مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

تصميم وحدات مدمجة بطريقة التهوية المديدة من أجل معالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكنية الصغيرة باستخدام النظم الخبيرة

د. هناء سلمان*

د. عادل عوض**

(قبل للنشر في 1998/9/3)

☐ ملخص ☐

تستخدم الوحدات المدمجة المسبقة الصنع المتوفرة تجارياً من أجل معالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكنية الصغيرة. و تنتشر بشكل عام في المواقع الصعبة من أجل معالجة تدفقات مياه الصرف الصحي التي تتراوح بين ($30-950\ m^3/d$). إن نماذج الوحدات المدمجة الأكثر شيوعاً هي (1) التهوية المديدة ، (2) أحواض التثبيت التماسية ، (3) أحواض التفاعل المتتالية، (4) الأقراص البيولوجية الدوارة ، (5) المعالجة الفيزيائية والكيميائية.

اعتمدنا في البحث استخدام طريقة الوحدات المدمجة بالتهوية المديدة للحمأة المنشطة وذلك للمزايا التالية التي تتمتع بها هذه الطريقة (1) مردود معالجة مرتفع، (2) كمية الحمأة المتشكلة منخفضة نسبياً، (3) البساطة النسبية، (4) سهولة التشغيل وكلفة الاستثمار المنخفضة.

تم استخدام برنامج EXSYS Professional وهو عبارة عن برنامج نظام خبير عام ينطوي تحت منظومة الذكاء الاصطناعي الذي يعمل على محاكاة الخبرة البشرية في عملية حل المسائل ، وذلك من أجل تحديد العوامل النموذجية لتصميم الوحدات المدمجة التي تستخدم التهوية المديدة في معالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكنية الصغيرة. وقد تم تطبيق النظام المستخدم على نماذج من قرى ريف محافظة اللاذقية.

* مدرسة في قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين.

** أستاذ في قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

Design of Extended Aeration Package Plants for Small Communities Wastewater Treatment by Using Expert System

Dr. Eng. Hana Salman*
Dr. Adel Awad**

(Accepted 3/9/1998)

❐ ABSTRACT ❐

Commercially available prefabricated treatment plants, known as package plants, are often used for the treatment of wastewater for small communities. They are used most commonly for difficult site conditions, when the wastewater flows range from (30 to 950 m^3 /d). The most common types of package plants are (1) extended aeration, (2) contact stabilization, (3) sequencing batch reactors, (4) rotating biological contactor, and (5) physical and chemical treatment.

An extended aeration activated-sludge package plant is adopted in this research and the principle reasons for selecting it are: (1) high removal efficiency (2) relatively low sludge yield, (3) relative simple and robust (4) easy running and low operating cost.

EXSYS Professional program, which is a general Expert System program comes under artificial intelligence system that emulates the human expert in the process of problems solving, was used for determining the typical parameters to design package treatment plants that use extended aeration in wastewater treatment for small communities. This used system has been applied on countryside of Lattakia.

---

* Lecturer, Environmental Engineering Department, Faculty of Civil Engineering , Tishreen University.
**Professor, Environmental Engineering Department, Faculty of Civil Engineering , Tishreen University.

مقدمة

تواجه التجمعات السكنية الصغيرة بسبب جغرافيتها ودرجة تطورها عدداً من المشاكل تجعل مشاريع الإمداد بالمياه والصرف الصحي صعبة التنفيذ، ولعل أهم هذه المشاكل ارتفاع كلفة تجهيزات الصرف الصحي والتمويل المحدود لها وكذلك الخبرات و الإمكانات المحدودة لتنفيذ وإدارة هذه الوحدات المتمثلة في التصميم والإنشاء والإشراف وإدارة المشاريع وتنظيم الحسابات والتمويل والتشغيل والصيانة.كما أنه يجب تزويد التجمعات السكنية الصغيرة درجة المعالجة نفسها المطلوبة للتجمعات السكنية الكبيرة. وبالتالي فإن تجهيزات معالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكنية الصغيرة والكبيرة هي نفسها، وذلك من أجل حماية البيئة والمصادر المائية من التلوث[1] ، علماً أن هناك الملايين من وحدات المعالجة الصغيرة المنتشرة في أنحاء مختلفة من العالم ولكنها بشكل عام لا تحقق الشروط المثالية من حيث التصميم والتشغيل [2].

إن كلفة إنشاء تجهيزات معالجة مياه الصرف الصحي للشخص الواحد في التجمعات السكنية الصغيرة عالية نسبياً [3] وهي أكبر بكثير منها في التجمعات السكنية الكبيرة ، ويؤدي ميل سكان التجمعات السكنية الصغيرة للانتشار إلى زيادة الكلفة بالنسبة للشخص الواحد والتي يمكن أن تزيد من مرتين إلى أربع مرات عنها في التجمعات المؤلفة من مائة ألف شخص [4]. كما أن معدلات تدفق مياه الصرف الصحي وخصائصها تختلف بشكل كبير عنها في الأنظمة الكبيرة، ولهذا فإن معرفة معدلات تدفق مياه الصرف الصحي وخصائصها يعتبر عملاً أساسياً من أجل تصميم فعال لوحدات معالجة مياه الصرف الصحي في التجمعات السكنية الصغيرة.

إن أكثر الأنواع شيوعاً لأنظمة معالجة مياه الصرف الصحي المحلية للتجمعات السكنية الصغيرة هي خزانات التعفن وأحواض أمهوف و حقول الصرف وحفر التفتيش والمرشحات الرملية والوحدات المدمجة [1] وهناك في الوقت الحاضر اتجاه لتطبيق نظم معالجة لمياه الصرف الصحي باستخدام النباتات المائية في المناطق الريفية [2].

يهدف هذا البحث إلى تطوير نظام خبير من أجل حل مسألة تصميم وحدات مدمجة لمعالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكنية الصغيرة، ثم تطبيق هذا النظام على نماذج من التجمعات السكنية الصغيرة والقرى في ريف محافظة اللاذقية.

تم في هذا البحث اختيار الوحدات المدمجة بطريقة التهوية المديدة لمعالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الريفية وذلك بسبب ميزاتها العديدة من حيث ملاءمتها للأوضاع الطوبوغرافية والجيولوجية وفاعليتها في تخفيض الملوثات (BOD_5,COD,N COMPOUNDS) واقتصاديتها خصوصاً فيما يتعلق بالاستثمار والصيانة [5] . وقد تم استخدام النظام الخبير لتحديد عوامل التصميم لهذه الوحدات .

اختيار نظام المعالجة المحلي المناسب

يختلف حجم الأنظمة الصغيرة لمعالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكنية الصغيرة من الأنظمة المصممة لخدمة مساكن مفردة يتراوح التدفق فيها من L/d 2000-200 إلى الأنظمة المصممة لتدفق مياه الصرف حتى $3800m^3/d$ وذلك للمنشآت المفردة الكبيرة وحسب تعريف اللجنة المختصة التابعة للجمعية الدولية لجودة المياه فإن وحدات المعالجة الصغيرة هي التي تخدم عدداً من السكان أقل من 2000 نسمة [6].

يعتمد تقييم نظام المعالجة المحلي المناسب بشكل رئيسي على نتائج تقديرات الموقع المبدئية والتفصيلية، ونميز بين المواقع العادية البسيطة والمواقع الصعبة.

<u>أنظمة المعالجة في الأماكن البسيطة:</u> إن أول نظام يجب دراسته هو الطريقة التقليدية المؤلفة من خزان تعفن وحقل تصريف يصل إليه الجريان بالثقاله، و يعتبر الاختيار الأمثل لأن أصحاب المنازل غير مدربين وغير مهتمين بالصيانة و يمكن تشغيل المحطة بقليل من الخبرة و العناية و إذا كان هذا النظام غير مناسب يمكن اختيار أحد الأنظمة الأخرى مثل حوض التعفن مع مرشح رملي متناوب و حقل تصريف تقليدي.

<u>أنظمة المعالجة في الأماكن الصعبة</u>: تستعمل أنظمة معالجة بديلة عن الطرق التقليدية في الحالات التالية [1]:

1. انخفاض نفاذية التربة.

2. وجود طبقات كتيمة.
3. وجود تربة سطحية فوق صخور قاعدية متصدعة و مكشوفة.
4. ارتفاع نفاذية التربة
5. وجود منحدرات شديدة الميل
6. عندما تكون مساحة الأراضي محدودة.
7. وجود مناطق مياه جوفية حساسة.
8. وجود مياه جوفية مرتفعة.

عندما تصادف إحدى الحالات السابقة يجب تطبيق طرق معالجة بديلة أكثر فعالية مثل استخدام حوض تعفن مع مرشح رملي متناوب وحقل تصريف أو استخدام الوحدات المدمجة.

أنظمة المعالجة المحلية المسبقة الصنع للتجمعات السكنية الصغيرة

تستعمل غالباً وحدات معالجة مسبقة الصنع متوفرة تجارياً ومعروفة بالوحدات المدمجة لمعالجة مياه الصرف الصحي للملذيات الفردية والتجمعات السكنية الصغيرة، على الرغم من توفر هذه الوحدات بسعة 3800 m^3/d فهي تستعمل بشكل شائع لتدفق مياه الصرف الصحي ضمن المجال 30-950m^3/d. إذا كان حجمها وتشغيلها وصيانتها مناسباً يمكن لهذه الوحدات أن تؤمن معالجة بيولوجية مقبولة للتدفقات الصغيرة لمياه الصرف الصحي. كما يمكن استخدامها في الأماكن الصعبة.عند تصميم هذه الوحدات يجب أن يؤخذ بالاعتبار التالي[1,3]:

1. التقلبات الكبيرة لكل من التدفق والتحميل العضوي.
2. الحمأة العائدة والحمأة الزائدة.
3. ترحيل الشحوم والزيوت من حوض الترسيب النهائي.
4. نزع النتروجين من حوض الترسيب النهائي مع ترحيل المادة الصلبة الناتجة.
5. الضبط المناسب لتركيز المواد الصلبة المعلقة في المزيج المنحل في حوض التهوية.
6. وضع إجراءات مناسبة لمنع الرغوة.
7. الأخذ بعين الاعتبار تأثير تغير درجة الحرارة.
8. الإمداد المناسب بالهواء.

أما أهم مزايا الوحدات المدمجة فهي التالية [4] :

1. سهولة الإنشاء والتشغيل والصيانة وقابليتها للتوسع عن طريق استخدام وحدات مماثلة جديدة.
2. قابلة للتصنيع المسبق من عناصر بيتونية أو معدنية أو زجاج ليفي وغيرها.
3. عدم وجود تجهيزات متحركة هامة في وحدة المعالجة.
4. مردود معالجة عالي يصل إلى حوالي 95%على مقياس BOD_5 .
5. عدم حاجتها للتنظيف إلا بعد فترات طويلة نظراً لقلة مقدار الرواسب المتراكمة.

أما أكثر الوحدات المدمجة انتشاراً فهي:

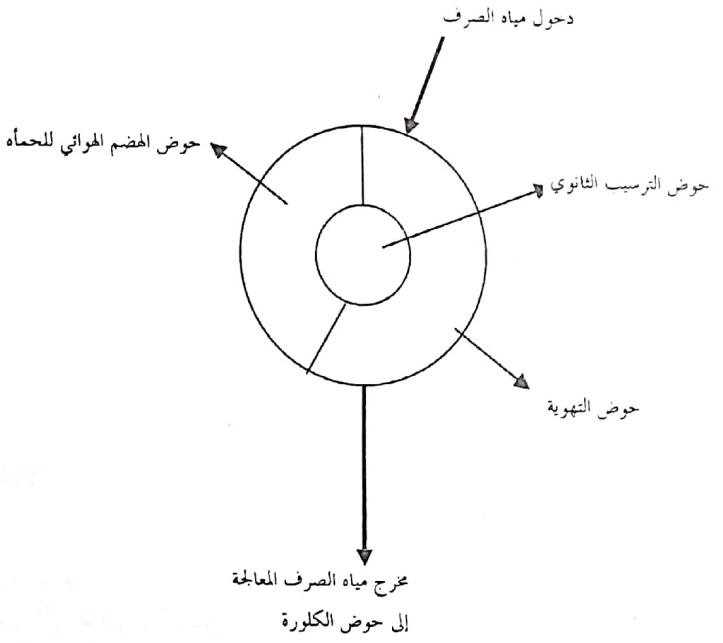
1. أحواض التهوية المديدة.
2. أحواض التماس.
3. أحواض التفاعل المتتالية.
4. الأقراص البيولوجية الدوارة.
5. المعالجة الفيزيائية والكيميائية.

وتعتبر أحواض التهوية المديدة من أكثر الطرق استخداماً لأنها تعطي مردود معالجة ممتاز من حيث تخفيض ملوثات (BOD_5 ,COD, N) وتنتج حمأة قليلة نسبياً بالإضافة إلى بساطتها وسهولة تشغيلها [5]. يبين الشكل (1) وحدة مدمجة وكما يظهر من الشكل لا تستخدم فيها أحواض ترسيب أولية لذا يجب أن تكون فعالية الحواجز القضبانية جيدة في حجز المواد الكبيرة. ولتجنب تراكم المادة الصلبة يجب أن تؤمن أجهزة التهوية ارتجاجاً كافياً لحفظ المواد الصلبة في حالة معلقة. وللتأكد من الأداء المثالي للوحدة المدمجة في مختلف ظروف التشغيل الحقلية ينصح بأن يكون التحميل العضوي الأعظم معبراً عنه بنسبة الغذاء إلى الكتلة الحيوية (kg BOD_5/kg MLSS)منخفضاً، كما يجب تزويد حوض الترسيب الثانوي بمعدات لإعادة الحمأة إلى حوض التهوية ، وتضم الوحدة المدمجة أيضاً حوضاً من أجل الهضم البيولوجي الهوائي للحمأة.

مراحل التصميم

يتم التصميم باتباع المراحل التالية:

1. تعيين مواصفات مياه الصرف الداخلة إلى محطة المعالجة مثل معدل التدفق وجريان الذروة وTSS و BOD_5 ودرجة الحرارة في الصيف والشتاء.
2. تحديد المواصفات المطلوبة للمياه بعد المعالجة.
3. اختيار القيم التصميمية للمواد الصلبة المعلقة في المزيج المنحل MLSS كتابع للقيمة المتوقعة لدليل حجم الحمأة ودرجة الحرارة.



الشكل (1) وحدة مدمجة لمعالجة مياه الصرف الصحي بطريقة التهوية المديدة

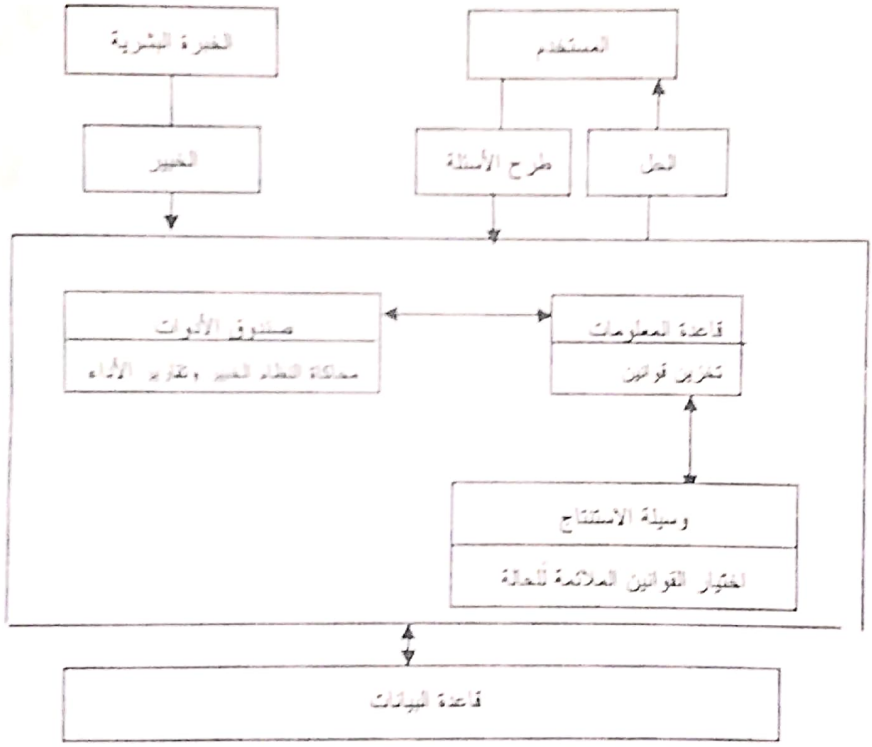
4. اختيار مدة بقاء الحمأة في حوض التفاعل وحوض الترسيب الثانوي من بين القيم الحدية من أجل إزالة BOD_5 الكربونية في الشتاء ومن أجل النترجة في الصيف.
5. تحديد كمية الحمأة الناتجة.
6. تحديد مدة البقاء الهيدروليكي .
7. تحديد الحاجة من الأوكسجين في الصيف والشتاء. اختيار مدة بقاء الحمأة في حوض التفاعل وحوض الترسيب الثانوي التصميمية من بين القيم الحدية
8. تحديد مقدار الحمأة الزائدة للحفاظ على القيمة المناسبة لزمن بقاء الحمأة.

يتطلب التصميم الجيد لهذه الوحدات خبرة كبيرة في هذا المجال مما يلائم تطبيق النظم الخبيرة (EXPERT SYSTEMSمن أجل تعيين القيم الملائمة للعوامل التصميمية المختلفة.

استخدام النظم الخبيرة في تصميم أحواض التهوية المديدة

يساعد استخدام الحاسب في سرعة معالجة العلاقات بين متغيرات تصميم وحدات معالجة مياه الصرف الصحي ويسرع في عملية دراسة وتعديل الحلول المقترحة [7]، وقد ازداد تطبيق النظم الخبيرة في مجالات الهندسة البيئية، ويعتبر النظام الخبير جزءاً من الذكاء الاصطناعي وهو عبارة عن برنامج كومبيوتر يحتوي المعرفة الخاصة في مجال خبرة معينة ، ويمتلك القدرة على اتخاذ قرارات ذكية في هذا المجال وبالتالي يؤدي هذا إلى تقليل الوقت والجهد والكلفة للحصول على حلول لأية مسألة ضمن مجال الخبرة المعينة[8].

يتضمن النظام الخبير كما يبين الشكل (2) قاعدة المعلومات وآلية الاستنتاج وصندوق الأدوات[9]. تحتوي قاعدة المعلومات على الخبرة المنسقة على شكل قوانين توجيه مستخلصة من الخبرة الحقلية والدوريات العلمية والكتب الاختصاصية بالإضافة إلى الاستعانة بالخبراء في هذا المجال [10] وتعرض هذه



الشكل (2) بنية النظام الخبير

القوانين على شكل جمل شرطية IF-THEN على سبيل المثال IF $BOD_5 \leq 110$ mg/L فهي منخفضة وفي حالة IF $BOD_5 \geq 400$ mg/L فهي عالية وغير ذلك فهي معتدلة . أما آلية الاستنتاج فهي برنامج كومبيوتر يفسر ويترجم قاعدة المعلومات وقاعدة البيانات ويحدث ذلك بشكل آلي متى انتهى المستخدم من إدخال المعطيات داخل قاعدة البيانات. أما صندوق الأدوات فهو هيئة خاصة لنظام الخبير ، يحتوي على المعلومات المفيدة لبناء وتقييم نظام الخبير بواسطة المحاكاة ويتم فيه توليد التقارير المفيدة من أجل تقييم أداء المستخدم والنظام الخبير [11].

يعتمد تصميم الوحدات المدمجة لأحواض التهوية المديدة على مجموعة من العوامل التصميمية ترتبط مع بعضها بالعلاقة التالية:

$$\frac{F}{M} = \frac{S}{\Theta X}$$

حيث:

F/M–دليل تحميل الحمأة وتمثل نسبة الغذاء إلى الكتلة الحيوية ، kg BOD_5/kgMLSS

S– تركيز BOD_5 في الجريان الداخل إلى محطة المعالجة، mg/l

Θ – مدة البقاء الهيدروليكي في حوض التهوية ويساوي: V/Q

X – تركيز الكتلة الحيوية MLSS. mg/l

Q – معدل تدفق مياه الصرف الداخلة إلى محطة المعالجة، m^3/d

V – حجم حوض التهوية، m^3.

يعطي المرجعان [1,12] قيماً تصميمية لمدة البقاء الهيدروليكي تتراوح بين 18-36 ساعة والتي تحدد بدقة ضمن مجالات أقل بوساطة النظام الخبير وفقاً للتحميل العضوي الذي يتراوح بين 0.05-0.15 kg BOD_5/kgMLSS. وتركيزالكتلة الحيوية MLSS وتؤخذ من 2.5-6.5kg/m^3 ويتم اختيار القيم التصميمية النهائية انطلاقاً من مدة البقاء المحددة بالنظام الخبير وبعد ذلك يحسب حجم حوض التهوية اللازم.

من أجل تطبيق النظام الخبير في تصميم حوض التهوية تم تقسيم مياه الصرف الصحي حسب شدة تلوثها إلى منخفضة التلوث العضوي ومتوسطة وعالية حسب الجدول (1).

الجدول (1) مواصفات مياه الصرف الخام حسب شدة التلوث العضوي BOD_5 .

التلوث العضوي	الواحدة	منخفض، L	متوسط، M	عالي،H
S ،BOD_5	mg/L	150>	150-350	350<

كما تم تقسيم العوامل التصميمية إلى ثلاثة مجالات منخفضة ومتوسطة ومرتفعة بحيث يضيق مجال اختيار القيمة التصميمية الملائمة كما يبين الجدول (2).

الجدول (2) العوامل التصميمية للوحدات المدمجة بطريقة التهوية المديدة.

العوامل التصميمية	الواحدة	منخفض، L	متوسط، M	عالي،H
مدة البقاء الهيدروليكي، Θ	h	18-24	>24-30<	30-36
التحميل العضوي، F/M	$gBOD_5/gMLSS$	0.05-0.08	>0.08-0.1<	0.1-0.15
MLSS	kg/m^3	2.5-3.5	>3.5-5<	5-6.5
الأوكسجين اللازم $20°C$	$g\ O_2/gBOD_5$	2	2.5	3

بناء النظام الخبي

تم بناء النظام الخبير بالاعتماد على برنامج EXSYS وهو نظام خبير عام مطور في جامعة فرجينيا ويعتمد نظام WIN 95 يسمح بسهولة إدخال البيانات واختبار القواعد [13]، يتألف من جزأين:

EXSYS Professional Editor : يتم في هذا الجزء تسمية الملف وإدخال كافة البيانات من مجموعة Choice List ثم مجموعة المتغيرات من خلال Qualifier List أما إدخال القواعد فيتم من خلال الأمر Add Rule وبعد الانتهاء يتم تشغيل النظام بواسطة التعليمية Run.

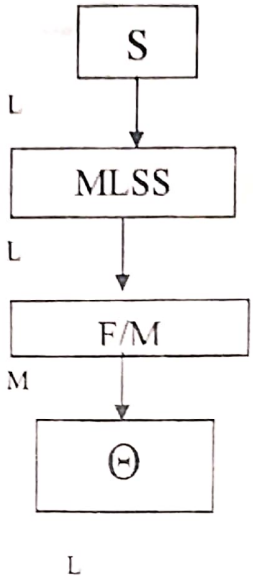
ExDesing :يتم فيها تصميم وبرمجة الواجهات الخاصة بالنظام ، حيث يعطي المبرمج الحرية الكاملة في تحديد شكل النوافذ.

تم بناء شجرة القرار باعتماد خوارزمية السلسلة الأمامية ، حيث يبين الشكل (3) جزء من شجرة القرار إذ تشكل العقد المتغيرات وتشكل الفروع قيم هذه المتغيرات وتتراوح قيمها بين(high, medium, low) ويتم فيها تحديد مدة البقاء بالاعتماد على المتغيرات الأخرى وتوضع على شكل قواعد شرطية (IF-THEN) مثال عنها القاعدة التالية :

If S is L,
And MLSS is L,
And F/M is M,
Then Θ is L.

حيث تدل هذه القاعدة على أنه إذا كان تركيز مياه الصرف الخام منخفضاً وتركيز المواد الصلبة في المزيج المنحل منخفضاً ونسبة الغذاء إلى الكتلة الحيوية متوسطة يؤدي إلى اختيار قيمة منخفضة لمدة البقاء في حوض التهوية . ونلاحظ أن تركيز

المواد الصلبة في المزيج المنحل متناسب عكسياً مع نسبة الغذاء إلى الكتلة الحيوية. ولذلك سوف يرفض النظـــام أن يكـــون F/M , MLSS مرتفعين أو منخفضين في آن واحد .



الشكل (3) أحد أجزاء شجرة القرار

تطبيق على التجمعات السكنية في محافظة اللاذقية

تمتد محافظة اللاذقية في المنطقة الساحلية المحصورة بين الجبال والبحر. تتصف المنطقة الساحلية بأمطار غزيـــرة فـــي فصل الشتاء ودرجة حرارة متوسطة ورطوبة عالية خلال فصل الصيف أما المنطقة الجبلية فتهطل الأمطار فيها بغزارة خلال فصل الشتاء ، ويكون الطقس فيها معتدلاً. يتوزع في المحافظة إدارياً حوالي خمسمائة تجمع سكني تضم ثمانٍ وتسعين بلدية . يبين الجدول (3) النسبة المئوية لتوزع عدد السكان في التجمعات السكنية حسب التقسيمات الإدارية [14].

يلاحظ من الجدول أن أكثر من 90% من القرى يقل عدد سكانها عن 2000 نسمة ، وعند دراسة إمكانية استفادة قريتين أو أكثر من محطة معالجة واحدة ، يكون التدفق الناتج عنها ضمن المجال الملائم لاستخدام أحواض التهويـــة المديـــدة المســـبقة الصنع. يضاف إلى ذلك أن العديد منها يتميز بمساحة أراضي محدودة، وتحتوي على مناطق مياه جوفية حساسة تغذي الينابيع المستخدمة من أجل الشرب،بالإضافة إلى وجود مياه جوفية مرتفعة كما في القرى الواقعة في المنطقة الساحلية.

عند استخدام النظام الخبير يبدأ بالسؤال عن تركيز المواد العضوية BOD_5 ويعطي الخيارات التالية: (high, medium, low) فيقوم المصمم باختيار المجال الملائم، فينتقل النظام إلى طرح السؤال التالي الذي يتعلق بمجال تركيز الكتلـــة الحيويـــة، ويعطي أيضاً ثلاثة مجالات يختار المصمم المجال الملائم، ثم ينتقل النظام إلى طرح السؤال الذي يليه عن نسبة الغـــذاء إلـــى الكتلة الحيوية، وبعد أن يختار المصمم المجال الملائم، يقوم النظام بإعطاء مجال مدة البقاء في حوض التهوية. يلخص الجدول (4) تطبيق النظام الخبير المطور على بعض القرى في محافظة اللاذقية بغرض تحديد عوامل التصميم الملائمة من الجـــداول (1،2،3،4)، على أن يترك تحديد قيمة مدة البقاء ضمن المجال المحدد لها للمصمم وفقاً للاعتبارات الاقتصادية. ثم يتم حساب حجم حوض التهوية من العلاقة $V=Q\,\Theta$.

الجدول (3) النسبة المئوية لتوزع السكان في القرى حسب التقسيمات الإدارية لريف محافظة اللاذقية (تقديرات عام 2005)

.

عدد السكان	النسبة المئوية لعدد القرى %
<500	27.7
500-1000	37.2
1000-1500	20.2
1500-2000	4.8
2000-5000	8.5
5000-10000	1.6

الجدول (4) تطبيق النظام الخبير المطور على بعض القرى في محافظة اللاذقية.

اسم القرية	عدد السكان	كمية المياه المصرفة m^3/d	S	MLSS	F/M	Θ	V, m^3
الصنوبر	4200	650	مرتفع	متوسط	متوسط	متوسط	760
القطلبة	460	70	متوسط	منخفض	مرتفع	متوسط	85
سلمية	1120	225	منخفض	مرتفع	منخفض	مرتفع	300
كنسبا	730	110	متوسط	متوسط	منخفض	مرتفع	150
مشريفة	730	110	مرتفع	متوسط	مرتفع	منخفض	95

الاستنتاجات والتوصيات

1. إن معالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكنية الصغيرة يجنبنا مشاكل تلوث المياه الجوفية و المجاري المائية والتربة.
2. تعتبر الوحدات المدمجة وسيلة ملائمة لمعالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكنية الصغيرة في الأماكن الصعبة .
3. يسهل استخدام النظم الخبيرة اختيار العوامل التصميمية الملائمة للوحدات المدمجة بطريقة التهوية المديدة ، ويتم التحكم بالمعالجة عن طريق مدة البقاء.
4. يمكن تعميم استخدام النظم الخبيرة في البلديات من أجل اختيار العوامل التصميمية الملائمة.
5. يساعد استخدام النظم الخبيرة في المراحل اللاحقة في التشغيل الفعال للوحدات المدمجة بطريقة التهوية المديدة.

REFERENCES المراجع:

1. METCAL and EDDY , (1991): *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, and Reuse* , Third Edition, Mc. GRAW-HILL International . USA
2. DEGAARD, H. (1997): *Small Wastewater Treatment Plants*, J. Water Science and Technology, Elsevier Science Ltd., vol. 35, No. 6, pp. VII.
3. BOOLER, M., (1997): *Small Wastewater Treatment Plants – Achllense to Wastewater Engineers*, J. Water Science and Technology, Elsevier Science Ltd., vol. 35, no. 6, pp. 2 –10
4. TCHOBANOGLOUS,G. (1974) :*Wastewater Treatment for Small Communities*, Public Works, Part One, vol. 105, No. 7, and Part Two, vol. 105, No. 8.
5. BETANZA, F. (1998): *Simultaneous Nitrification – Denitrification Process in Extended Aeration Plants: Pilot and Real Scale Experiences*, J. Water Science and Technology, Elsevier Science Ltd., vol. 35, No. 6, p. 53.
6. DENNY, P. (1998): *Implementation of Constructed Wetlands in Developing Countries*, J. Water Science and Technology, Elsevier Science Ltd., vol. 35, No. 5, pp. 27.
7. KAO, J. J. BRILL Jr. E. D., and PFEFFER, J. T. (1993): *Computer-Based Environment for Wastewater Treatment Plant Design*, J. Environmental Engineering, Vol. 119, No. 5 , 931-945.
8. AWAD, A. et. al, (1997):*An Exert Advisory System for Applying Urban Planning Regulation*, Journal for Engineering Sciences, Ministry of Higher Education, Damascus, No. 6, pp.85-97.
9. LAI, W. , and BERTHOUEX, P. M. (1990): *Testing Expert System for Activated Sludge Process Control*, J. Environmental Engineering, Vol. 116, No. 5, 890-909.
10. LO, M.C., and POTA, A. A. , (1997) : *Expert System for Technology Screening for SOC and VOC Contaminated Water*. J Environmental Engineering, Vol. 123, No. 9, pp. 911-918.
11. WATERMAN, D. A.,(1986): *A Guide to Expert Systems*, Addison – Wesley , USA.
12. MARK J. HAMMER, (1986): *Water and Wastewater Technology*, Second Edition, JOHN WILEY & SONS, USA.
13. AWAD, E.(1996)- *EXSYS User's Guide with Applications*, First Edition, West publishing co. USA.
14. *Statistical Books* (1996): Central Bureau of Statistics, Damascus, vol. 49.