1.85 | 3.3 | 1.6 | 3.8 | 1.7 | 4.2 | 1.8 | 4.1 |
| COD(mg/l) | 301 | 34 | 292 | 32 | 296 | 32 | 277 | 36 | 268 | 27 | 272 | 27 |
| BOD(mg/l) | 202 | 24 | 192 | 22 | 189 | 21 | 160 | 23 | 187 | 21 | 189 | 19 |
| TDS(mg/l) | 1825 | 1025 | 1785 | 991 | 1777 | 925 | 1770 | 940 | 1815 | 960 | 1765 | 915 |
| EC(µs/cm) | 2120 | 1480 | 2140 | 1550 | 2180 | 1600 | 2288 | 1720 | 2245 | 1780 | 2090 | 1720 |
| NH4(mg/l) | 61.13 | 23 | 60.6 | 23 | 58.7 | 19 | 57.7 | 19 | 56 | 18 | 56 | 18 |
| NO3(mg/l) | 46 | 38 | 46 | 37 | 44 | 33 | 44 | 32 | 41 | 34 | 42 | 34 |
| PO4(mg/l) | 31 | 7.1 | 32 | 6.9 | 31 | 6.4 | 31 | 6.1 | 28 | 6.1 | 27 | 6.3 |

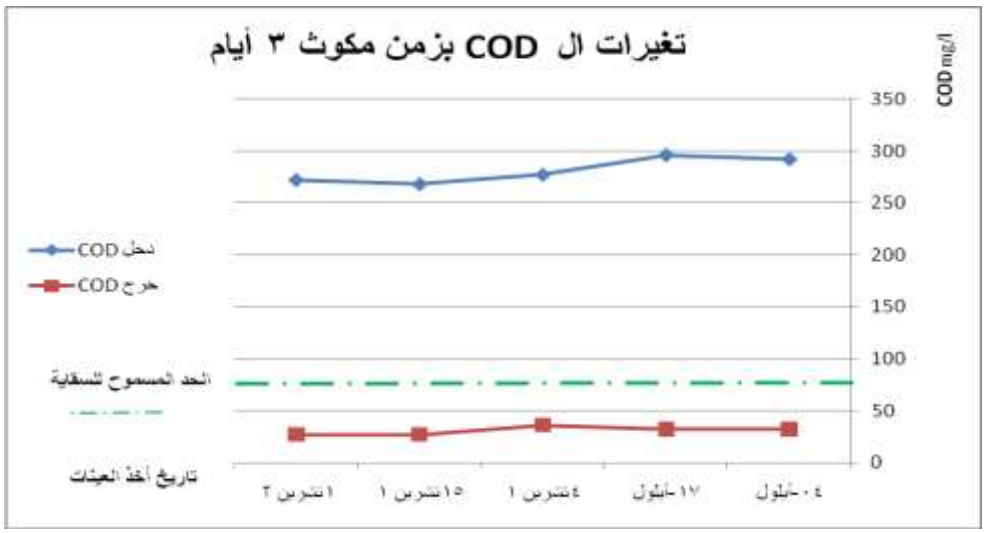
تبين الأشكال من( 10-15) تغيرات ال (BOD(mg/l - COD(mg/l) - TDS(mg/l) -EC(µs/cm) -NH4(mg/l) -NO3(mg/l) -PO4(mg/l)، خلال مرحلة الاختبار الأولى.

وقد حققت المحطة نسب التخفيض للبارمترات المقاسة قيماً مقبولة، وفق المواصفة القياسية السورية،2008/2752، حيث كانت كالآتي:

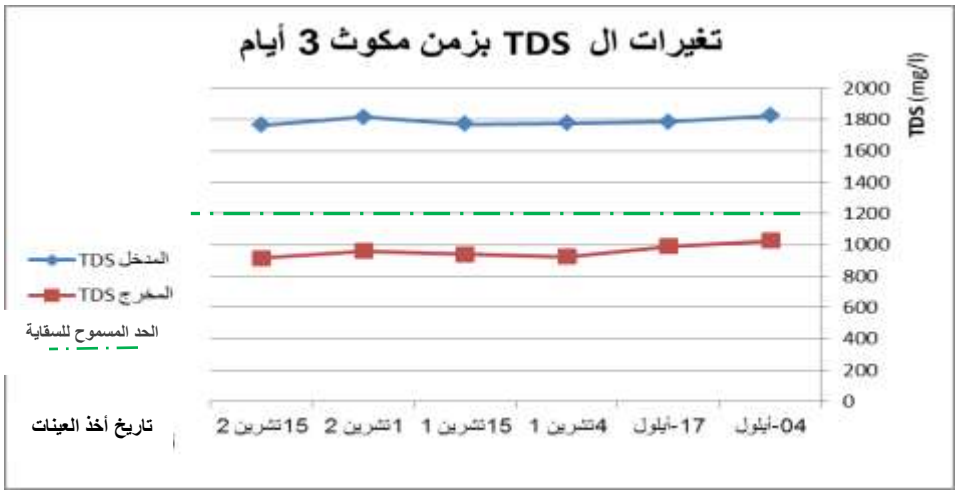
| المؤشر | BOD5 | COD | TDS | EC | NH4 | NO3 | PO4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نسبة التخفيض % | 88 | 89 | 46 | 20 | 67 | 17 | 78 |



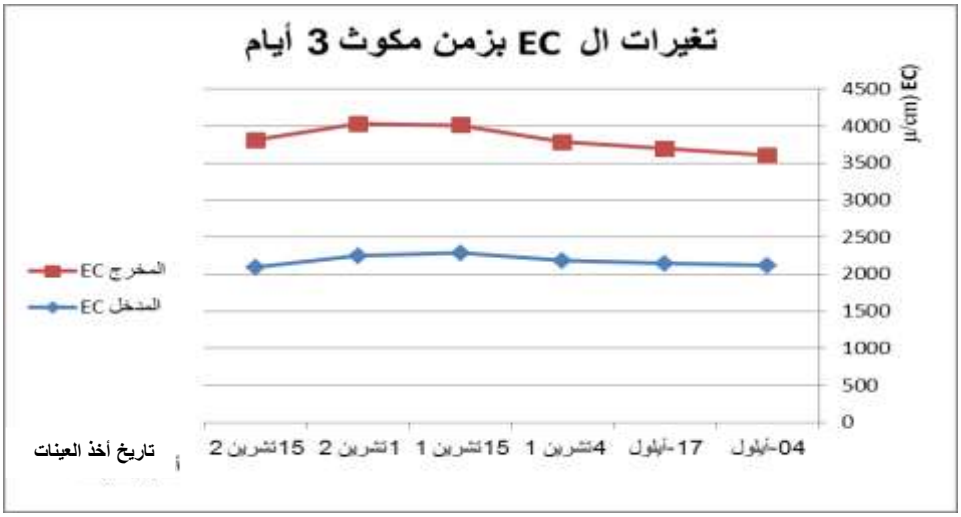

**الشكل(10).تغيرات ال BOD**



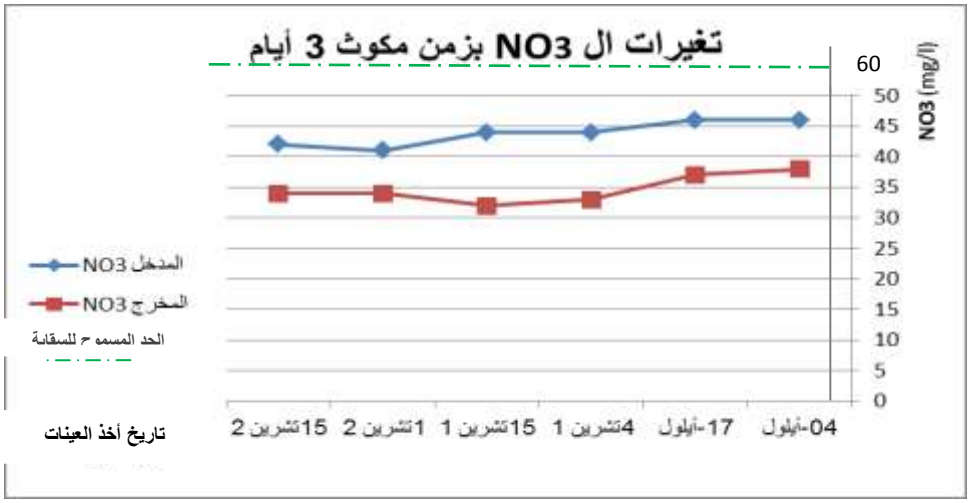

**الشكل(11).تغيرات ال COD**



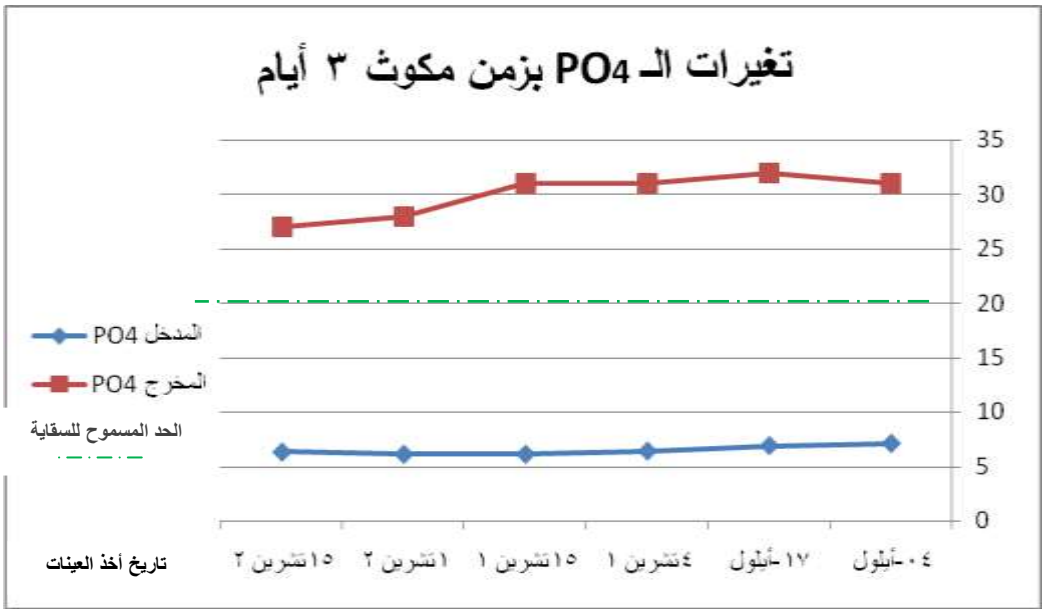

**الشكل(12).تغيرات ال TDS**




**الشكل(13).تغيرات ال EC**




**الشكل(14).تغيرات ال $NO_3$**




**الشكل(15).تغيرات ال PO4**

**2 – اختبار المحطة بزمن مكوث 5 أيام قبل زراعة نبات القصب .**

**الجدول (3) نتائج تحليل العينات بزمن مكوث 5 أيام**

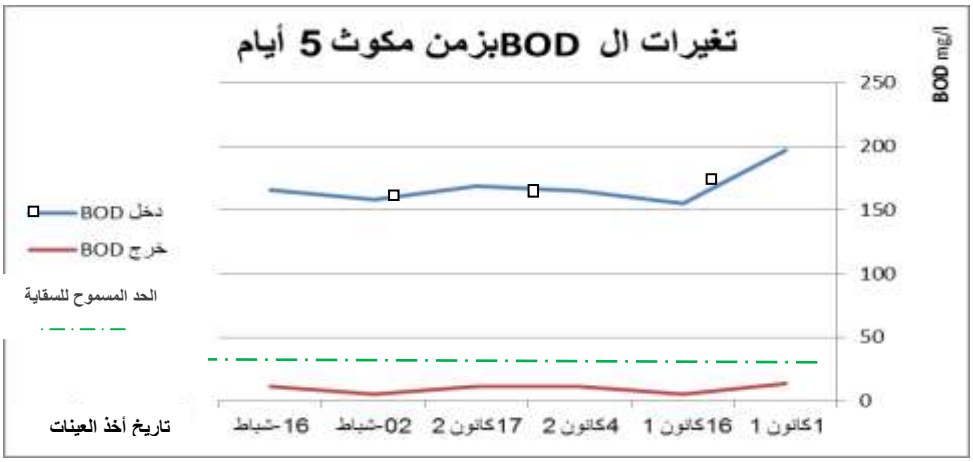
| المؤشر | 2015/12/1 | | 2015/12/16 | | 2016/1/4 | | 2016/1/17 | | 2016/2/2 | | 2016/2/16 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج |
| درجة C الحرارة | 19 | 18.5 | 14.2 | 14.8 | 17 | 18.4 | 17 | 19.1 | 14.8 | 16 | 13.8 | 15.5 |
| pH | 7.12 | 6.32 | 6.58 | 6.3 | 6.98 | 6.38 | 6.8 | 6.3 | 6.89 | 6.1 | 6.95 | 6.36 |
| DO(mg/l) | 1.9 | 3.1 | 2.1 | 4.9 | 2.1 | 4.8 | 2.1 | 4.8 | 2.2 | 5.1 | 2.1 | 4.9 |
| COD(mg/l) | 288 | 22 | 292 | 18 | 278 | 20 | 282 | 20 | 277 | 10 | 292 | 22 |
| BOD(mg/l) | 197 | 14 | 155 | 5 | 165 | 11 | 165 | 11 | 158 | 5 | 166 | 11 |
| TDS(mg/l) | 1658 | 794 | 1443 | 881 | 1488 | 877 | 1488 | 877 | 1533 | 775 | 1503 | 812 |
| EC(µs/cm) | 1988 | 1321 | 2140 | 1305 | 2050 | 1288 | 2050 | 1288 | 2145 | 1340 | 1996 | 1292 |
| NH4(mg/l) | 46.98 | 9 | 44.4 | 8 | 41.8 | 7 | 41.8 | 7 | 44.6 | 8.8 | 48.0 | 11 |
| NO3(mg/l) | 38 | 33 | 41 | 29 | 38 | 28 | 38 | 28 | 38 | 27 | 39 | 28 |
| PO4(mg/l) | 26 | 6.6 | 22 | 3.15 | 23 | 4.4 | 23 | 4.4 | 24 | 3.2 | 23 | 5.4 |

بتاريخ 5 /11 /2015 تمَّت زيادة زمن المكوث إلى 5 أيام وكانت النتائج كما يلي مع العلم أن العينة الخامسة، أخذت بعد هطول مطري لمدة 4 أيام .

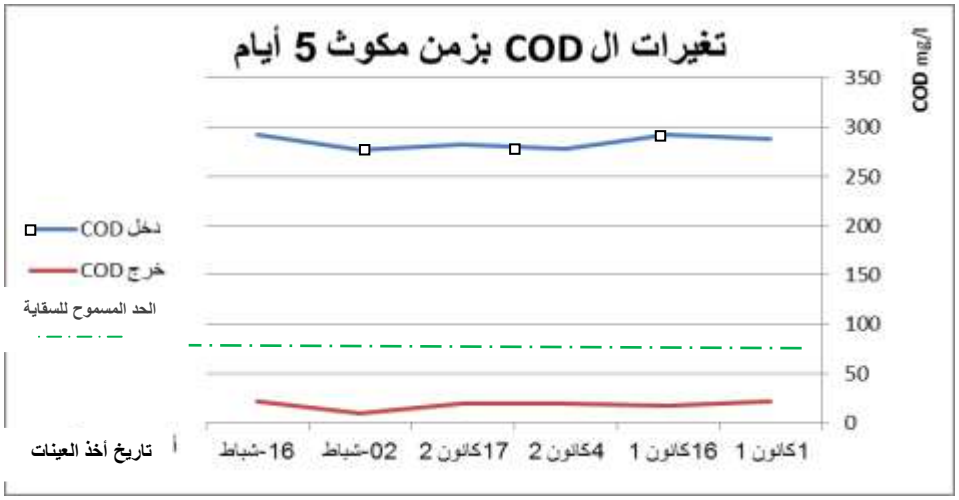
تبين الأشكال من( 16-21) تغيرات الـ BOD(mg/l) – COD(mg/l) – TDS(mg/l) –EC(µs/cm) –NH4(mg/l) –NO3(mg/l) –PO4(mg/l)، خلال مرحلة الاختبار الثانية.

وقد حققت المحطة نسب التخفيض للبارمترات المقاسة قيماً مقبولة، وهي أعلى من نسب التخفيض السابقة، بزمن مكوث 3 أيام، وفق المواصفة القياسية السورية،2008/2752، وفق التالي :

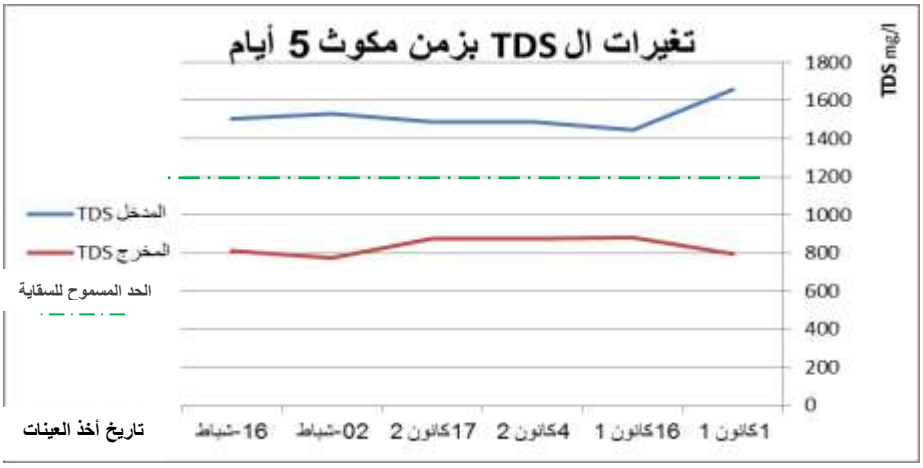
| المؤشر | BOD5 | COD | TDS | EC | NH4 | NO3 | PO4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نسبة التخفيض % | 93 | 92 | 45 | 37 | 82 | 28 | 78 |



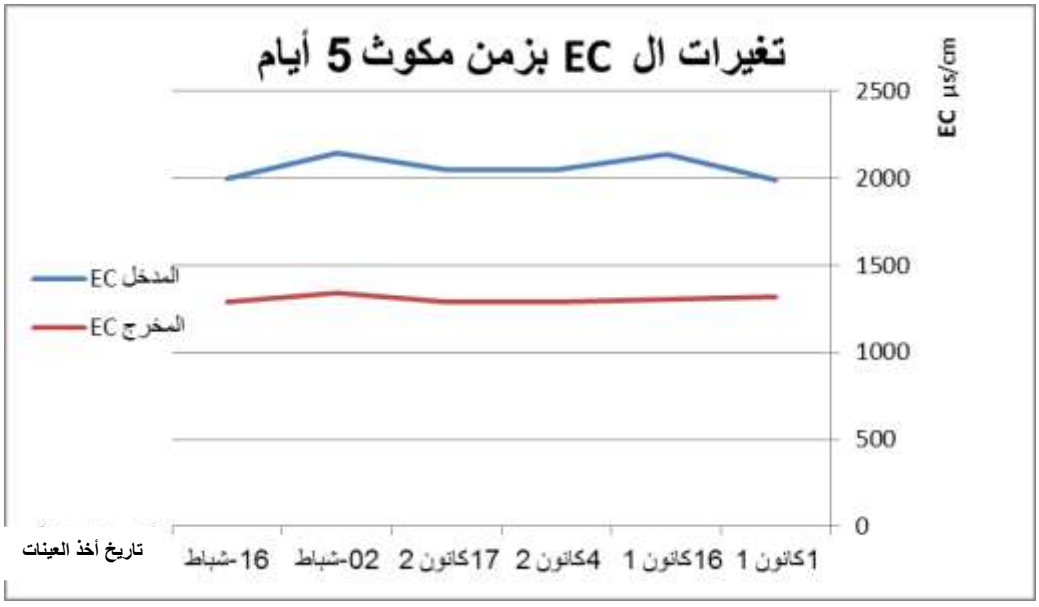

**الشكل(16).تغيرات ال BOD**



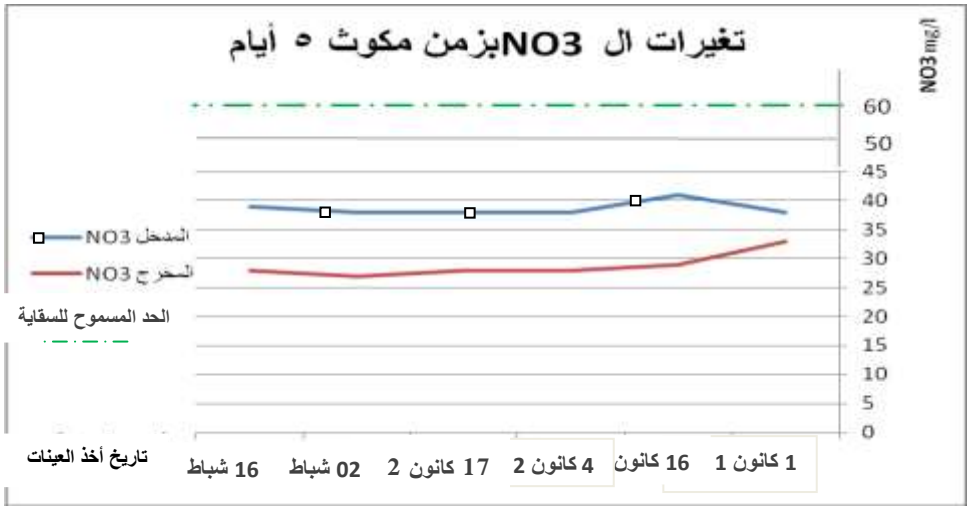

**الشكل(17).تغيرات ال COD**



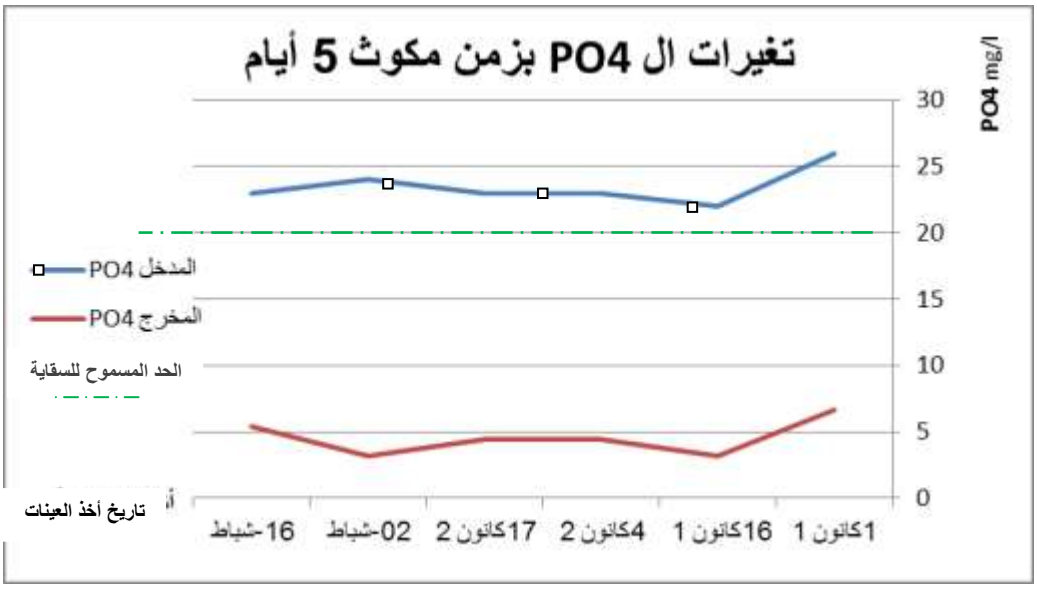

الشكل(18).تغيرات الـ TDS




الشكل(19).تغيرات ال EC




الشكل(20).تغيرات الـ NO3




**الشكل(21).تغيرات ال PO4**

**3 – اختبار المحطة بزمن مكوث 5 أيام بعد زراعة نبات القصب**

قمنا بزراعة نبات القصب بتاريخ 2016/2/20 بمعدل 4 شتائل قصب بالمتر المربع الواحد وفق الشكل 22) مع البقاء على زمن مكوث 5 أيام ثم قمنا بإجراء تحليل لعينات الدخل والخرج وبزمن مكوث 5 أيام :

**الشكل (22) توزيع شتائل القصب ضمن الحوض**

قمنا برفع منسوب المياه في الحوض حتى ارتفاع 90 سم، وأبقينا زمن المكوث 5 أيام وأجرينا تحليل للمياه الداخلة والخارجة وذلك في مخبر مديرية البيئة بطرطوس وكانت النتائج كما يلي :

**الجدول (4) نتائج التحليل بزمن مكوث 5 أيام بعد زراعة نبات القصب**

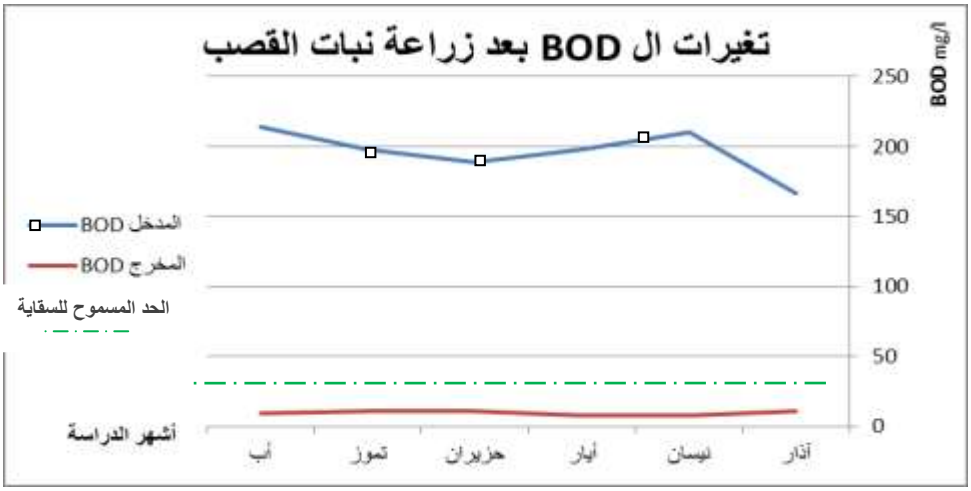
| المؤشر | 2016/3/7 | | 2016/4/4 | | 2016/5/5 | | 2016/6/5 | | 2016/7/3 | | 2016/8/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج | المدخل | المخرج |
| درجة الحرارة C | 17 | 18.5 | 17.3 | 18.8 | 17.8 | 19 | 19.5 | 22 | 19.3 | 23.5 | 20.8 | 27 |
| PH | 6.92 | 6.32 | 6.6 | 6.4 | 6.98 | 6.6 | 6.7 | 6.3 | 6.82 | 6.4 | 6.88 | 6.4 |
| DO(mg/l) | 2.7 | 4.9 | 2.3 | 4.9 | 2.7 | 4.9 | 2.2 | 4.6 | 2.1 | 4.4 | 2 | 4.1 |
| COD(mg/l) | 278 | 21 | 294 | 22 | 288 | 21 | 284 | 23 | 277 | 22 | 292 | 22 |
| BOD(mg/l) | 167 | 11 | 210 | 8 | 198 | 8 | 189 | 11 | 198 | 11 | 214 | 9 |
| TDS(mg/l) | 1488 | 875 | 1520 | 881 | 1578 | 831 | 1611 | 820 | 1611 | 868 | 1598 | 854 |
| EC(µs/cm) | 2056 | 1300 | 1989 | 1255 | 2155 | 1311 | 2325 | 1183 | 2325 | 1212 | 2226 | 1331 |
| NH4(mg/l) | 44.8 | 9 | 36.5 | 7.1 | 41.4 | 9.1 | 36.5 | 8.8 | – | – | 38.8 | 8.8 |
| NO3(mg/l) | 42.5 | 21 | 38.8 | 16.0 | 38.5 | 17.6 | 41.1 | 12.5 | 41.1 | 14.4 | 41.4 | 17.7 |
| PO4(mg/l) | 28 | 4.2 | 27 | 2.7 | 32 | 5.1 | 31 | 4.4 | 31 | 4.6 | 32 | 4.8 |

تبين الأشكال من( 24–29) تغيرات ال (BOD(mg/l – COD(mg/l) – TDS(mg/l)– EC(µs/cm)– NH4(mg/l)– NO3(mg/l)– PO4(mg/l)– التحليل الجرثومي، خلال مرحلة الاختبار الثالثة.

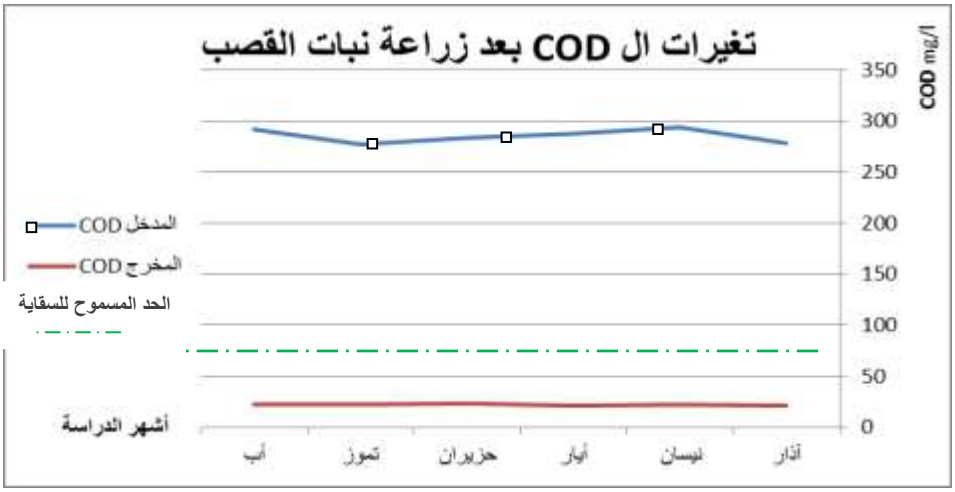
وقد حققت المحطة نسب تخفيض أكبر للبارمترات المقاسة سابقاً، خلال زمن مكوث 3 أيام، وخلال زمن 5 أيام دون زراعة النبات، وفق المواصفة القياسية السورية،2008/2752، حيث أعطت النتائج التالية :

| المؤشر | BOD5 | COD | TDS | EC | NH4 | NO3 | PO4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نسبة التخفيض % | 95 | 92 | 46 | 40 | 79 | 64 | 85 |

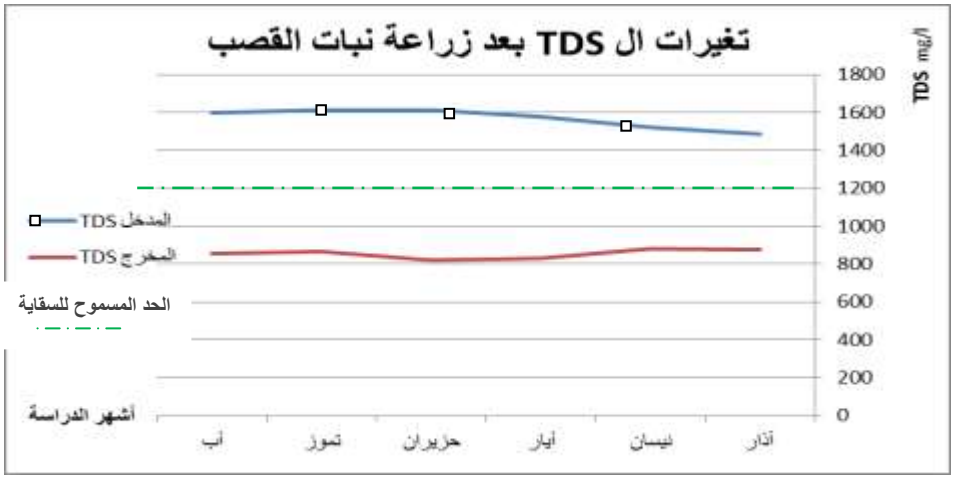
**الشكل (23) نبات القصب ضمن الحوض بعمر 3 أشهر**



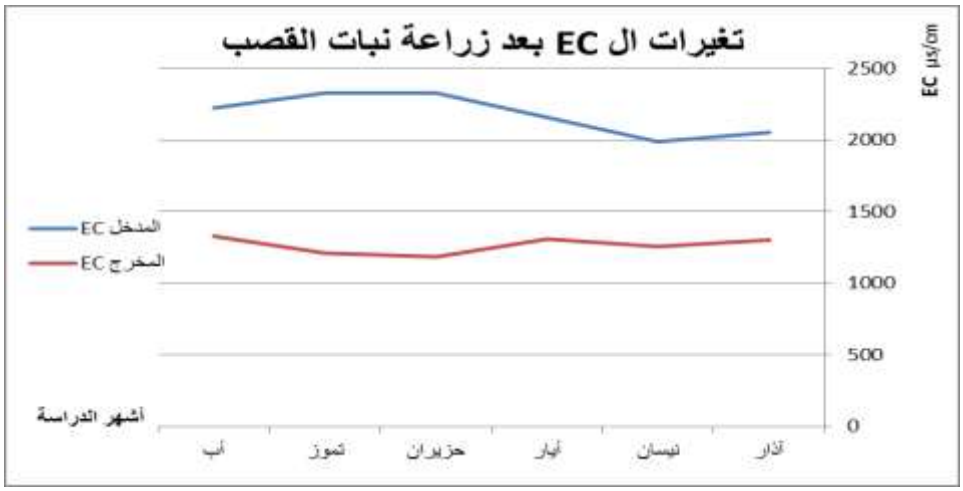

**الشكل(24).تغيرات ال BOD**



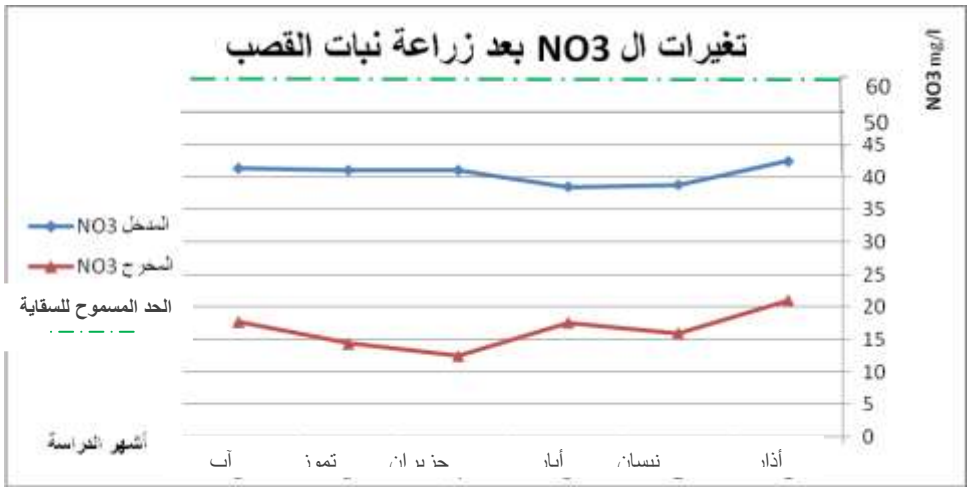

**الشكل(25).تغيرات ال COD**



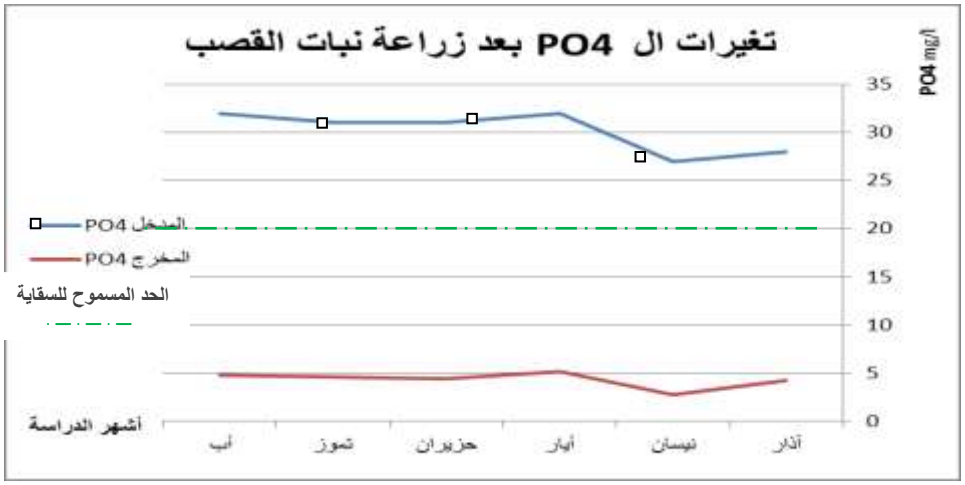

**الشكل(26).تغيرات الـ TDS**




الشكل(27).تغيرات الـ EC




الشكل(28).تغيرات ال NO3

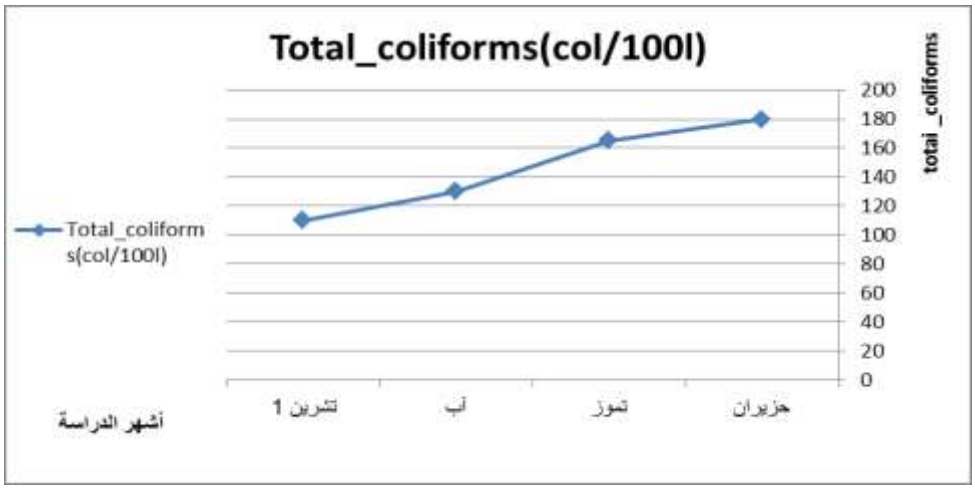



الشكل(29).تغيرات ال PO4

تم إجراء التحليل الجرثومي (Total_coliforms(col/100l لمياه الخرج وذلك في مخبر مديرية البيئة في طرطوس وكانت النتائج كمايلي(الجدول 5) والشكل( 30 ):

**الجدول (5) نتائج التحليل الجرثومي بزمن مكوث 5 أيام بعد زراعة نبات القصب**

| التاريخ / المؤشر | 2016/6/5 | 2016/7/3 | 2016/8/1 | 2016/10/1 |
|---|---|---|---|---|
| Total_coliforms(col/100l) | 180 | 165 | 130 | 110 |




**الشكل (30) التحليل الجرثومي**

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجـات:

-يمكن استخدام المياه الناتجة لري المساحات الخضراء والمناطق الحراجية، وعند استعمالها لري المزروعات التي لا تؤكل نيئة، يجب أن تخضع لعملية التطهير.

-تجاوزت نسبة تخفيض الـ BOD والـ COD الـ 85 % بزمن مكوث 3 أيام ، و تجاوزت هذه النسبة الـ90 % بزمن مكوث 5 أيام وقبل زراعة نبات القصب.

-أدت عملية زراعة نبات القصب، إلى زيادة فعالية أداء المحطة، حيث وصلت نسبة التخفيض إلى 95% بالنسبة لل BOD و الـ92 % بالنسبة COD.

-إنَّ نسبة تخفيض TDS وصلت إلى حد 50 % قبل زراعة نبات القصب كذلك وصلت نسبة تخفيض EC إلى حد 40 % لنفس الفترة الزمنية.

-بعد نمو نبات القصب تجاوزت نسبة تخفيض النترات حد الـ 50 % كذلك ارتفعت نسبة تخفيض الفوسفات حوالي 10 % عن ما كانت عليه قبل نمو نبات القصب، وهذا مؤشر واضح لقيام جذور نبات القصب بامتصاص واستهلاك هذه العناصر من المياه المعالجة.

أما بالنسبة لباقي العناصر فكانت التغيرات طفيفة بعد زراعة نبات القصب .

**التوصيــات :**

-نوصي باستخدام هذه الأنظمة الطبيعية لمعالجة مياه الصرف في المناطق والتجمعات السكنية الصغيرة في المنطقة الساحلية.

- زراعة أحواض المعالجة النباتية بأنواع محلية لدورها الأساسي في المعالجة كنبات القصب والزّل.

-ضرورة اهتمام الجهات المسؤولة عن محطات المعالجة بهذه الطرق ومحاولة تعميمها وتطبيقها للنتائج القيمة والهامة التي تعطيها هذه الطرق .

-استمرار الأبحاث العلمية بهذه الأنظمة الطبيعية، من حيث، نوع الجريان، زمن المكث،قياس مؤشرات أخرى لم يتطرق لها البحث.

## المراجــع :


1- د.هيثم شاهين، د.عادل عوض، د.صالح المزيني. *استخدام أنظمة المعالجة الطبيعية لمعالجة مياه الصرف الصحي-حالات دراسية لبعض المدن العربية*-الهيئة العامة للبيئة-الكويت 2005.

2- د.هيثم شاهين . *استخدام الأراضي الرطبة المشيدة لمعالجة مياه الصرف الصحي حالة دراسة منطقة اللاذقية "المؤتمر البيئي الأوروبي العربي*: روستوك- ألمانيا من 10-12 تشرين الأول 2002.

3- د.هيثم شاهين: *استخدام المنظومات الطبيعية في تنقية الأطوار المائية الملوثة*. ورشة عمل حول إدارة ومعالجة المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة التي أقامتها نقابة المهندسين بحلب بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة للبيئة – المكتب الإقليمي لغرب آسيا،حلب من 28-30 نيسان 2007 .

4- المواصفة القياسية السورية،2008/2752، مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري .

5-KRUEGER, J. et al. *Constructed Wetland Technology Transfer to Nepal.Water Science and Technology*, Vol. 43, No. 11, 2001. 345-350.

6-KRUEGER, J. *Reed Bed Purification System (Subterra).* The 10th International Euro-Arab Conference of the Environment. Rostock, Germany. 2001

7- Wastewater Treatment in Constructed wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow, by Jan Vymazal & Lenka Kropfelova. Spain, 2008

8- Constructed Wetlands : A promising wastewater treatment system for small system for small locations, April 2008

9- Subsurface-flow constructed wetlands in Spain for the sanitation of small communities. Jaume Puigagut – Spain 2007

10- Constructed wetlands for wastewater treatment. Fabio Masi, Italy 2006

11 - Subsurface-horizontal flow constructed wetland for sewage treatment under Moroccan climate conditions. 2006

12- Constructed wetlands for the Mediterranean countries: Hybrid systems for water reuse and sustainable sanitation, Fabio Masi & Nicola Martinuzzi. Italy 2006

13- Effect of key design parameters on the efficiency of horizontal subsurface flow constructed wetlands. Joan Garcia – Spain 2005

14 – Zero-m Constructed Wetlands Project , Italian Project .2005

15- Environmental Engineering - Part 637, National Engineering Handbook, Constructed wetlands Chapter 3 (2002)

16- DESIGN MANUAL, *Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment* ,( September 1988).

17-Mander, U., Maddison, M.,Soosar, K. and Karabelnik, K. (2011)"The Impact of Pulsing Hydrology and Fluctuating Water Table on Greenhouse Gas Emissions from Constructed Wetlands" Wetlands.

18-Heike H, Christopher P, Martina W, and Elizabeth von M 2011 *Technology review of*
*constructed wetlands* (Germany: Gesellscaft fur Internationalle Zusammenarbeit/GIZ)

19-Abou-Elela S., Golinieli G., Abou-Taleb E.M., Hellal M.S., (2013), Municipal wastewater treatment in horizontal
and vertical flows constructed wetlands, Ecological Engineering.

20-Fang Z., Song H., Cang N., Li X., (2013), Performance of microbial fuel cell coupled constructed wetland system
for decolorization of azo dye and bioelectricity generation, *Bioresource Technology*.

21-Pandey M.K., Jenssen P.D., Krogstad T., Jonasson S., (2013), Comparison of vertical and horizontal flow
planted and unplanted subsurface flow wetlands treating municipal wastewater, *Water Science and Technology*.