بسـم الله الرحمن الرحـيم

الفهرس

1) الفهرس 1

2) المقدمـة.....2

3) الفصل الأول : نظم تجميع والتخلص من مخلفات الصرف الصحي في القري والنجوع. 4

4) الفصل الثاني : خصائص مياه الصرف الصحي ومعايير نوعية المياه المعالجة 16

5) الفصل الثالث : معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية والغير تقليدية 30

6) الفصل الرابع : ضوابط الري بمياه الصرف الصحي..... . 44

المقدمة

تفاقمت في الاونه الأخيرة مشكلة الصرف الصحي في القرى المصرية للأسباب الآتية :

- زيادة الكثافة السكانية مع التوسع الراسي في الإسكان مع محدودية التوسع الأفقي حيث المتاح فقط هي الأراضي الزراعية الغير مصرح بالبناء عليها.
- ارتفاع منسوب المياه الجوفية نتيجة تسرب مياه الصرف ومياه الري.
- التغير الذي حدث في نمط المياه وما ترتب عليه من زيادة في معدل استهلاك المياه هذا بالإضافة إلي التغير في نمط الإسكان وتحديثه.

وقد ترتب علي ذلك: -

- تلوث المجاري المائية نتيجة للصرف عليها أو ألقاء مخلفات الكسح لمياه الصرف الصحي .
- ارتفاع منسوب المياه الجوفية حتى وصل فوق سطح الأرض والذي كان له تأثير سلبي علي سلامة المباني بالإضافة إلي المساعدة علي انتشار الحشرات والهوام والبعوض.
- تلوث الخزان الجوفي وكذلك وصول الملوثات إلي شبكات المياه.
- زيادة الأعباء علي سكان القرى نتيجة تكاليف العلاج من الإمراض الوبائية والمزمنة وتكاليف الكسح وتكاليف المرمات للمباني.

تعتبر هذه المشكلة هي الأولي في حوالي 1500 قرية من إجمالي قري مصر البالغ عددها أكثر من 4500 قرية ومن المتوقع ان يزداد هذا الرقم. أي ان المشكلة ذات الأولوية العاجلة تمثل 35%من إجمالي القرى , وينتظر ان تصل الي 65% وقد اتبعت لعلاج هذه المشكلة الحلول التالية طبقا لإمكانيات وظروف كل محافظة .

- استخدام عربات كسح سواء حكومية أو أهلية لنقل المخلفات خارج كردون المدينة.
- انشاء خطوط صرف او شبكة انحدار صغيرة بالجهود الذاتية تصب في المصارف الزراعية المجاورة للقرية او تخترقها .
- تغطية المجاري المائية داخل الكتلة السكنية .
- ردم البرك الموجودة داخل الكردون.
- تعلية المنازل والأساسات داخل الكردون.
- محاولة ترشيد استخدام المياه.

وتعتبر كل هذه الحلول وقتية وما تلبث إن تعود المشكلة بعد فترة. هذا علاوة علي إن الحل الأول والثاني يسببان المشكلة من ارتفاع منسوب المياه إلي تلوث المجاري المائية. ولهذا فقد تم عمل حلول. دائمة تقضي علي المشكلة نهائيا حيث تم تناول الحلول التالية: -

1- مشروعات شبكات انحدار ومحطات معالجة ذات قدرة علي تقبل تصرفات جديدة حوالي 5 كم.

2- مشروعات شبكات انحدار ومحطات رفع تضخ الي محطة معالجة صغيرة وفي ضوء الاعتبارات السابقة وبناء علي دراسات أجريت بواسطة العديد من المكاتب الاستشارية والجهات الحكومية فقد تبين الأتي:

إن نسبة خدمة سكان الريف بالصرف الصحي حتى عام 1990 لا تتعدي 3% ووصلت الي 15% عام 2002 وللوصول بنسبة الخدمة عام 2017 الي65% لسكان الريف وهم الذين يعانون حاليا فان ذلك يتطلب 17 مليار جنيه طبقا لأسعار 1990 وذلك في حالة استخدام أنظمة تقليدية لتجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي.

ولذلك فقد ظهرت الحاجة إلي تغيير المفهوم السائد والتعامل مع المنطق بأسلوب مختلف من خلال طرح أفكار وحلول تراعي قلة التكلفة الإنشائية وقدرات القرية المحدودة في التشغيل والصيانة مع الأخذ في الاعتبار التخطيط العمراني المتدني للقرى من حيث ضيق الشوارع وقلة معدلات استهلاك المياه بما يوفر الحل العملي للمشكلة دون الضغط علي ميزانية الدولة مع تطوير حياة كريمة لسكان هذه القرى اللذين يعانون حاليا من مشاكل التلوث لانعدام هذه الحقوق.

ونظرا لصعوبة تنفيذ المشروع التقليدي المتكامل المكون من شبكات انحدار ومحطات رفع وخطوط طرد ومحطة معالجة وأيضا للتغلب علي النواحي الاقتصادية وظروف كل قرية فقد لجا اهالي هذه القري الي استخدام طرق غير تقليدية مع الاستعانة باخرين متخصصين حيث اصبحت الحل الوسط بين التخطيط العمراني
للقرية حيث ضيق وعدم استقامة الشوارع في كثير من الاحيان وسيتم في هذه الدراسة تناول طرق التخلص من مخلفات الصرف الصحي في القري والتجمعات السكانية الصغيرة والمنعزلة وذلك في قري مصر وفي دول العالم الثالث مثل دول جنوب شرق اسيا , سيتم تناول نماذج التطوير التي نفذت وكذلك المقترحات للتطوير وزيادة كفاءته . وقد تناول هذه الموضوعات في الفصل الاول من الفصل الثاني تم الإشارة الي خصائص مياه الصرف ونوعية المياه المعالجة والفصل الثالث خصص لإلقاء الضوء علي طرق معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية اما الفصل الرابع فتم توضيح ضوابط وطرق الري بمياه الصرف الصحي المعالج .

الفصل الاول

نظم تجميع والتخلص من مخلفات الصرف الصحي في القري و النجوع

1- طرق التخلص من المخلفالت المنزلية للصرف الصحي في قري مصر : -

ا- عند عدم وجود مياه جارية بالمنزل وبعد المياه الجوفية عن سطح الارض :

في هذه الحالة تكون المخلفات عبارة عن المواد البرازية والفضلات الصلبة االتي لا يمكن نقلها بالمواسير الي أي مسافة من المرحاض لعدم احتوائها علي الكمية الكافية من المياه التي تمكن من النقل وهذه الحالة موجودة في قري مصر التي لم تصل لها خدمة شبكات المياه الصالحة للشرب حيث توزع المياه عن طريق حنفيات عامة خارج المنزل . والمتبع في هذه الحالة هو انشاء مرحاض او اكثر في كل منزل حيث يستخدم في هذه الحالة مرحاض الحفرة (Pit privy).

يتكون مرحاض الحفرة من الحفرة والرقبة والبلاطة (القاعدة) : -
ومبني المرحاض وطريقة إنشائه كالتالي :

يتم حفر حفرة في الارض بحفاوة خاصة ذات بريمة مركبة علي نصبه من ثلاث أرجل – وتستخدم الحفارة بقطر 16 بوصة وهو القطر المناسب يتراوح عمق المرحاض من 5- 7 متر نظرا لان التربة المصرية غرينية سوداء او صفراء متماسكة فان جوانب الحفرة لا تنهار ولا تحتاج لعمل بطانة لتثبيتها . تتكون رقبة المرحاض من اسطوانة مفتوحة الطرفين بارتفاع لايقل عن 35 سم وقطر يزيد قليلا عن قطر حفرة المرحاض وتكون عادة من الخرسانة . توضع الرقة في اعلي الحفرة عن سطح الارض واسفل بلاطة المرحاض لمنع انهيار التربة في اعلي المرحاض .

تصنع قاعدة المرحاض من مادة صلبة صماء بمقاسات تتراوح من 0.8X0.8 متر الي 1.6 X.1.6متر
ويفضل ان تكون من الخرسانة المسلحة وتكون بها فتحة متوسطة السعة وعلي جانيها دواستان مرتفعتان ارتفاعا بسيطا . كما يجب ان يكون سطح البلاطة منحدرا نحو الفتحة لضمان صرف السوائل ويفضل تزويد البلاطة بغطاء متحرك للفتحة يمنع وصول الذباب الي داخل الحفرة. يبني للمرحاض مبني خاص يتسم بالبساطة و النظافة و الراحة وحسن التهوية والإضاءة.

يقدر عمر المرحاض بأربعة أعوام في المتوسط حسب نوع التربة وكمية الاستعمال. وقد يتم ردم الحفرة بعد امتلائها وحفر مرحاض أخر أو يتم كسحها واستعمال محتوياتها كسماد مع إعادة استعمال المرحاض .

***نوع أخر من مرحاض الحفرة الاقتصادي ولا يحتاج إلي عماله, يتكون من حفرة 1.3مترX 1 متر وبعمق 1.5حتي 2.8متر . أعلا الحفرة توجد قاعدة المرحاض الموجودة في حجرة المرحاض وهذا المرحاض موقت حيث عند ملئه يتم قفله وردمه من اعلي بطبقة تربة سميكة 60 سم مع عمل حفرة جديدة بجوارها. يتم توفير ماسورة تهوية بقطر 10 سم.**

***نوع أخر من مرحاض الحفرة او الثقب حيث قطر الحفرة 16بوصة (40سم) وعمق الحفر فوق منسوب المياه الجوفية بمسافة لا تزيد عن متر واحد. يمكن تبطين الحفرة بالطوب من الداخل. عند امتلاء الحفرة يتم تغطيتها بطبقة من التربة حيث يمكن تجنب الرائحة والذباب.**

***مرحاض البئر المحفور: وهو يشبه مرحاض الحفرة والاختلاف هو في قطر الحفرة حيث في مرحاض البئر المحفور تكون إبعاد الحفرة 75x75 x360سم مع تبطين الحفر بالطوب أو الأحجار.**

ب – المرحاض الخرساني: -

في حالة التربة المسامية أو المتماسكة وعند ارتفاع منسوب المياه الجوفية قريبا من سطح الأرض, يكون من غير المناسب استخدام مرحاض الحفرة وذلك لمنع تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف . عندئذ يكون المرحاض الخرساني يتم تفريغه ثم اعادة استخدامه .

بيارة (مرحاض التصريف) : -
وهو منشأ ثابت يتكون من غرفة يختلف حجمها حسب عدد الأشخاص المستخدمين, ولا يقل حجمه عن متر مكعب للمنزل الذي يسكنه ست أفراد. حوائط الحفرة وقاعتها مبطنة بالخرسانة او الأحجار ومزودة بفتحات تصريف في الاجناب أو بماسورة تصريف غير متصلة. يتميز بإنشائه في التربة المفككة او الرملية كما يجب ملاحظة الأتي في اختيار موقع المرحاض.

- **إن يبعد عن مصادر مياه الشرب والاستعمال المنزلي بمسافة لاتقل عن 30متر.**
- **إن يكون وضعه بالنسبة لبئر المياه بحيث يتجه سير المياه الجوفية من بئر المياه إلي المرحاض وليس العكس.**

ويتم التخلص من المخلفات السائلة بهذه المراحيض إلي باطن الأرض عن طريق فتحات جانبية أو عن طريق ماسورة مفتوحة الوصلات حيث تتسرب السوائل إلي باطن الأرض وتتحلل المواد العضوية متحولة إلي سوائل وغازات ولذا يفضل عمل ماسورة تهوية للمرحاض ترتفع حتى سطح المنزل وبذلك لا يبقي من المواد الصلبة غير جزء بسيط منها وهو الذي يتجمع ببطء علي مر السنين.

وعند وجود مياه جارية في المنزل أو المنشاة (مدرسة, مستشفي)فانه يستخدم المرحاض المائي حيث تعالج مياه الصرف هوائيا و لا هوائيا ثم إلي المرشح ومنه إلي الري السطحي.

2- خزان التحليل أو التخمير (Septic Tank) :-

خزان التحليل عبارة عن حوض أصم من الطوب أو الخرسانة الغرض منه ترسيب اكبر كمية من المواد الصلبة الموجودة في المخلفات السائلة وتعريضها لعوامل التحلل. نظرا لسكون المياه في أحواض التحليل فان المواد الصلبة العالقة ترسب إلي القاع, حيث لا يوجد أكسجين الهواء الجوي أو الضوء عندئذ تنمو البكتريا اللاهوائية وتنشط والتي تقوم بعملية التحلل اللاهوائي للمواد العضوية وتحويل معظمها إلي سائل وغاز.
تغطي أحواض التحلل بسقف من الخرسانة المسلحة والذي يكون إما علي أجزاء بعرض 30 سم حتى يمكن رفعها عند الحاجة الي تنظيف الخزان, او بعمل السقف قطعة واحدة مزودة بفتحات غرفة التفتيش حتى يمكن تنظيف الحوض عند الحاجة. ويشترط للاداء الجيد لخزان التحصيل توافر الشروط آلاتية: -

- **ان تكون سرعة مرور المياه في الخزان بطيئة إلي الحد الذي يسمح بترسيب الجزء الأكبر من المواد الصلبة العالقة, وان تكون سعة خزان كافية حيث لا يقل عن 250لتر لكل شخص من سكان المبني شريطة الاتقل سعة الخزان التحليل عن 2متر مكعب.**

تبني خزانات التحليل مستطيلة الشكل حيث الطول يكون ضعف أو ثلاثة إضعاف العرض ويكون العمق ما بين 1.2- 1.5 متر وتكون السعة بحيث يبقي الماء فيها مدة تتراوح ما بين 12 إلي 48 ساعة ولا يزيد عن ذلك حتى لا تتعرض المواد العضوية الموجودة في الماء لهجمات عوامل التعفن والتحلل.

- **إن يكون دخول المياه إلي الأحواض وخروجها منها بطريقة تضمن عدم إثارة المواد التي تم ترسيبها, ويتم ذلك بعمل فتحات لدخول المياه وخروجه تحت سطح الأرض وبحيث مرتفعة عن مستوي المواد الراسبة بمسافة تكفي لمنع إثارة هذه المواد , كما يتم تجهيز المدخل و المخرج بحواجز (Baffles)مثبتة لمنع اختصار رحلة**

المياه ومرورها سطحيا من المدخل الي المخرج مباشرة وكذلك منع دخول المواد الدهنية الطافية علي سطح الماء الي المواسير الخارجة من الحوض بالاضافة الي عدم اثارة المواد التي سبق ترسيبها .

- **عند حساب سعة خزان التحليل يجب مراعاة ترك حيز كاف لتجميع الرواسب , عادة يكون هذا الحيز بعمق 30 سم , كما يفضل لن يميل قاع الحوض نحو المدخل اذ ان الجزء الاكبر من المواد الصلبة العالقة يرسب عند دخول الحوض مباشرة .**

- **تتميز أحواض (خزانات) التحليل باستمرار عملها دون الحاجة الي عناية خاصة وكذلك عدم الحاجة إلي التنظيف اكثر من مرة كل بضع سنوات اذ روعي في تصميمها القواعد الصحية للتصميم .**

- **المواد الصلبة التي ترسب في القاع ولا تتحول الي غاز او سائل فانها تكون سوداء عديمة الرائحة تصلح لتسميد الارض .**

- **الغاز الناتج من خزان التحليل هو غاز قابل للاشتعال ويتم صرفه بماسورة تهوية بجوار جدار الحوض فوق منسوب سطح الماء وتمتد تحت سطح الأرض إلي حائط قريب حيث تصعد مرتكزة علي الحائط مع ترك فوهتها مفتوحة للجو بعيدا عن نوافذ المباني مع حماية هذه الفوهة بواسطة شبكة من السلك أو المعدن.**

<u>القواعد التصميمية لخزان التحليل : -</u>

تبني خزانات التحليل في المناطق الريفية حيث التجمعات السكنية المتاخمة للمدن أو المنعزلة, وكذلك للمنشات مثل المدارس والمستشفيات حيث شبكات الصرف تحت سطح الأرض والمعالجة لمياه الصرف قد لا تكون اقتصادية أو مجدية وعندئذ تستخدم خزانات التحليل التي يتبعها الصرف تحت سطح الأرض في المناطق حيث التربة مسامية يكون استخدام هذه الطريقة مجدي. إما في حالة التربة الطفيلية والتربة الغير مسامية أو إن المساكن متجاورة بمسافات صغيرة عندئذ. تستخدم حفر توصيل بالتصميم المناسب عندما يكون من الضروري استخدام خزان التحليل. لا يتم صرف المياه المعالجة من خزان التحليل في المصارف نظرا لأنها تسبب مشاكل صحية و مضايقات من تجميع الهوام. وفي حالة توفر شبكة صرف صحي يمكن الصرف علي الشبكة.

يستخدم خزان التحليل حيث لا يزيد عدد المستخدمين عن 300فرد. للأداء المرضي لخزان التحليل يجب توفير الكمية المناسبة من المياه , كما ان المياه المحتوية علي كميات زائدة من المنظفات الصناعية و المبيدات يصعب معالجتها في خزانات التحليل بما ستوجب عدم دخولها الي خزان التحليل .

يجب دهان المباني من الداخل بالمونة الإسمنتية من الغنية بالاسمنت والتي قد يضاف لها بعض الكيماويات المانعة لنفاذة المياه وتكون الارضية الخرسانية بميل في اتجاه مخرج الحماة (2:1).

تدفق مياه الصرف الصحي في خزان التحليل يعتمد علي عدد المواسير المثبتة التي تقوم بالصرف في إن واحد .ولذلك فان بعض التجهيزات الصحية مثل الحمامات والمطابخ... الخ يتم تقييمها علي أساس وحدات مواسير للصرف كما في الجدول (3, 2.1)حيث وحدة المواسير للصرف هي التي تعادل الصرف بمعدل 10لتر في الدقيقة.

جدول(1/1)معدل الصرف لمصادر الصرف

نوع مصدر الصرف	وحدة التصرف المكافئة
مرحاض	1
حمام	0.5
مطبخ	0.5
ميولة	0.5
حوض غسيل	0.5
حنفية شرب	0.5
حوض حمام	2.00

جدول (2/1)تقدير أقصي تصرف للتجمعات الصغيرة

عدد المستخدمين	المكافي من عدد وصلات الصرف	أقصي صرف محتمل لتر في الدقيقة
5	1	10
10	2	20
15	3	20
20	4	30
25	5	40
30	6	40
35	7	50
40	8	60
45	9	60
50	10	70

حيث العدد المحتمل لوصلات الصرف التي تصرف في ان واحد هي :-

2=2,3 , 4=5,6 , 6=9 ,8

جدول (3/1)تقدير أقصي صرف للتجمعات السكنية

عدد المستخدمين	عدد المنازل	العدد المكافي من وصلات الصرف	أقصي تصرف علي أساس 60% صرف في وقت واحد لتر/ الدقيقة .
100	20	40	240
150	30	60	360
200	40	80	45
300	60	120	720

تفاصيل لانشاء لخزان التحليل :-

- خزان التحليل مستطيل الشكل من المنظور الافقي والطول يساوي تقريبا 2-4 العرض.
- عمق السائل للخزانات الصغيرة متر واحد وبالنسبة لخزانات التحليل الكبيرة قد يصل الي 1.8 متر .
- يوجد ارتفاع فوق سطح الماء 30-45سم لتثبيت المواسير وللخبث والغازات ..... الخ.
- ماسورة الدخول في شكل كوع او حرف Tمغمورة لعمق 15-25سم أسفل منسوب المياه بمسافة لأتقل عن 15 سم في حالة خزانات التحليل الكبيرة جدا يستخدم هدار للمخرج مثل الهدارات المستخدمة في أحواض الترسيب.
- في حالة الخزانات الصغيرة يكفي عائق واحد من النوع المعلق يوضع العائق عادة علي مسافة 20-30سم من ماسورة الدخول ويظل 15سم ,30سم اعلي وأسفل منسوب المياه . تستخدم عوائق الخروج بالنسبة لخزانات التحليل الكبيرة عند توافر هدار للمخرج.
- يكون الغطاء من الخرسانة المسلحة وتوجد فتحة دخول مغطاة بغطاء من حديد الزهر .
- تركب ماسورة تهوية بقطر 5-7سم وحتي قطر 10 سم من الاسبستوس او من حديد الزهر لصرف الغازات وتغطي نهايتها بغطاء معدني لمنع دخول الهوام والاتربة وبما يسمح بخروج الغازات

جدول (4/1) إبعاد خزانات التحليل طبقا للمواصفات القياسية (IS)

عدد المستخدمين	الطول L بالمتر	العرض B بالمتر	عمق Dعلي الاقل بالمتر	طاقة السائل اللازم توفيره بالمتر المكعب	ارتفاع الحائط فوق سطح السائل سم	الحماة اللازم تداولها بالمتر بالمكعب	فترات النظافة التي يوصي بها
5	1.5	0.75	1	1.12	30	0.18	6 شهور
			1	1.12	30	0.36	1عام
			1.05	1.18	30	0.72	2عام
10	2	0.9	1.0	1.8	30	0.36	6 شهور
			1.0	1.8	30	0.72	1عام
			1.4	1.52	30	1.44	2عام
15	2	0.9	1	1.8	30	0.54	6شهور
			1.3	2.34	30	1.08	1عام
			2.0	3.6	30	2.16	2عام
20	2.3	1.1	1	2.53	30	0.72	6 شهور
			1.3	3.3	30	1.44	1عام
			1.8	4.55	30	2.88	2عام
50	4	1.4	1	5.6	30	1.8	6شهور
			1.3	7.28	30	3.6	1عام
			2.0	11.2	30	7.2	2عام

يلزم توفير الفراغات الاتية في خزان التحليل:-

- **الصحي الداخله.**
- **تحلل او تخمير الحماة المرسبة .**
- **تخزين الحماة المرسبة حتى التخلص منها .**

- **لفراغ اللازم لاحتواء المياه الداخلية يكون عند درجة حرارة 25° م بمعدل 0.92متر مربع لكل 10 لتر في الدقيقة لاقصي تدفق مع الاحتفاظ بادني عمق للترسيب 25-30سم . كما يمكن حساب المعدل المتوسط للتدفق لكل فرد في اليوم حسب معدل الاستهلاك اليومي للفرد.**

- **الفراغ اللازم لتحلل او تخمر الحماة . يمكن تقدير هذا الفراغ ليكون بمعدل 0.0245متر مكعب للفرد وعند 25°م 0.032متر مكعب للفرد .**

الفراغ اللازم لتخزين الحماة التي تحللت :-

جدول(5/1)الحماة المتحللة الناتجة لكل فرد طبقا لفترات النظافة كالاتي :-

فترة التنظيف		طاقة التخزين	
6	اشهر	0.0283	متر مكعب
1	عام	0.049	متر مكعب
2	عام	0.0708	متر مكعب
3	عام	0.058	متر مكعب

ولمدة نظافة كل عام يمكن اخذ الفراغ لفرد ليكون 0.073 متر مكعب وهذا الفراغ اسفل منطقة الترسيب .

- **كما يجب ملاحظة وجود فراغ فوق سطح السائل بارتفاع لا يقل عن 30 سم بما يكفي لاحتواء عمق الخبث علي سطح السائل .**
- **كما قد يضاف احيانا فراغ بعمق 25-50سم للحماة المهضومة بغرض تنشيط الحماة .**

مثال:-

عندما تكون النظافة كل عام عند 25م لعدد 10 افراد تكون سعة خزان التحليل 2.15متر مكعب طبقا للحسابات التفصيلية الاتية :-

- **مساحة الاستقبال للمياه للترسيب = حيث اقصي تدفق 20 لتر في الدقيقة.**
- **المساحة المطلوبة = 0.92متر مكعب X20/10 = 1.84 لتر في الدقيقة .**
  - **لتوفير عمق 30 سم : الحجم = 1.84X3= 0.55 متر مكعب .**
  - **الفراغ اللازم للتحلل = 10X0.032= 0.32متر مكعب .**
  - **الفراغ لتخزين الحماة = 10X0.073= 0.73 متر مكعب.**
  - **الفراغ اللازم لتنشيط الحماة = 0.3X1.84= 0.55 متر مكهب .**

الاجمالي = 0.55+0.32+0.73+0.55= 2.15 متر مكهب .

خزان التحليل المصمم طبقا للقواعد السابقة يوفر زمن استبقاء (Detention period) 24-48 ساعة , وطبقا لمتوسط التدفق اليومي لمياه الصرف الصحي ولكن نظرا لان متوسط معدل التدفق اليومي يتغير كثيرا من منشا الي اخر لذلك فقد لا يوخذ في الاعتبار زمن الاستبقاء كقاعدة لتصميم خزان التحليل مثال ذلك : -

المثال:- لتصميم خزان تحليل لعدد 50شخص مع افتراض معدل تدفق المياه 60لتر للفرد في اليوم .

الحل : - بفرض زمن الاستبقاء 24 ساعة وزمن النظافة للحماة كل 3 سنوات عندئذ يكون : -

- **الفراغ اللازم للترسيب = 50X60 ÷1000=3 مترمكعب.**
- **الفراغ اللازم لتحلل الحماة = 0.0245X50= 2.125 متر مكعب .**
- **الفراغ اللازم لتجميع الحماة =0.085X50= 4.25متر مكعب .**

اجمالي الفراغ المطلوب = 3+0.125+ 4.25=9.375متر مكعب .

مع اضافة فراغ30سم فوق سطح السائل لتصبح ابعاد الخزان2X1.4x4متر.

المعالجة والتخلص من مياه الصرف الصحي المعالجة في خزان التحليل:-
رغم ان مياه الصرف الصحي يحدث بها معالجات في خزان التحلل الا ان هذه المياه غير امنه هذابالاضافة الي ان هذه المياه لا تزال محملة بالمواد العضوية المذابة والمواد الهلامية والمواد الصلبة العالقة التي لم ترسب لصغر حجمها كما ان رائحة المياه المنتجة تكون منفره اكثر من المياه الداخله .
تقدر كمية المواد الصلبة العالقة التي يحملها السائل عند خروجه من خزان التحليل بثلث المواد الصلبة التي كانت في المخلفات السائلة عند دخولها وهذا لا يعني ان خزان التحليل ليس له قيمة فالغرض منه هو اعداد مياه الصرف بما يمنع الانسداد عند استخدامها او نشرها او لاعدادها للمعالجة الثانوية هذا بالاضافة
الي ان التنقية النهائية للمياه يمكن ان تتم بالتسرب خلال التربة حيث يمكن قتل الكائنات الممرضة والتخلص منها عادة يتم المعالجة للمياه الخارجة من خزانات التحليل الكبيرة معالجة ثانوية خلال المرشحات البيولوجية .اما المياه الخارجة من خزان التحليل الصغير فانه لا يتم لها أي معالجة قبل صرفها

<u>المياه المعالجة في خزانات التحليل يتم التخلص منها باحد الطرق الاتية :-</u>

<u>1- الري السطحي:-</u>
في هذه الطريقة يستعمل السائل الخارج من احواض التحليل في ري مساحات من الاراضي الزراعية او الرملية المجاورة لخزان التحليل ويفضل لنجاح هذه الطريقة الارض المسامية , حيث تقدر المساحة المطلوبة بفدان لكل 30-100 شخص يمكن زراعةجميع انواع الزراعات بمياه احواض التحليل عدا الزراعات التي تنمو ثمارها تحت سطح الارض (مثل البطاطس,البطاطة . الجزر . الفول السوداني)او التي تتدلي ثمارها قريبا من سطح الارض مثل الطماطم والباذنجان والكرنب والقرنبيط والعنب .

لذا يخشي علي مثل هذه الثمار من التلوث بالميكروبات التي توجد في المخلفات السائلة اما الزراعات التي تكون ثمارها بعيدة عن سطح الارض مثل الحبوب فلا خطر من تلوثها كما يفضل استعمالها لري الاشجار الخشبية عموما وكذلك الزراعات التي لا توكل طازجة.

<u>نظرية المعالجة عند التخلص بالري السطحي:-</u>

تعتمد المعالجة عند التخلص بالري السطحي علي اداء البكتريا الهوائية التي توجد في التربة والتي تعمل علي اكسدة المواد العضوية الموجودة في المخلفات السائلة أي تحولها الي مواد غير عضوية باستخدام الاكسجين التي يتخلل مسام التربة . لذلك يجب ملاحظة المحافظة علي مسامية التربة وعدم انسدادها ولذلك تقسم الارض الي ثلاثة اجزاء او اكثر تروي يوما بعد يوما لتاخذ كل قطعة فترة راحة يتخلل فيها اكسجين الهواء الجوي مسام التربة وقد يتم اللجوء الي حرث الارض وتهويتها .

<u>2- الري تحت سطح الارض (Sub surface Irrigation):-</u>

في هذه الطريقة يصرف السائل الخارج من خزان التحليل في الارض علي عمق صغير يتراوح ما بين 50, 70 سنتميتر وذلك بواسطة خط او اكثر من المواسير المفتوحة الوصلات وهذه الطريقة تمتاز بانها لا تحتاج الي عناية كبيرة كما انها تكون اقرب الي النجاح كلما كانت الارض مسامية مفككة وكذلك كلما كانت المواسير علي اعماق صغيرة من سطح الارض حيث تنشط البكتريا الهوائية .

ويصنع الجزء الأول من الماسورة الخارجة من خزان التحليل بطول حوالي 1.5متر وتكون من الفخار المزجج بلحا مات من المونة الأسمنتية والرملثم تبدا بعد ذلك مواسير التوزيع التي تقوم بتصريف السائل في مسام التربة

وهذه تكون قصيرة حيث يكون طولها حوالي 30سم وتصنع من الفخار العادي غير المطلي (غير مزجج)وبلا رءوس وتوضع بحيث تكون المسافة بينها حوالي 1.5سم حتي يمكن ان تتسرب منها المياه الي جوف الارض .

تصنع مواسير التوزيع في خنادق منحدرة انحداراً خفيفا تتراوح ما بين 1:300او 1:500عمق الخندق حوالي 50 سم ثم يملا الخندق حولها وبارتفاع بضعة سنتميترات فوق سطحها العلوي بكسر الطوب او الحجر او الزلط بمايساعد علي تسرب المياه منها الي التربة المجاورة كما انه تغطيه النصف العلوي من الفتحة الموجودة بين كل ماسورتين بقطعة من الخيش المقطرن وذلك لمنع وصول الاتربة داخل مواسير التوزيع وانسدادها.

ويختلف نظام تخطيط المواسير داخل الارض حسب طبيعة الارض نفسها ففي الارض المنبسطة توضع في خط مستقيم او في خطوط مستقيمة علي الا يزيد طول كل خط عن 30 متر ويحتاج الامر في هذه الحالة الي صندوق توزيع تخرج منه الفرعات المختلفة كذلك يمكن مد خط مواسير محكم الوصلات من خزان التحليل ليتفرع منه خطوط المواسير المفتوحة حيث تتسرب السوائل خلال فتحاتها

في حالة الاراضي المنحدرة او الجبلية فتتبع المواسير خطوط الكنتور وقد يحتاج الامر في هذه الحالة الي اكثر من صندوق واحد علي ان تكون المواسير الموصلة بين صناديق التوزيع مصمته أي لا يتسرب منها الماء.

<u>حساب اطوال المواسير:-</u>

يختلف طول مواسير التوزيع ا للازمةلتصريف المياه الخارجة من خزان التحليل باختلاف طبيعة الارض ودرجة مساميتها حيث يتراوح الطول ما بين 5متر في الارض المسامية الي 10متر في الاراضي الزراعية ذات التربة المتماسكة وذلك لكل 100لتر من سعة خزان التحليل وهناك طريقة دقيقة لحساب الطول المطلوب للمواسير كالاتي:-
يتم حفر حفرة مساحتها 30سم X30سم الي العمق الذي ستوضع فيه المواسير ثم تملا بالماء بعمق 15 سم ثم يلاحظ الزمن اللازم لتسرب هذا الماء في الحفرة يعاد هذا العمل في عدة اماكن ويوجد المتوسط وباستعمال الجدول الاتي يمكن ايجاد المساحة اللازمة لتسرب الماء بقسمة المساحة علي عرض الخندق وهو حوالي 50 سم امكن حساب طول المواسير .

جدول (11/1)ايجاد المساحة لتسرب الماء:-

الزمن اللازم لتسرب الماء داخل الحفرة		المساحة السطحية لكل شخص	
12	دقيقة	2.5	مترمربع
18	دقيقة او اقل	3	مترمربع
24	دقيقة او اقل	3.6	مترمربع
35	دقيقة او اقل	4	مترمربع
60	دقيقةاو اقل	5.2	مترمربع
75	دقيقةاو اقل	6.3	مترمربع
180	دقيقةاو اقل	9	مترمربع
360	دقيقة او اقل	13	مترمربع

ولا يجوز استعمال مساحة اقل من 15 متر أي خندق طوله 30 متروعرضه نصف متر مهما كان عدد السكان.

كما انه في حالة زيادة الوقت اللازم لتسرب الماء داخل الحفرة عن 360 دقيقة دل ذلك علي صعوبة استخدام هذه الطريقة لتصريف المياه الخارجة من خزان التحليل كما ان الفروع المتوازية من المواسير يجب ان توضع علي مسافات لا تقل عن مترين ويفضل ان تزيد .

وضع المواسير فى الاراضى المتماسكة ضعيفة المسامية :-
في الأراضي المتماسكة حيث يصعب تسرب المياه منها تحفر الخنادق بعرض 60 سم وبعمق 120 سم وتوضع في قاعها مواسير الصرف من الفخار بقطر 4 وتسند بكسر الحجارة او الطوب ثم يملا الخندق بالرمل الخشن او الزلط الرفيع بارتفاع 75سم ثم توضع انابيب التوزيع التي تغطي بالزلط الخشن بارتفاع 30 سم ثم طبقة الزلط ثم يكمل ردم الخندق بالاتربة .

يشترط في هذه الطريقة ان توصل الانابيب السفلية بمصرف وفائدة الخندق المملوء بالزلط هي اتاحة الفرصة لنشاط البكتريا الهوائية التي تعمل علي اكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي بما يمكن من التخلص من هذه المياه في مصرف مائي قريب – وقد يتم الاستغناء عن المواسير السفلية بعمل مجاري من الدبش او الطوب .

اجهزة تنظيم المياه الخارجة من خزان التحليل :-

اجهزة تنظيم توزيع المياه الباردة من سيفونات اوتوماتيكية داخل غرف صغيرة تلحق بخزان التحليل حيث تخرج المياه من خزان التحليل اليها عند وصول منسوب الماء فيها الي حد معين تقذف بمحتوياتها دفعة واحدة الي انابيب التوزيع وفائدة هذه الاجهزة توزيع الماء بانتظام علي طول خط الانابيب اذ يدونها ستلقي الجزء الاول من الانابيب (القريب من خزان التحليل) كمية مياه من خزان التحليل اكثر من الجزء الاخير وكذلك اعطاء مواسير التوزيع فترة راحة ليتم فيها تسرب ما تم قذفه من ماء وتهوية مسام التربة بعدها اثناء الفترة التي يمتليء فيها جهاز التنظيم .
لا يحتاج خزانات التحليل الصغيرة اجهزة تنظيم لتوزيع المياه الخارجة منها اما الخزانات الكبيرة فيفضل الحاق مثل هذه الاجهزة بها نظرا لطول انابيب التوزيع حيث يخشي عدم وصول المياه الخارجة منها بكميات قليلة ومتقطعة الي الاجزاء البعيدة وتتسرب كل المياه من الاجزاء القريبة فيودي ذلك الي تحميل الاجزاء القريبة من الخزان اكثر من طاقتها وينتهي الامر بامتلاء مسامها بالمواد الصلبة وتلوثها.

امتصاص مياه الصرف بواسطة التربة:-
يتم امتصاص مياه الصرف بواسطة التربة باحد الطرق الاتية :-

1- حفرة التسرب(Soakage pit):-
وهذه الحفرة دائرية بقطر أكثر من متر واحد وبعمق واحد اسفل ماسورة الدخول , تبني هذه الحفر من الطوب الجاف او الأحجار وتملا بكسر الطوب او الزلط الحرش بقطر اكبر من 7.5سم في حالة الحفر الكبيرة يكون الجزء العلوي اقل في الأبعاد وذلك لتقليل مساحة الغطاء من الخرسانة المسلحة .

2- بيارةالتسرب للمياه الخارجة من خزان التحليل:-
تستخدم هذه الحفرة لتصريف المياه الخارجة من خزان التحليل في التربة المحيطة يكون قاع الحفرة مانع لنفاذ المياه حيث يتم حجز مياه الصرف والحماة المترسبة بينما يكون الجزء العلوي مزود بوصلات مفتوحة حيث تخرج منها المياه الي التربة المحيطة . تكون الوصلات المفتوحة محاطة بطبقة من الزلط الفابر سمك 4-5 سم ويكون سمك هذه الطبقة 15 سم وتحاط هذه الطبقة الزلطية من الخارج بطبقة من الرمل الخشن بسمك 30 سم وذلك لحسن توزيع المياه في التربة المحيطة .

3- خندق التوزيع:-
خندق التوزيع يشبه الي حد كبير نظام الري تحت سطح الارض تكون خنادق التوزيع بعمق من 50-100سم وبعرض من 30- 100سم ويكون الحفر بميل بسيط – يملا الخندق مواسير بالزلط المغسول بقطر 15-25سم
او بكسر الاحجار توضع في اسفل الخندق مواسير من الفخار الغير متصلة او مواسير خرسانية غير متصلة لا يزيد القطر الداخلي لهذه المواسير عن 75-100ملميتر .

كل خندق توزيع لا يزيد طوله عن 30سم متر يكون الفاصل بين خنادق التوزيع اكبر من 1.8متر تغطي المواسير بالزلط الفاير بسمك 15سم فوقه طبقة منالزلط المدرج حتي منسوب 15 سم فوق سطح الارض .

تزداد كفاءة خنادق الترشيح بالبعد عن ظلال الاشجار والنباتات و الاعشاب :-

الجدول (12/1)يوضح مساحة التسرب لخنادق التسرب في مختلف انواع التربة : -

نوع التربة	حالة الامتصاص للتربة	معدل امتصاص مياه الصرف م3/م2/اليوم	مساحة الامتصاص من الخندق لضغط 45 لتر للفرد في اليوم بالمتر المربع	طول خندق التسرب بعرض 50 سم بالمتر لكل فرد .
طفيلية متوسطة	شبه صماء	0.02الي 0.03	1.45- 2.02	0.04الي 2.92
طفيلية مندمجة	صماء	اقل من 0.023	اكثر من 2.0	اكثر من 4.05
طفيلية رملية	ضعيفة	0.03الي 0.07	0.65الي 1.45	0.65الي 2.9
رمال رفيعة	متوسطة	0.07الي0.14	صفر الي 0.05	0.65الي 1.35
رمال حرشة	جيدة	0.14الي 0.15	0.3الي 0.33	0.65الي 0.66

<u>انتاج البيوجاز من مخلفات الحيوانات والماشية :-</u>

معظم سكان القرى تستفيد من روث البهائم في تجفيفه واستخدامه كوقود ولكن يصعب تنفيذ ذلك أحيانا في فصل الشتاء. في كثير من الحالات يستفاد بهذه المخلفات في إنتاج السماد الطبيعي (Manures)
وفي حالات أخري يستفاد بهذه المخلفات في إنتاج الغاز (البيوجاز).

يتم تغذية الجهاز من مياه الصرف الصحي الخارجة من المراحيض او من بيارة التجميع مباشرة من خلال خط مواسير الي غرفة التحلل (التخمير)بالنسبة لمخلفات روث البهائم يضاف الماء لتكوين مستحلب بتركيز (10%)حيث يتم تغذية غرفة التحلل خلال ماسورة دخول الغاز الذي يتجمع في القبة الاسطوانية في اعلي الجهاز حيث يتم سحبه من خلال ماسورة سحب الغاز للاستخدام في المطابخ او أي استخدامات اخري .

تختلف خصائص مخلفات الصرف الصحي عن مخلفات روث البهائم كما في الجدول (12/1)في حالة وجود 4-5 قطعة ماشية يمكن استخدام الجهاز لإنتاج الغاز اللازم للاستخدام المنزلي بالإضافة إلي الحصول علي نوعية جيدة من السماد الطبيعي .

جدول (12/1)مقارنة لخواص الحماة الآدمية وروث البهائم :-

الخواص	روث البهائم %	الحماة الآدمية
مواد الرطوبة	25-18	15-11
نسبة الرطوبة	90-85	83-75
النيتروجين (N)	1.8-1.4	5-3
الفوسفور(p_2o_5)	2-1	4.5-2.5
البوتاسيوم (K_2o)	1.2-0.8	2.0-0.7

نسبة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في الحماة الآدمية والروث هي نفس النسبة في المادة الخام .

الفصل الثاني

خصائص مياه الصرف الصحى ونوعية المياه المعالجة:

1- مقدمة :-

في كثير من الدول حيث تزداد ندرة المياه وخاصة في المناطق الجافة وسبه الجافة لجا المخططون لائ مصدر للمياه الذي يمكن استغلاله بطريقة اقتصادية وموثرة لتحقيق التنمية وفي نفس الوقت مع الزيادة في عدد السكان بما يتطلب زيادة في الحاصلات الغذائية وإمكانية الري لرفع الانتاجية الزراعية . ومستوي المعيشة للمجتمع الريفي اصبح معروفا . الزراعة المروية تشغل 17%من الارض المزروعة في العالم ولكن انتاجية هذه الاراضي تمثل 34%من الانتاج العالمي . وهذا واضح في المناطق الجافة مثل منطقة الشرق الادني من حيث 30%من الارض المزروعة تكون مروية ولكنها نتج 75%من اجمالي الانتاج الزراعي
في هذه المنطقة يتم استيراد اكثر من 50%من الغذاء ومعدل الزيادة في احتياجات الغذاء تفوق معدل الزيادة في الانتاج الزراعي .

عندما تكون المياه ذات النوعية الجيدة نادرة او ليست بالقدر الكافي , عندئذ يوخذ في الاعتبار استخدام المياه ذات النوعية الحدية في الزراعة (Marginal Quality)أي ما انفق عليها يساوي انتاجيتها .

ولكن لا يوجد تعريف عام للمياه ذات النوعية الحدية ولكنه من الناحية العلمية يمكن ان يعرف بانه الماء الذي له خصائص مسببة للمشاكل عند الاستخدام في غرض معين . فمثلا المياه المملحة او ما تسمي بالمياه الخمضاء (Brakish Water) تعتبر مياه ذات نوعيه حدية في الاستخدام في الزراعة يسبب الاملاح المذابة العالية ومياه الصرف الصحي هي مياه ذات نوعية حدية بسبب ما يتعلق بها من مخاطر علي الصحة العامة من وجهة نظر الري باستخدام المياه ذات النوعية الحدية فانه يتطلب ادارة معقدة ومتابعة قوية عن حالة استخدام المياة الجيدة .

في هذه الدراسة نستعرض استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة ونعني به مياه الصرف المنزلي والذي قد يحتوي نسبة من مياه الصرف الصناعي التي يلقي بها في شبكات الصرف الصحي . ان التخطيط الجيد لاستخدام مياه الصرف الصحي يخفف من مشاكل تلوث المياه السطحية ولا يحافظ فقط علي الموارد المائية الجيدة ولكن يفيد في استغلال مياه الصرف الصحي لنمو المحاصيل . المحتوي من الاسمدة نيتروجين والفوسفور في مياه الصرف الصحي قد يقلل او يلغي الحاجة الي الأسمدة التجارية

من المهم الاخذ في الاعتبار اعادة استخدام المياه المعالجة في نفس الوقت عند التخطيط للتجميع والمعالجة والتخلص من مياه الصرف الصحي وذلك لتعظيم الاستفادة من النقل والمعالجة . حيث ان تقنيات المعالجة للصرف علي المسطحات المائية قد لا تكون مناسبة لاستخدام هذه المياه المعالجة في الزراعة .

كثير من الدول تضمنت إعادة استخدام مياه الصرف ضمن خطط استغلال الموارد المائية في الولايات واستراليا استغلت استخدام مياه الصرف في زراعة المساحات الصحراوية . في الصين يزرع حتي الان حوالي 1.33 مليون هكتار(3.17مليون فدان) باستخدام مياه الصرف الصحي المعالج وتحققت نجاحات في هذا المجال .

لقد اصبح استخدام مياه الصرف في الزراعة مقبولا من الناحية الزراعية والاقتصادية ولكن يلزم الحرص من الاثار البيئية والصحية الضارة . وستوضح في المثال التالي الفوائد من الناحية الاقتصادية وكذلك من وجهة نظر الهندسة الزراعية (AGRONOMIC)في الري .

المثال:-
مدينة تعدادها نصف مليون نسمة , استهلاك الفرد اليومي من المياه 100 لتر حوالي 42.500متر مكعب في اليوم (15 مليون متر مكعب في العام) في حالة استخدام مياه الصرف المعالج بحرص في الري بمعدل 5000متر مكعب للهكتار في العام (2100متر مكعب للفدان في العام) يمكن ري مساحة 3000هكتار (1260فدان) بالاضافة الي العائد

الاقتصادي للمياه فان القيمة السمادية لها اهمية بالنسبة لمتوسط التركيز من عناصر الغذاء للنبات في مياه الصرف المعالج بالطرق التقليدية هي :-

النيتروجين (N)¯ 50 ملجرام / لتر
الفوسفور (P)¯ 10 ملجرام / لتر .
البوتاسيوم(K)¯ 30 ملجرام .

وبفرض معدل استخدام المياه 5000متر مكعب للهكتار في العام (2100مترمكعب للفدان في العام)فان الاسهامات السمادية لمياه الصرف المعالج ستكون .
النيتروجين (N)¯ 250 كجم/ هكتار في العام (105كيلو جرام / للفدان في العام).
الفوسفور (P)¯ 50 كجم/ هكتار في العام (21كيلو جرام / للفدان في العام).
البوتاسيوم(K)¯ 150 كجم/ هكتار في العام (12.6كيلو جرام / للفدان في العام).

<u>خصائص مياه الصرف الصحي:-</u>
مياه الصرف الصحي تتكون اساساً من 99.9%ماء مع تركيزات صغيرة نسبيا%من المواد الصلبة العضوية ,الغير عضوية العالقة والمذابة . من بين المواد العضوية الموجودة في مياه المجاري الشحوم , الكربوهيدرات , اللجنين والصابون, والمنظفات الصناعية والبروتينات ونواتج التحلل لهذه المواد بالاضافة الي المواد العضوية المخلقة من العمليات الصناعية .

الجدول (2/1) يوضح تركيز معظم المكونات في مياه الصرف الصحي ما بين العالي والمتوسط والضعيف. في البلاد الجافة وشبه الجافة يكون استخدام المياه منخفض الي حد ما بما يجعل مياه الصرف ذات تركيز عالي كما في الجدول (2/2) بالنسبة لعمان في الاردن حيث معدل استهلاك المياه 90لتر في اليوم للفرد .

تحتوي مياه الصرف الصحي كذلك بعض المواد الغير عضوية من مصادر صناعية او منزلية كما في حالة الإسكندرية والجيزة (جدول 2/3)وهذه تشمل عناصر سامة مثل الزرنيخ والكادميوم والكروم والنحاس , الرصاص , الزئبق, الزنك...الخ. حتي وان كانت هذه المواد السامة ليست بالتركيز الموثر علي صحة الانسان . فانه يمكن ان تكون علي المستوي الذي يسبب سمية للنبات (photo toxic – levels) بما يحد من استخدام هذه المياه في الزراعة .

ولكن من الناحية الصحية فان الملوثات التي يعطي لها اهتمام خاص عند استخدام مياه الصرف في الزراعة هي الكائنات الحية الدقيقة المسببة للامراض (Pathogens)وهذه تشمل الفيروسات والبكتيريا , البروتوزوا,, الديدان في مياه الصرف الصحي بالنسبة الموضحة في الجدول رقم (2/4)والتي تعيش في هذه البيئة لمدة طويلة كما هو موضح في الجدول (2/5) البكتيريا الممرضة (pathogenis Bacteria)تكون موجودة في مياه الصرف بنسب اقل كثيرا من بكتيريا الكوليفورم والتي يكون من السهل التعرف عليها وعدها مقيمة باكلوليفورم الكلي لكل 100سم3 من مياه الصرف والشريجية القولونية (Escherichia Coli)هي اكثر الموشرات المستخدمة بالنسبة للتلوث الغائطي ويمكن كذلك عزلها والتعرف عليها بسهولة حيث يتم العد في شكل الكليفروم الغائطي (Faecal Coliform)لكل 100 سم 3 من مياه الصرف .

جدول (2/1)المكونات الرئيسية لمياه الصرف الصحي

المكونات	المكونات ملجرام /لتر		
	عالي	متوسط	منخفض
الاملاح الكلية	1200	700	350
الاملاح الكلية المذابة	850	500	250
المواد الصلبة العالقة	350	200	100
النيتروجين (N)	85	40	20
الفوسفور (P)	20	10	6
الكلوريد	100	50	30
القلوية ($as\ CaCo_3$)	200	100	50
الشحوم	150	100	50
كمية BOD_5	300	200	100

Biochemical oxygen Demand(BOD_5): هو الاكسجين اللازم للتحلل البيولوجي للمواد العضوية عند درجة حرارة 20°م خلال خمسة ايام ويعتبر قياس للمواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي (Bio degradable) في مياه الصرف الصحي .

جدول (2/2)متوسط يحتوي مياه الصرف الصحي في مدينة عمان بالاردن : -

المكونات	التركيز ملجرام / لتر	المكونات	التركيز ملجرام/لتر
المواد صلبة مذابة	1170	كبريتات($as\ So_4$)	90
المواد صلبة العالقة	900	(BOD_5	770
نيتروجين (N)	150	COD	1830
الفوسفور (P)	25	TOC	230

القلوية ($as\ CaCo_3$)	850	□ CODهو المطالب من الاوكسجين الكيميائي. □ TOC هو اجمالي الكربون العضوي .

جدول (2/3) المكونات الكيميائية لمياه الصرف الصحي في الاسكندرية والجيزة :-

المكونات		الاسكندرية		الجيزة	
		الوحدات	التركيز	الوحدات	التركيز
الـــــــــــرقم الهيدروجيني	pH				
	SAR		9.3		2.8
ايون الصوديوم	Na^+	مليمكافيء/لتر	24.6	ملجرام/لتر	205
ايون الكالسيوم	Ca^+	مليمكافيء/لتر	1.5	ملجرام/لتر	128
المغنسيوم	Mg	مليمكافيء/لتر	3.2	ملجرام/لتر	96
بوتاسيوم	K^+	مليمكافيء/لتر	1.8	ملجرام/لتر	35
كلوريد	Cl^-	مليمكافيء/لتر	62	ملجرام/لتر	320
كبريتات	SO_4^{2+}	مليمكافيء/لتر	35	ملجرام/لتر	138
كربونات	CO_3	مليمكافيء/لتر	1.1		
بيكربونات	HCO_3	مليمكافيء/لتر	6.6		
امونيا	NH_4	ملجرام/لتر	2.5		
نترات	NO_3	ملجرام/لتر	10.1		
فوسفور	P	ملجرام/لتر	8.5		
منجنيز	Mn	ملجرام/لتر	0.2	ملجرام/لتر	0.7
نحاس	cu	ملجرام/لتر	1.1	ملجرام/لتر	0.4
زنك	Zn	ملجرام/لتر	0.8	ملجرام/لتر	1.4

جدول (2/4) المستويات المحتملة للكائنات الممرضة في مياه الصرف الصحي : -

نوع الكائنات الحية الدقيقة	التركيز المحتمل في اللتر في مياه الصرف الصحي
فيروسات	5000
بكتيريا- أي- كولاي	؟
سلمونيلا	7000
يشجيلا	1000
البروتوزوا (انتاميبا هستوليتكا)	4500
ديدان (الاسكارس)	600
تينيا	10
انواع اخري	152

جدول (2/5) زمن البقاء للكائنات الممرضة :-

نوع الكائنات الممرضة	زمن البقاء باليوم			
	في السماد من المخلفات الادمية والحماة	في المياه العذبة ومياه الصرف	في التربة	علي المحاصيل
*الفيروسات	100-20	120-50	100-20	60-15
*البكتيريا				
الكولينروم الغائطي				
سلامونيلا	90-50	60-30	70-20	30-15
شيجيلا	60-30	60-30	70-20	30-15
فيبرو كوليرا	30-5	30-10	------	10-5
*البروتوزوا	30-15	30-15	200-10	10-2
حويصيلات انتاميبا هستوليتكيا	30-15	30-15	20-10	10-2
*الديدان	شهور	شهور	شهور	60-30
بيضات الاسكارس	كثيرة	كثيرة	كثيرة	

2- المعايير الهامة لنوعية مياه الصرف فى الاستخدام الزراعى :-

المعاييرذات التاثير علي صحة الصحة العامة :

توجد الكيماويات العضوية عادة في مياه الصرف الصحي بتركيزات قليلة جدا والاثر الصحي لهذه الملوثات يتمثل في حالة اختلاطها بمياه الشرب مع عدم الوعي الكامل لعمال الزراعة بهذه المخاطر . اما الاثر الصحي الرئيسي المتعلق بالمكونات الكيميائية في مياه الصرف يكون نتيجة تلوث المحاصيل او تلوث المياه الجوفية بالملوثات من

معادن الثقيلة التي تتراكم وتسبب سمية وامراض مزمنة والكيماويات العضوية المسرطنة . بالنسبة لاحتمالات تراكم عناصر سامة معينة في النبات (مثل الكادميوم والسلينيوم) فان المدخلات من هذه العناصر نتيجة تناول المحاصيل التي رويت بمياه الصرف يجب تقييمها بحرص شديد.
بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة المسببة للامراض المعدية فقد ثبت وجودها في مياه الصرف الصحي الخام الغير معالج والذي تروي به الخضروات التي توكل طازجة ومن الامراض الكوليرا , الدوسنتاريا,والتينيا, والالتهاب الكبدي.... الخ. وذلك في حالة وجود افرازات للحاملين لهذه الامراض في مياه الصرف الصحي .
تعتبر نوعية مياه الري ذات اهميةخاصة في المناطق الجافةحيث يوجد فرق كبير في درجات الحرارة وانخفاض نسبي في الرطوبة بما يسبب معدل عالي للبخر والذي ينتج عنه ترسيب للأملاح التي تتراكم في التربة . الخواص الطبيعية والميكانيكية للتربة مثل تفكك الحبيبات , مكونات التربة ,ثبات التربة الركامية وكذلك النفاذية تعتبر حساسة جدا لطبيعة ونوع الايونات في مياه الري التي يمكن ان يحدث لها تبادل مع ايونات الاملاح في التربة . لذلك عند التخطيط لاستخدام مياه الصرف المعالج يلزم الاخذ في الاعتبار عدة عوامل خاصة بنوع التربة .

عامل اخر له علاقة بالزراعة وهو تاثير الاملاح الكلية المذابة في مياه الصرف عند استخدامها في الري علي نمو النباتات . الاملاح المذابة تزيد من الطاقة الاسموزية لمياه التربة وزيادة الضغط الاسموزي في محلول التربةيزيد من الطاقة التي يبعثها النبات لاخذ الماء من التربة. نتيجة لذلك يزداد التنفس وينخفض نمو وانتاجية معظم النباتات مع زيادة الضغط الاسموزي هذا بالاضافة الي حساسية بعض النباتات للسمية لوجود ايونات معينة.

كثير من الايونات التي لا تضر بل قد تكون مفيدة عند تركيزات قليلة قد تكون سامة للنبات عند التركيز العالي وذلك اما خلال التدخل المباشر خلال عمليات التغيرات الكيميائية في الخلايا الحية لتعويض الفاقد(Metabolism)او من خلال التاثيرات الغير مباشرة علي الغذاء الذي قد يصبح غير ممكن امتصاصه بواسطة النبات .
في تقرير نمو زراعة الارز بالمياه الملوثة (Morishita 1985)بالمواد النيتروجينية اظهر عدم نضج النبات مع زيادة التعرض للافات والامراض الزراعية . وكذلك افاد التقرير ان التربة الغير ملوثة المحتوية علي 0.4الي0.5 جزء في المليون من الكادميوم تنتج ارزبة 0.08جزء في المليون كادميوم لديها القدرة علي انتاج ارز شعير عالي التلوث بنسبة 1.0جزء في المليون من الكادميوم .

2.1جزء في المليون كادميوم لديها القدرة علي انتاج ارز شعير عالي التلوث بنسبة 1.0جزء في المليون من الكادميوم .

المعايير الهامة لمياه الري تشمل عدداًمن الصفات المعينة للماء ذات العلاقة بالانتاجية ونوع المحاصيل والمحافظة علي انتاجية التربة مع الحفاظ علي البيئة الجدول (2/6)يوضح بيان الخصائص الكيميائية الهامة المستخدمة في تقييم نوعية المياء في الزراعة .

جدول (2/6) الخواص الكيميائية والطبيعية الهامة لتقييم نوعية المياه في الزراعة

الخاصية	الوحدات	الرمز
الطبيعة		
الأملاح الكلية المذابة	ملجرام/ لتر	TDS
درجةالحرارة	درجة مئوية	T C
اللون/ العكارة	NTV(وحدة نيفيلومتري) او JTV(وحدة جاكسون) للعكارة	NTV/JTV
العسر	مليجرام مكافيء كربونات الكالسيوم	M g equivalent L/$CaCo_3$
الرواسب	جرام/ لتر .	gram/L
الكيميائية		
الحموضة/ القلوية	الرقم الهيدروجيني	Ph Value
الكالسيوم	المكافيءبالميجرام/ لتر .	Ca_{++}
المغنسيوم	المكافيءبالميجرام/ لتر	Mg^{++}
الصوديوم	المكافيءبالميجرام/ لتر	Na^{+}
الكربونات	المكافيءبالميجرام/ لتر	Co_3
البيكربونات	المكافيءبالميجرام/ لتر	Hco_3
الكلوريد	المكافيءبالميجرام/ لتر	Cl^{-}
الكبريتات	المكافيءبالميجرام/ لتر	$SO4^{=}$
نسبة امتصاص الصوديوم	SAR	Soduim Adsorbtion Ratio
البورون	ملجرام/لتر	B
اثار للعناصر المعدنية	ملجرام/لتر	
معادن ثقيلة	ملجرام/لتر	
النترات- نيتروجين	ملجرام/لتر	No_3 -N
الفوسفات- الفوسفور	ملجرام/لتر	PO_4 - P
البوتاسيوم	ملجرام/لتر	K
التوصيل الكهربي	ملجرام/لتر ds/ m	EC_W

*(m/ds)= decisiemens/meter مكافي لـ 1 /cm mmoh.

*ملجرام/لتر= جزء في المليون = ECx 640 بوحدات m/ds.

*لتحويل المكافي بالميجرام/ لتر الي ملجرام /لتر او جزء في المليون الجدول رقم (7).

ا- التركيز الكلي للاملاح المذابة:-

الاملاح الكلية المذابة هي من اهم معايير مياه الري . ذلك ان ملوحة مياه التربة تتحدد طبقا لملوحة مياه الري

.لذلك فان نمو النبات والانتاج المحصولي ونوعية المحاصيل تتاثر بالاملاح الكلية المذابةفي مياه الري . كذلك معدل تراكم الاملاح في التربة او ملوحة التربة تتاثر بملوحة مياه الري . يعبر عن التركيز الكلي للاملاح بالميلجرام في اللتر او بالجزء في المليون .

2- التوصيل الكهربي:-
يستخدم التوصيل الكهربي لمعرفة المكونات الايونية في الماء وهي تعتبر طريقة مناسبة وسريعة . يزداد التوصيل الكهربي للمحلول بنسبة 2%لكل زيادة في درجة الحرارة . الرمزEC_W يستخدم لمعرفة التوصيل الكهربي لمياه الري والرمز EC_S للتوصيل الكهربي لمحلول التربة المشبعة . وحدات التوصيل الكهربي هي (ds/m).

3- نسبة ادمصاص الصوديوم(Soduim Adsorbtion Ratio SAR):-
الصوديوم هو الكاتيون الوحيد الذي يوثر علي التربةفعند وجوده في التربة في الشكل الذي يسمح بالتبادل فانه يسبب تغيرات كيميائية – طبيعية في التربة وخاصة بالنسبة لتماسك التربة حيث ان القدرة لتشتت التربة عند وجوده بنسبة معينة لها علاقة بالاملاح المذابة .

تشتت التربة ينتج عنه انخفاض معدل الترشيح و التسرب للمياه والهواء في التربة. وعند الجفاف فان التربةالمشتتة تشكل قشور يصعب حرثها (hard to till)وتتداخل مع الانبات وظهور البذور . مياه الري يمكن ان تكون مصدر لزيادة الصوديوم في محلول التربة وبذلك يتم تقييمه نظرا لمخاطرة . المخطط الذي يعتمد عليه بالنسبة لمخاطر الصوديوم في مياه الري هو نسبة امتصاص الصوديوم
(Soduim Adsorbtion Ratio - SAR) وهو يعرف بالمعادلة التالية :-

حيث التركيز الايوني يعبر عنه بالملميكافي /لتر .

د- الايونات السامة :-
مياه الري المحتوية علي ايونات معينة بتركيز اعلي عن حد معين يمكن ان يسبب مشاكل سمية للنبات والتي يترتب عليها ضعف نمو النبات وضعف الانتاجية للمحصول وتغير في شكل النبات وحتي موته . وتتوقف درجة التلف علي المحصول , مراحل نموه ,تركيز الايونات السامة , الظروف المناخية وظروف التربة . اكثر الايونات سمية للنبات التي قد تكون موجودة في مياه الصرف الخام او المعالج في تركيزات مسببة للسمية هي البورون (B),الكلور (Cl^-) والصوديوم (Na^+) ,ولذلك فان تركيز هذه الايونات يلزم تعيينه لتقييم مناسبة نوعية مياه الصرف للاستخدام في الزراعة .

هـــ العناصر ذات التركيز المنخفض جداً(Trace Elements) والعناصر الثقيلة (Heavy Metals):-
يوجد عدد من العناصر عادة بتركيزات منخفضة نسبيا اقل من عدة ملجرامات في اللتر في مياه الري العادية وهي تسمي (Trace Elements). هذه العناصر لا تشملها التحاليل الروتينية لمياه الري , ولكن يلزم الاهتمام بهذه العناصر عند استخدام مياه الصرف وخاصة عند احتمال التلوث بمياه الصرف الصناعي وهذه تشمل الالومنيوم (Al),البريليوم (Be), الكوبالت (Co), الفلوريد (F), الحديد (Fe),الليثيوم (Li),المنجنيز (Mn) ,الموليبدنيوم (Mo), السلينيوم (Se),القصدير (Sn), التيتانيوم (Ti),التنجستين (W),الفاناديوم (v)
المعادن الثقيلة مجموعة خاصة من العناصر ذات التركيز المنخفض التي أظهرت تأثيرات صحية خطيرة عند اخذ النبات لها ومن هذه المعادن الثقيلة الزرنيخ (As), الكادميوم (cd), الكروم(Cr), النحاس (cu), الرصاص (pb), الزئبق(Hg),الزنك . وهذه تسمي معادن ثقيلة لأنها في الشكل المعدني تكون كثافتها اكبر من 4جرام/ سنتمتر المكعب .

و- الرقم الهيدروجيني pH Value:-

الرقم الهيدروجيني هو موشر لحموضة وقلوية المياه ولكنها ليست مشكلة في حد ذاتها. المجال المناسب للرقم الهيدروجيني لمياه الري هو 6.5- 8.4 وخارج هذا المجال لا تعتبر المياه مناسبة للري . ويعتبر قياس الرقم الهيدروجيني عمل روتيني عند تقييم المياه للري.

جدول (2/7) معاملات التحويل الكيميائية :-

المكونات	مكافي جزي في المليون (الي مليجرام / لتر)
الكالسيوم	20.4
المغنسيوم	12.16
الصوديوم	23.0
البيكربونات	81.05
الكربونات	30.0
الكلوريد	35.46
الكبريتات	48.04

3- الخطوط الارشادية لنوعية مياه الصرف لاستخدامها في الزراعة :-

1- مقدمة

تشمل الاجراءات الوقائية للصحة التي يمكن تطبيقها عند استخدام مياه الصرف في الزراعة الاتي منفردا او مجموعا .

*معالجة مياه الصرف .
*السيطرة والتحكم في استخدام مياه الصرف .
*التحكم في التعرض المباشر والعناية بالصحة الوقائية .
*حصر الحاصلات الزراعية .

يمكن تطبيق طرق مختلفة للحماية من التعرض لكل من هذه الحالات ونعني بها حماية عمال الزراعة حيث يلزم لبس ملابس واقية واعطاء تحصين ضد انواع من العدو . كما يخطر المستهلك باهمية تجنب مخاطر هذه الحاصلات بغليها في الماء (طبخها)قبل استخدامها . كما يخطر الاهالي باستخدام مياه الصرف في الزراعة وذلك لتجنبهم لهذه المساحات وكذلك اطفالهم وان كان لا يوجد خطر علي القاطنين قرب هذه الزراعات .
كذلك يحظر استخدام الري بالرش علي مسافة تقل عن 100 متر من المساكن او الطرق . كما يحظر استخدام الاهالي لهذه المياه في الشرب او أي استخدامات اخري مصادفة او في حالة عدم وجود بديل . كل قنوات مياه الصرف والمواسير يجب ان تعلم ويفضل ان تدهن بلون مميز وكلما امكن تصمم وصلات الخروج لمنع سوء الاستخدام.

2- الخطوط الارشادية للوقاية الصحية من المياه المعالجة :-

المجموعة	حالة إعادة استخدام المياه	المجموعة المعرضة	الديدان المعوية عدد البويضات في اللتر	العدد الكلي للكوليفورم الغائطي متوسط العدد في **100** سم3	معالجة مياه الصرف المتوقع لتحقيق النوعية الميكروبية المطلوبة للمياه
1	ري المحاصيل التي توكل نيئة الملاعب الاماكن العامة	العمال عامة المستهلكين	1 >	1000>	عدد احواض تثبيت او معالجة مماثلة لتوفير نفس الخواص المطلوبة للمياه
ب	ري المحاصيل من الحبوب الصناعية علف الماشية اعشاب المراعي الاشجار	العمال	1>	لايوجد معيار	المكث في احواض التثبيت لمدة 8-10 يوم او حتي القضاء علي الديدان والكلويفورم
ج	للمحاصيل في(ب) في حالة عدم التعرض للعمال او الموظفين	لايوجد	-------	----------	المعالجة المسبقة لامكان الري بما لا تقل عن المعالجة الاولي بالترسب

جدول (2/9)لتقييم نوعية المياه لاستخدامها في الري:-

في المجموعة (ب) في حالة اشجار الفاكهة يتوقف الري قبل قطف الثمار باسبوعين ولا يستخدم الري بالرش ولا توخذ ثمار من علي الارض

مشاكل الري الرئيسية	الوحدات	درجة الحذر من الاستخدام			الخطوط الإرشادية لنوعية المياه لأقصى انتاج محصولي:- تقسم مياه الري الي نوعيات مختلفة لارشادات المستخدم عن المزايا والمشاكل المصاحبة لاستخدامها ولتحقيق اقصي انتاج محصولي . تقسيم نوعية المياه هو فقط خطوط ارشادية ويمكن التحكم في استعمالاتها طبقا للظروف الحقلية السائدة
		لا يوجد	قليل الي متوسط	شديد	
*الملوحة الاملاح الكلية المذابة	ملجرام/لتر	450>	2000-450	2000>	
التوصيل الكهربي(Ec)	Ds/M	0.7>	3-0.7	3<	
تسرب المياه					
SAR= صفر -3	ECW=	0.7<	0.2-0.7	0.2>	
من 3-6		1.2<	0.3-1.2	0.3>	
من 6- 12		1.9<	1.9-0.5	0.5>	
من 12-20		2.9<	2.9-1.3	1.3<	
من 20-40		5.0<	5-2.9	.2>	
*سمية ايون محدد					
الصوديوم (Na)					
ري سطحي	SAR	3>	9-3	9<	
ري بالرش	مليمكافيء/لتر	3>	3<	9<	
الكلوريد(CL)					
ري سطحي	مليمكافىء/لتر	4>	10-4	10<	
ري بالرش	متوسط نسبة الادمصاص الصوديوم	3>	32		
بورونB	مليجرام في/لتر	0.7>	3-0.7	3.00<	
عناصر بتركيزات منخفضة	جدول(10)				
*أثار ثانوية					
*النيتروجين(N-NO_3)					
*بيكربونات(HCO_3)					
*الرقم الهيدروجيني(PH)	المدى العادي6.5-8.4				

ذلك لان ظروف استخدام المياه في الري معقدة جدا ويصعب توقعاتها وتتوقف ملاءمة المياه للري علي الظروف

المناخية . الخواص الطبيعية والكيميائية للتربة , التجاوز في الملوحة لنمو المحصول وعمليات التحكم . ولهذا فان عملية تقسيم المياه للري تكون دائما عامة وقابلة للاستخدام في الظروف الملائمة لذلك.

الجدول (2/9)يوضح تقسيم مياه الري الي ثلاث مجموعات طبقا للملوحة وتاثير الصوديوم والسمية ومخاطر اخري . تاثير ايون الصوديوم في مياه الري في تقليل معدل التسرب ونفاذية التربة يتوقف علي تركيز ايون الصوديوم بالنسبة لتركيز ايونات الكالسيوم و المغنسيوم(كما هو موضح في (SAR).

وكذلك التركيز الكلي للاملاح يوضح انه بالنسبة لقيمة معطاه لـــ (SAR)فان الزيادة في الاملاح الكلية المذابة قد تزيد من نفاذية التربة هذا يوضح ان مشاكل نفاذية التربة (شاملة معدل التسرب والقشور السطحية)يسبب الصوديوم في مياه الري لا يمكن التنبو بها بدون الاملاح المذابة في مياه الري او في الطبقة السطحية للتربة .

مياه الصرف الصحي المعالج قد تحتوي علي عدد من العناصر السامة , بما فيها المعادن الثقيلة من الصرف الصناعي في شبكات الصرف الصحي هذه العناصر السامة تكون موجودة بكميات صغيرة ولذلك تسمي (Trace Elements) بعض منها يزال اثناء عملية المعالجة وبعضها يستمر . ويمكن ان يسبب مشاكل سمية للنبات . لذلك يجب مراجعة مياه الصرف المعالج نحو وجود العناصر منخفضة التركيز ومشاكل السمية وخاصة عندما تكون هذه العناصر عالقة وليست مذابة (الجدول 10)حدود السمية للنبات ليعض العناصر منخفضة الوجود (Trace Elements).

جدول (2/10)حدود مستويات العناصر الشحيحة(Trace Elements)لانتاج المحصول:

م	العنصر	اقصي تركيز يوصي به ملجرام/لتر	ملاحظات
	الالومنيوم(Al)	5	يخفض الانتاجيةفي التربة الحامضية (<5.5للرقم الهيدروجيني)ولكن التربة الاكثر قلوية (حيث الرقم الهيدروجيني

			اكبر من 7) يرسب الايون ويلغي السمية .
	الزرنيخ (As)	0.1	السمية للنبات تختلف حيث تتراوح ما بين 12 مليجرام / لتر للحشائش السودانية الي 0.05 مليجرام للارز .
	البريليوم(Be)	0.01	السمية للنبات تختلف كثيرا , حيث تتراوح ما بين 5 مليجرام / لتر للفت والكرنب الي 0.5 مليجرام /لتر لنبات الفاصوليا / اللوبيا , الفول .
	الكادميوم (Cd)	0.01	سام لنبات الفول , الفاصوليا والبنجر واللفت عند تركيزات منخفضة 0.1مليجرام / لتر في محلول غذائي . حدود الحماية من التراكم في النبات والتربة هي التركيزات التي تكون ضارة للإنسان.
	الكوبالت (Co)	0.05	سام لنبات الطماطم في التربة حيث المحلول الغذائي . يتوقف نشاطه في التربة المتعادلة والقلوية.
	الكروم(Cr	0.1	ليس له اثر علي نمو النبات حدود السمية للنبات غير معروفة .
	النحاس(cu)	0.2	سام لعدد من النباتات بتركيز من 0.1الي 1 مليجرام /لتر في محلول غذائي
	الفلوريد(F)	1.0	لانشاط له في التربة المتعادلة والقلوية
	الحديد(Fe)	5.0	غير سام للنباتات في التربة المهواه ولكن يمكن ان يسبب حموضة التربة وفقد في الحصول علي الفوسفور والموليندنيوم . الري بالرش يمكن ان يسبب رواسب علي النبات والمعدات والمنشات .

	الليثيوم (Li)	2.5	التجاوز لمعظم الحاصلات حتي 5مليجرام /لتر . سام للموالح عند تركيز اقل منخفض حتي 0.075مليجرام/لتر . يعمل مثل البور ون
	المنجنيز (Mn)	0.2	سام لعدد من النباتات في التربة الحامضية عادة بتركيزات من عددمن المليجرامات في اللتر الي اجزاء من المليجرام في اللتر .
	المولبدنيوم (Mo)	0.01	غير سام للنبات بتركيزات عادية في الماء والتربة .يمكن ان يكون سام للدواجن و المواشي في حالة نمو العلف في تربة ذات تركيز عالي .
	النيكل (Ni)	0.2	سام لعدد من النباتات عند0.5 مليجرام/لتر وتنخفض السمية عند رقم هيدروجيني قلوي أو متعادل
	السلينيوم (Se)		سام للنبات عند تركيز 0.25 مليجرام /لتر . وسام العلف المواشي والدواجن في حالة نمو العلف في تربة بها تركيزات عالية .
	القصدير (Sn)		
	التيتانيوم (Ti)		يلفظه النبات
	التنجستين (W)		
	الفانديوم (V)	0.1	سام اعدد كبير من النباتات عند تركيزات منخفضة
	الزنك (Zn)	2.0	سام لنباتات كثيرة بتركيزات مختلفة تنخفض السمية عند رقم هيدروجيني اكبر من (6) في التربة الناعمة و العضوية .

الفصل الثالث

طرق معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية والغير تقليدية

1- مقدمة:-
الهدف الرئيسي من معالجة مياه الصرف الصحي هو السماح بصرف المخلفات الآدمية والي درجة ما المخلفات الصناعيةبدون خطورة علي الصحة العامة الي البيئة الطبيعية . الري بمياه الصرف هو عبارة عن التخلص وفي نفس الوقت الاستخدام المفيد . ولذلك يلزم عمل بعض المعالجات لمياه الصرف مثل استخدامها في الري او في المزارع السمكية .

نوعية المياه المعالجة المستخدمة في الزراعة لها تاثير كبير علي اداء وكفاءة مياه الصرف- التربة – النبات او نظام المزارع السمكية في حالة الري فان النوعية المطلوبة للمياه المعالجة تتوقف علي نوع النبات الذي سيتم ريه , وحالة التربة ونظام توزيع مياه الري الذي يقلل من المخاطر الصحية مع حصد المحاصيل , عندئذ
فان درجة المعالجة لمياه الصرف يمكن خفضها . ولكن في حالة استخدام المياه للاحياء المائية يلزم التحكم جيدا في معالجة مياه الصرف . المعالجة المناسبة لمياه الصرف قبل استخدامها في الزراعة هي التي تحقق الاشتراطات البيولوجية والكيماوية باقل التكاليف مع ادني مطالب للتشغيل والصيانة.

يبني تصميم وحدة المعالجة لمياه الصرف الصحي عادة لخفض المواد الصلبة العالقة والعضوية الي الحد الغير ملوث للبيئة . في المعالجة التقليدية تعتبر ازالة الكائنات الحية الممرضة ذات اهمية ثانوية ولكن في حالة استخدام هذه المياه في الري يلزم التخلص منها . المعالجة لازالة الملوثات التي توثر علي الاحياء المائية
ممكنة ولكنها غير اقتصادية .

نظرا للتغير في تدفقات المياه خلال التوقيتات المختلفة لليوم ما بين الليل والنهار وخلال اليوم يجعل من غير المناسب الري من مياه محطة المعالجة مباشرة . لذلك يلزم عمل نظام تخزين موقت او تسوية
(Equalization) لمياه المعالجة لتوفير تدفق مستمر للمياه للري هذا بالاضافة الي فوائد اخري للتخزين .

2- عمليات المعالجة التقليدية لمياه الصرف :-
تشمل عمليات المعالجة لمياه الصرف مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية لازالة المواد الصلبة والمواد العضوية في بعض الاحيان المواد الغذائية (Nutrients) في مياه الصرف الصحي . المصطلحات العامة المستخدمة لوصف درجات المعالجة المختلفة لزيادة مستوي المعالجة هي المعالجة التمهيدية ثم الاولية (Preliminary And primary) والمعالجة الثنائية (Secondary)والمعالجة الثلاثية او المعالجة المتقدمة لمياه الرف الصحي . في بعض البلدان يلي المعالجة الاخيرة التطهير لقتل الكائنات الحية الدقيقة المسببة لامراض (Pathogens) .

المعالجة التمهيدية (Preliminary Treatment):-
الهدف من المعالجة التمهيدية هو التخلص من المواد الصلبة الكبيرة (Coarse Soilds)و المواد الاخري كبيرة الحجم التي تكون موجودة عادة في مياه الصرف . ازالة هذه المواد ضروري لتعزيز العملية والمحافظة علي كفاءة وحدات المعالجة التالية : -

تشمل عملية المعالجة التمهيدية المصافي الكبيرة (Coarse Screening)الاجسام الصلبة الخشنة (Grit) وفي بعض الحالات التقطيع للاشياء الكبيرة (Communication) وفي غلرف احواض حجز الرمال الخشنة تكون سرعة المياه خلال الحوض عالية باستمرار او يستخدم الهواء لمنع رسوب معظم المواد العضوية الصلبة

مرحلة ازالة الرمال الخشنة كمعالجة تمهيدية لا توجد في معظم المحطات الصغيرة . لمعالجة مياه الصرف . تستخدم احيانا اجهزة التقطيع لتسهيل عمل المصافي الكبيرة الفتحات وخفض حجم الاجسام الكبيرة ليمكن ازالتها في شكل حماة في مراحل المعالجات التالية . تجهز مرحلة المعالجة التمهيدية باجهزة قياس التدفق عادة قنوات القياس (Standing Wave Fiumes).

الهدف من المعالجة الاولية هو ازالة الاجسام الصلبة العضوية والغير عضوية القابلة للترسيب وكذلك ازالة المواد الطافية – الخبث (Scum)بالكشط (Scimming) يزال كذلك من 50-70% من اجمالي المواد الصلبة العالقة ,65 %من الزيوت والشحوم يزال كذلك اثناء المعالجة الاولية بعضالنيتروجين العضوي والفوسفور العضوي والمعادن الثقيلة المرتبطة بالمواد الصلبة ولكن المواد الهلامية (Colloidal) والمذابة لا تتاثر والسائل المعالج في احواض المعالجة الاولية يسمي السائل الاولي (primary Effluent)

جدول (3/11)نوعية مياه الصرف الصحي والسائل الاولي (بعد المعالجة الاولية):-

نوعية مياه الصرف الخام مليجرام/لتر	الصرف الخام	بعد المعالجة الاولية
مطالب الاكسجين الحيوي الممتص (BOD)	112	73
اجمالي الكربون العضوي (TOC)	64	40
مواد صلبة عالقة	185	72
اجمالي النيتروجين	43	34
اجمالي الفوسفور	10.2	7
البورون	1.68	1.5
القلوية – مقيمة ($Caco_3$)	320	330

في كثير من الدول الصناعية المعالجة الاولية هي ادني مستوي مطلوب لاستخدام الصرف الصحي في الري . وهذه تعتبر معالجة كافية في حالة استخدام مياه الصرف في ري المحاصيل التي لا يستهلكها الانسان او لري البساتين والنباتات المتسلقة (التكعيبات) او المحاصيل الغذائية التي يلزم تصنيعها .

ولكن لتجنب مشاكل هذه المياه في احواض التخزين او احواض التسوية يتم عادة عمل المعالجة الثانوية حيث في حالة ري المحاصيل الغير غذائية ويمكن استخدام جزء علي الاقل من السائل الاولي للري في حالة توفر حوض تخزين .

احواض الترسيب الاولي او المروقات تكون مستديرة او مستطيلة بعمق من 3- 5 متر وزمن احتجاز السائل في الحوض من 2-3 ساعة . الرواسب (الحماة الاولي)تزال تضخ الحماة الي وحدات معالجة الحماة . يزال الخبث من سطح الحوض بواسطة نافورة من المياه او بوسائل ميكانيكة الي وحدة معالج الحماة.

في محطات معالجة مياه الصرف الصحي الكبيرة (اكبر من 7600متر مكعب في اليوم)تعالج الحماة الاولي بطريقة بيولوجية لاهوائية (anaerobic digestion) في عملية الهضم اللاهواءي فان البكتريا اللاهوائية او البكتيريا المختلطة (Facultative) القادرة علي العيش في الحالة الهوائية واللاهوائية , تحدث تغيرات كيماوية في الخلايا الحية للمواد العضوية(Metabolic)والحماة وبذلك ينخفض الحجم اللازم التخلص منه ويجعل الحماة ثابتة (غير متعفنة) ويحسن من خصائص ازالة المياه منها . تتم عملية الهضم (digestion)
في خزانات مقفلة (anaerobic) بعمق من 7-14 متر . زمن البقاء في الهاضم (Digestor) يتراوح ما بين من عشرة ايام (حيث الخلط والتسخين الجيد)الي حوالي 60 يوم للهضم ذو المعدل القياسي . الغاز المحتوي علي 60 الي 65%ميثان الناتج اثناء الهضم يمكن استخدامه كمصدر للطاقة . في محطات معالجة مياه الصرف الصحي الصغيرة تعالج الحماة بطرق مختلفة تشمل الهضم اللاهوائي , التخزين في احواض الحماة
(Sludge Lagoons) , التجفيف في احواض تجفيف الحماة , الاستخدام المباشر في التربة .,

المعالجة الثنائية:-
الهدف من المعالجة الثنائية هو معالجة مياه الصرف بعد المعالجة الاولية لازالة المواد العضوية المتبقية والمواد الصلبة العالقة المتبقية. في بعض الحالات المعالجة الثنائية تلي المعالجة الاولية وتشمل ازالة المواد العضوية والهلامية (Colloidal)القابلة للتحلل البيولوجي (Biodegradable)في عمليات معالجة هوائية
(Aerobic) والتي تتم في وجود الاكسجين بواسطة البكتيريا الهوائية التي تعمل علي تحلل المواد العضوية في مياه الصرف منتجة كائنات دقيقة اضافية ونواتج عدة غير عضوية (اساساً ثاني اكسيد الكربون . النشادر. والماء)تستخدم عدة طرق للمعالجة البيولوجية الثنائية والتي فقط في طريقة توفير الاكسجين للكائنات الدقيقة ومعدل تحلل المواد العضوية بواسطة هذه الكائنات.

عمليات المعالجة البيولوجية ذات المعدل العالي تتصف بصغر حجم المفاعل والتركيز العالي للكائنات الدقيقة مقارنة بالعمليات ذات المعدل المنخفض وبالتالي فان معدل النمو للكائنات الدقيقة اكثر في النظم ذات المعدل العالي يسبب القدرة علي التحكم في بيئة المعالجة . يتم فصل الكائنات الدقيقة من المياه المعالجة بالترسيب للحصول علي مياه ثنائية رائقة .

وتسمي احواض الترسيب المستخدمة في المعالجة الثنائية بالمروقات الثانوية وهي تعمل بنفس طريقة المروقات الاولية . المواد الصلبة البيولوجية اثناء الترسيب لهذه المرحلة تضاف الي الحماة من المرحلة الاولية .

العمليات ذات العمل العالي تشمل عمليات الحماة المنشطة.المرشحات الزلطية ,المرشحات البيولوجية
(Bio Fiters) حفر الاكسدة (Oxidation Ditches)الملامسات البيولوجية الداورة
(Rotating Biological Contactors). يستخدم احيانا طريقتين علي التوالي مثال ذلك المرشحات البيولوجية يليها الحماة وذلك لمعالجة مياه الصرف الصحي المحتوية علي تركيزات عالية من المادة العضوية من المصادر الصناعية .

الحماة المنشطة(Activated Sludge):-
في عملية الحماة المنشطة مفاعل النمو المغمور عبارة عن حوض تهوية يحتوي علي مياه صرف وكائنات دقيقة وسائل مخلوط (Mixed Liquor)يتم الخلط بشدة لمحتويات حوض التهوية بتجهيزات تهوية التي تعمل علي امداد الاكسجين للعوائق البيولوجية . تجهيزات التهوية المستخدمة عادة تشمل ناشرات الهواء المغمورة (Submerged

(Diffusers) التي ينبعث منها الهواء المضغوط وتجهيزات التهوية الميكانيكة السطحية التي توفر الهواء بتقليب سطح السائل . زمن المكث الهيدروليكي في احواض التهوية عادة يتراوح
ما بين 3-8 ساعات ويمكن ان يكون اكثر من ذلك في حالة زيادة الحمل العضوي (BOD_5) في مياه الصرف .

بعد مرحلة التهوية تفصل الكائنات الدقيقة من السائل بالترسيب والسائل الرائق يسمي السائل الثانوي (Secondary Effluent)جزء من الحماة البيولوجية تعاد الي حوض التهوية للمحافظة علي ان تكون المواد الصلبة العالقة مرتفعة في السائل المخلوط والباقي يزال الي وحدة معالجة الحماة . للمحافظة علي ثبات تركيز الكائنات الدقيقة في الحوض توجد اختلافات في اساليب عملية الحماة المنشطة مثل التهوية الممتدة برك الاكسدة وهذه تستخدم عادة ولكن المباديء واحدة.

المرشحات الزلطية : Trickling Filters
المرشح الزلطي او المرشح البيولوجي (Bio Filter)يتكون من حوض او برج مملوء بوسط مساعد الاحجار , اشكال من البلاستيك , قطع من الخشب او الزلط . عند تدفق المياه بشكل متقطع او مستمر احيانا فوق الوسط المساعدتلتصق الكائنات الدقيقة بالوسط وتكون طبقة او غطاء رقيق مثبت . المواد العضوية في مياه الصرف تنتشر في الطبقة او الغشاء الرقيق حيث تحدث لها التحولات البيولوجية.

يتوفر الاكسجين للغشاء بالتدفق الطبيعي للهواء اما من اسفل او اعلي خلال الوسط المساعد , طبقا لدرجة الحرارة النسبية لمياه الصرف والهواء المحيط . نادرا ما يكون من الضروري دفع الهواء بواسطة اجهزة تهوية . يزداد سمك الغلاف البيولوجي مع نمو الكائنات الجديدة .

من ان الي اخر يسقط جزء من هذا الغلاف خلال الوسط المساعد . مادة الحماة التي انفصلت عن الغلاف يتم فصلها من السائل في المروق الثنائي ثم يتم صرفها الي معالجة الحماة. السائل الناتج من المروق الثنائي بعد فصل الحماة هو السائل الثنائي حيث جزء منه عادة يعاد الي المرشح البيولوجي لتحسين التوزيع الهيدروليكي لمياه الصف فوق الغلاف.

الملامسات البيولوجية الدوارة (Rotating Biological Contactors):-
الملامسات البيولوجية الدوارة عبارة عن مفاعلات ذات غلاف ماتصق يشابه المرشح البيولوجي (الزلطي) في ان الكائنات الدقيقة ملتصقة بالوسط السائد . في حالة الملامسات البيولوجية الدوارة يكون الوسط السائد عبارة عن اقراص دوارة مغمورة جزئياً في مياه الصرف التي تتدفق في المفاعل . يتوفر الاكسجين للغلاف البيولوجي الملتصق من الهواء عندما يكون الغشاء خارج الماء ومن السائل عندما ينغمس فس السائل , وذلك
نظرا لان الاكسجين ينتقل الي مياه الصرف بواسطة الاضطراب السطحي الناتج عن دوران الاقراص.
قطع من الحماة (من الغشاء البيولوجي) تزال بنفس الطريقة التي تم توضيحها في المرشح البيولوجي .

المعالجة البيولوجية ذات المعدل العالي :-
عمليات المعالجة البيولوجية ذات المعدل العالي مع الترسيب الاولي تزيل 85% من الاكسجين الحيوي الممتص (BOD_5) , المواد العالقة الموجودة في مياه الصرف وبعض المعادن الثقيلة .
الحماة المنشطة تنتج سائل له نوعية جيدة الي حد ما بالنسبة لهذه المكونات عن المرشحات البيولوجية (الزلطية) والملامسات البيولوجية الدوارة . عند توفير مرحلة التطهير يمكن قتل البكتيريا والفيروسات بنسبة كبيرة . ولكن هذه الطرق تزيل بنسبة قليلة جدا الفوسفورو النيتروجين والمواد العضوية التي لا تحلل بيولوجيا والاملاح المذابة .

المعالجة الثلاثية او المعالجة المتقدمة: -
تستخدم المعالجة الثلاثية او المعالجة المتقدمة لمياه الصرف عندما يكون مطلوب ازالة بعض مكونات الصرف التي لم تزال بالمعالجة الثنائية . لذا يكون من الضروري عمليات معالجة مستقلة لازالة النيتروجين , الفوسفور , مواد صلبة عالقة اضافية , مواد عضوية غير قابلة للتحلل البيولوجي . المعادن الثقيلة والمواد الاصلبة المذابة . نظرا لان المعالجة المتقدمة عادة تلي المعالجة الثنائية لذلك سميت بالمعالجة الثلاثية ولكن عمليات

المعالجة المتقدمة احيانا تتم مع المعالجة الاولية او الثنائية (مثل الاضافات الكيماوية للمروقات الاولي او لاحواض التهوية لازالة الفوسفور) او تستخدم بدلا من المعالجة الثنائية كما في حالة المعالجة للسائل الاولي بالنشر او التدفق فوق سطح الارض .

استخدام عمليات الحماة المنشطة عادة لازالة النيتروجين والفوسفور كما هو موضح في المخطط المبسط شكل (3/30) . السائل من المروقات الاولية يتدفق الي المفاعل البيولوجي المقسم الي خمسة مناطق بواسطة عوائق وهدارات.

وهذه المناطق مرتبة كالاتي (1) منطقة التخمر اللاهوائي (حيث الاكسجين المذاب منخفض جدا وعدم وجود النترات (2)منطقة نقص الأكسجين (Anoxic Zone) حيث الاكسجين المذاب قليل ولكن توجد النترات .
(3)منطقة التهوية (4) منطقة نقص الأوكسجين الثانية (5)اخيرا منطقة التهوية .

مهمة المنطقة الاولي هو تنشيط مجموعة البكتيريا المسئولة عن ازالة الفوسفور من خلال ظروف منخفضة من الاكسدة – الاختزال, والذي ينتج عنه اتزان للفوسفور من خلال ظروف منخفضة من الاكسدة – الاختزال . والذي ينتج عنه اتزان الفوسفور في خلايا البكتيريا.

وعند التعرض التالي لامدادات الاكسجين والفوسفور في منطقة التهوية , فان هذه الخلايا تعمل علي تراكم الفوسفور بكمية تزيد عن احتياجاتها العادية للتحول . يزال الفوسفور مع صرف الحماة المنشطة .

معظم النيتروجين في المياه الداخله الي المفاعل تكون في شكل الامونيا , وهذه تمر خلال المنطقتين الاولتين بدون تغير حقيقي . في المنطقة الهوائية الثالثة فان عمر الحماة يكون قد تم النترجة الكاملة (Complete Nitrification) حيث يتحول نيتروجين الامونيا الي نيتريت ثم الي نترات .

السائل المخلوط (Mixed Liquor)الغني بالنترات يعاد تدويره (Recycled)من منطقة التهوية الي منطقة نقص الاكسجين (Anoxic Zone) الاولي . هنا تحدث ازالة للمواد النيتروجينية (Denitrification)حيث النترات التي تم تدويرها في غياب الاكسجين المذاب تختزله بواسطة البكتيريا المختلفة (Facultative Bacteria)الي غاز النيتروجين باستخدام مركبات الكربون العضوي في المياه الداخلية لاعطاء النيتروجين .
غاز النتروجين يتسرب الي الجو في المنطقة الثانية لنقص الاكسجين فان النترات التي لم تدوريها تختزل بواسطة التنفس والنمو للبكتيريا . وفي المنطقة الاخيرة لاعادة التهوية فان مستوي الاكسجين المذاب يرتفع ثانيا لايقلف أي تحلل للمواد النيتروجينية (Denitrification) الذي يعيق الترسيب في المروق التالي الذي يصب فيه السائل المخلوط .

في كثير من الحالات حيث احتمالات التعرض العالي للمياه المعالجة ولخفض التعرض للكائنات الممرضة والفيروسات . الا ان التطهير الموثر للفيروسات يتم في وجود مواد هلامية عالقة (Colloidal Solids) في الماء بما يتطلب ازالة هذه المواد من الماء قبل التطهير .

التطهير (Disinfection):-
يتم التطهير عادة بحقن محلول الكلور من حوض خلط (Contact Basin)والذي يكون عادة قناة مستطيلة مجهزة بعوائق (Baffles) لزيادة المشوار ومصمم لزمن التصاق قدره 30 دقيقة وقد يصل زمن الالتصاق الي 120 دقيقة لاستعمالات معينة في الري بمياه الصرف الصحي المعالج . اثر الكلور وباقي مواد التطهير علي البكتيريا يتوقف علي الرقم الهيدروجيني زمن الالتصاق , المحتوي من المواد العضوية , ودرجة حرارة سائل الصرف وجرعة الكلور تكون من 5 الي 15 مليجرام / لتر .

تخزين سائل الصرف المعالج: -
رغم ان التخزين غير وارد خطوات المعالجة لمياه الصرف الانه في معظم الحالات يوجد هذا الاتصال بين محطة المعالجة ونظام الري . يفيد التخزين في الاتي:-

*** تسوية التغيرات اليومية في التدفق من محطة المعالجة وتخزين الفائض في حالة زيادة متوسط تدفق مياه الصرف عن حاجة الري . يشمل التخزين في فصل الشتاء .**

***توفير الزيادة في متطلبات من الزيادة في تدفقات مياه الصرف .**

***خفض تاثير التغير في تشغيل محطة المعالج ونظام الري .**

***التخزين يستخدم لتاكيد عدم احتمال دخول مياه لنظام الري غير مناسبة ويعطي زمن اضافي لحمل المشاكل الموقتة لنوعية المياه.**

***توفير معالجة إضافية مطالب الأكسجين , مواد صلبة عالقة , بالإضافة الي خفض الكائنات الدقيقة والنيتروجين .**

المعالجة البيولوجية الطبيعية للمياه(Natural Bioloical Treatment System):-
نظم المعالجة البيولوجية الطبيعية متاحة لمعالجة مياه الصرف العضوية مثل مياه الصرف الصحي وهي اقل في التكاليف واقل في تقنيات نظم التشغيل والصيانة . وان كانت هذه العمليات تتطلب مساحات من الاراضي مقارنة بالمعالجة البيولوجية ذات المعدل العالي السابق توضيحها ولكنها في حالة التصميم الجيد وعدم التحميل الزائد موثر في ازالة الكائنات الحية الصغيرة الممرضة باستمرار.

برك الاكسدة لمياه الصرف التثبيت (Stabilization Ponds):-

طبقا لتقرير البنك الدولي في عام 1986 فان برك الاكسدة هي افضل نظام لمعالجة مياه الصرف الصحي المعاد استخدامها في الري , وهي طريقة مفضلة في الدول النامية حيث تتوفر الاراضي عادة مع عدم توفر الخبرة للعمالة .

تصمم بحيرات الاكسدة لتوفير اشكال مختلفة من المعالجة حتي ثلاث مراحل علي التوالي , طبقا للاحمال العضوية للمياه الخام ونوعية المياه المعالجة . لسهولة الصيانة والمرونة في التشغيل يشمل التصميم مجموعتين (Two Trains) من برك الاكسدة علي التوازي.

مياه الصرف ذات الحمل العضوي اكثر من 300 مليجرام/ لتر ترسل الي احواض المرحلة الاولي اللاهوائية حيث يحدث معدل عالي من الازالة في حالة مياه الصرف الضعيفة او حيث لا يكون (مقبول من الناحية البيئة الغير هوائة حتي في حالة مياه الصرف ذات الاحمال (حتي 100 مليجرام / لتر BOD_5) يمكن صرفه مباشرة الي الاحواض الاولي للمعالجة المختلطة (Facultative Ponds).

المياه من احواض المرحلة الاولي اللاهوائية تتدفق الي احواض المعالجة الثانية المختلطة الاولي او الثانية في حالة ضرورة خفض الكائنات الجرثومية الممرضة الي احواض النضج (Maturation Ponds)لعمل المعالجة الثلاثية . مكونات الاحواض .

الاحواض اللاهوائية Anaerobic ponds:-
الاحواض اللاهوائية ذات تاثير في ازالة الاحمال العضوية عند وجودها بتركيزات عالية . عادة يكفي حوض لاهوائي في كل مجموعة معالجة في حالة الحمل العضوي للمياه اقل من 1000مليجرام / متر BOD_5
بالنسبة لمياه الصرف عالية التركيز فان احواض المعالجة اللاهوائية قد تصل الي ثلاثة احواض مع زمن مكثف في كل حوض ليقل عن يوم .

الحالات اللاهوائية في المرحلة الاولي لاحواض الاكسدة (التثبيت) تتم بالمحافظة علي الحمل الحجمي العضوي العالي , اكثر من 100 جرام BOD_5 /م3/اليوم يعين الحمل العضوي (Y)بالمعادلة :-

$$Y=\frac{LQ}{V}$$

حيث L: الحمل العضوي لمياه الصرف BOD_5 مليجرام / لتر .
Q: معدل التدفق للمياه الداخله متر مكعب في اليوم .
V: حجم الحوض م3.
حيث ان = $t = \frac{V}{Q}$ (زمن البقاء في الحوض).

$$Y=\frac{L}{t}$$

الاحمال العضوية العالية حتي 1000جرام BOD_5 / م3 اليوم يوفر استخدام كفو استخدام لحجم الحوض الهوائي ولكن في حالة مياه الصرف المحتويه علي تركيزات من الكبريتات تزيد عن 100مليجرام / لتر ,
فان انتاج كبريتيد الهيدروجين (H_2S)يمكن ان يسبب مشاكل في الرائحة . في حالة مياه الصرف الصحي العادي فانه مقبول عموما الايزيد الحمل العضوي لحوض المعالجة اللاهوائية عن 400جرام BOD_5/م3 / اليوم لمنع حدوث مشاكل الرائحة .

الاحواض اللاهوائية لها عادة عمق ما بين 2 الي 5 متر وتعمل حوض تحليل (SEPTICTAK) مفتوح مع تسرب الغاز الي الجو . تنشا البرك اللاهوائية مثل البرك المختلطة لخفض تركيز الاكسجين الحيوي المستهلك بنسبة حوالي 50 ال 70% جدول (3/12)

غاز الميثان وغاز ثاني اكسيد الكربون الناتج عن التحلل اللاهوائي للمواد العضوية يساعد علي تحريك يساعد ومزج الرواسب وقد تحمل هذه الغازات معها لسطح الحوض المواد المترسبة وتصل نسبة الازالة للاكسجين الحيوي المستهلك(BOD_5)الي 40% عند درجة حرارة اقل من 10°م وحمل عضوي 100جرام / م3/ اليوم , 60% عند درجة اكبر من 20 م عند حمل عضوي 300جرام /م3 / اليوم.

يحتمل نسبة ازالة اعلي في حالة مياه الصرف الصناعي وخاصة تلك المحتوية علي مواد عضوية قابلة للترسيب . في بعض الحالات يغطي الحوض اللاهوائي
بطبقة سميكة من الخبث والتي تعمل علي نشاط الذباب
. المواد الصلبة ترسب في المرحلة الاولي للاحواض اللاهوائية , ويكون من المناسب ازالة الحماة المترسبة بعد وصولها الي نصف عمق الحوض وهذه عادة تستغرق عامين عند تصميم التدفق لمعالجة مياه الصرف الصحي .
جدول (3/12)ازالة الاكسجين الحيوي المستهلك ف الاحواض اللاهوائية بحمل 205 جرام / مترمكعب / اليوم BOD_5

زمن المكث في الحوض باليوم	نسبة الاكسجين الازالة للاكسجين الحيوي المستهلك
1	50
2.5	60
5	70

الاحواض المختلطة Facultative Pondsهوائية ولا هوائية :-
المياه المعالجة بالطريقة اللاهوائية تحتاج بعض اشكال المعالجة قبل الصرف او الاستخدام . تعتبر احواض المعالجة اكثر مناسبة للاستخدام عن المعالجة البيولوجية الثنائية التقليدية . وخاصة بالنسبة للدول النامية . تصمم احواض المعالجة المختلطة لمعالجة مياه الصرف الضعيفة وفي الاماكن الحساسة حيث رائحة برك المعالجة اللاهوائية تكون غير مقبولة .

المواد الصلبة في المياه الداخلية الي حوض المعالجة المختلط والمواد الصلبة الزائدة الناتجة عن التحلل سوف ترسب مكونة طبقة من ترسيبات الحماة في القاع . الطبقة في القاع ستكون غير هواية ولذلك سوف يحدث لاهوائي وتحلل المواد العضوية , سوف تنتج مواد عضوية مذابة في عامود الماء فوقها .

المواد العضوية المذابة او العالقة في الماء تتحلل بواسطة البكتيريا الهوائية مع الحصول علي الاكسجين كما في حالة المعالجة التقليدية . ولكن علي العكس المعالجة التقليدية فان الاكسجين الذي تستخدمه البكتيريا في الاحواض المختلطة يستعوض بواسطة اكسجين التمثيل الضوئي الناتج عن الطحالب الصغيرة وليس بواسطة اجهزة تهوية وخاصة في حالة مياه الصرف الصحي في المناخ الحار فان الاحواض المختلطة تعتبر مثالية لاداء الطحالب النباتية .

ارتفاع درجة وسطوع ضوء الشمس يوفر الظروف لنشاط الطحالب في استخدام ثاني اكسيد الكربون الذي تطلقه البكتيريا في تلك المكونات العضوية لمياه الصرف والحصول علي الغذاء (اساسا النيتروجين والفوسفور الموجود في مياه الصرف . وهذه العلاقة تعمل علي الازالة الكاملة للاكسجين الحيوي المستهلك(BOD_5) في الاحواض المختلطة لتوفير الالتزام الضروري لاستمرار هذه التفاعلات فان التحميل العضوي للحوض المختلط يجب ان يكون محدود.

حتي في ظروف التشغيل الجيدة فان تركيز الاكسجين المذاب في الحوض المختلط يتغير خلال اليوم وكذلك في العمق . اقصي تركيز للاكسجين يكون عند سطح الحوض ويصل الي ما بعد التشبع في المناطق الجافة في ظروف اقصي كثافة لاشعة الشمس.

تعتبر الرياح ذات اهمية للاداء الجيد للحوض المختلط وذلك خلط بسبب خلط المحتويات والمساعدة في منع قصر الرحلة . يعتبر الخلط الجيد للمكونات العضوية والبكتيريا التي تقوم بالتحلل البيولوجي هام في اي مفاعل بيولوجي ولكن في الحوض البيولوجي المختلط يعتبر الخلط بفعل الرياح اساسي لمنع التراكم الحراري والذي يسبب اداءغير هوائي ومن ثم فشل المعالجة . ولذلك يجب ان يوجه حوض المعالجة البيولوجية المختلطة في اتجاه الرياح السائدة باطول ابعاده . نسبة الطول الي العرض في الحوض المختلط 2:1الي 3:1

المعادلات المستخدمة في التصميم:

$$S=20T-60$$

حيث :

S = الحمل العضوي السطحي كيلو جرام من الاكسجين الحيوي المستهلك / الهكتار / اليوم .

T= متوسط درجة الحرارة في اكثر الشهور برودة (درجة مئوية)لتعيين مساحة الحوض.

$$A=\frac{Li\ Q}{2T-6}$$

حيث :

A= المساحة بالمتر المربع

Li= BOD_5مليجرام / لتر .

Q= معدل التدفق م3/ اليوم .

T= درجة الحرارة (ْم)

زمن الاستيفاء في الحوض

$$\frac{AxD}{Q}$$

حيث : -

T	**=**	**زمن الاستيفاء باليوم**
A	**=**	**عمق المياه في الحوض**
Q	**=**	**معدل التدفق م3/ اليوم**

برك الانضاج :Maturation ponds
السيب من برك المعالجة المختلطة يعالج في برك الانضاج لخفض المحتوي من الاكسجين الحيوي المستهلك وكذلك خفض المحتوي من الكائنات الحيةالممرضة وذلك حتي يمكن استخدام هذه المياه في الزراعة ,برك الانضاج تكون هوائية خلالكل عامود الماء خلال النهار والرقم الهيدروجيني يرتفع لاكثر من 9.
برك النضج تعمل بالمعالجة الهوائية وعمق الحوض حوالي 1متر . تساعد الطحالب والنباتات المائية علي توفير الاكسجين اللازم للمعالجة الهواية . اشعة الشمس وارتفاع الرقم الهيدروجيني يعملا علي خفض المحتوي من الكائنات الجرثومية .

3- المعالجة الغير تقليدية لمياه الصرف الصحي : - الشحن للخزان الجوفي بمياه الصرف Aquilfer Recharge With Waste WATER
عندما تتوفرالظروف المناسبة للتربة والمياه الجوفية فان الشحن الجوفي خلال احواض ترشيح (Infiltration Basins) يمكن ان يحقق درجة عالية من التحسن بترشيح المياه المعالجة جزئيا في التربة لتتحرك الي الجزان الجوفي . تعمل عندئذ منطقة التهوية (عدم التشبع) , كمرشح طبيعي حيث تزيل كل المواد الصلبة العالقة , الموادالقابلة للتحلل البيولوجي , البكتيريا . الفيروسات , وكائنات حية دقيقة اخري هذا بالاضافة ال خفض كبير في النيتروجين والفوسفور والمعادن الثقيلة .

بعد مرور مياه الصرف الصحي خلال طبقة التهوية ومعالجتها ووصولا الي المياه الجوفية فانها تترك لتتدفق خلال الخزان الجوفي مسافة ما قبل ضخها . هذه الحركة الاضافية خلال الخزان الجوفي توفر تنقية اضافية (ازالة الكائنات الحية الدقيقة . ترسب املاح الفوسفات . امتصاص المواد العضوية المختلفة .... الخ)لمياه الصرف نظرا لان كلا من التربة والخزان الجوفي يعملا كمعالجة طبيعية .

لذلك يسمس النظام المعالجة بالتربة والخزان الجوفي .هذا النظام رغم انه تكنولوجيا بسيطة الا انه نظام معالجة متقدم لمياه الصرف . وهو يوفر للمياه القابلية (Aesthetic) عند المعالجة التقليدية نظرا لان المياه المسحوبة تكون ليست

فقط رائقة وخالية من الرائحة ولكنها تسحب من بئر وليست من ماسورة صرف او من محطة معالجة صرف . لهذافان المياه تكون قد فقدت دلالة الصرف الصحي نظرا للنظرة العامة ان هذه المياه من جوف الارض وهذا يعتبر عامل هام في القبول نحو اعادة استخدام مياه الصرف .

المخطط العام للمعالجة بالتربة والخزان الجوفي(soil Aquifer Treatment - SAT):-
توجد انواع مختلفة من نظم المعالجة بالتربة – الخزان الجوفي .ابسط هذه الانواع هو بالقاء المياه المعالجة علي احواض ترشيح (Infiltration Basin)علي ارض مرتفعة حيث تتحرك الي اسفل الخزان الجوفي الي مساحة منخفضة .

هذه المساحة المنخفضة يمكن ان تكون منخفض طبيعياو منطقة نزول او تسرب للماء (Seepage)الينبوع. او مجري او بحيرة , وهذا النظام يعمل علي خفض التلوث للمياه السطحية بدلا من صرف مياه الصرف مباشرة الي مجري مائي او بحيرة .ولذلك تلقي في احواض ترشيح علي مستوي مرتفع لتعالج بالتربة – الخزان الجوفي قبل الدخول الي المجري المائي او البحيرة . مياه الصرف المعالجة بواسطة التربة – الخزان الجوفي تجمع بواسطة مصفاة تجميع زراعية.

نظام المعالجة التربة- الخزان الجوفي (SAT)يعطي نوعية جيدة من مياه الصرف المعالج ولكن ليست جيدة مثل المياه الجوفية – ولهذا يصمم هذاالنظام ويدار لمنع وصول مياه الصرف الي الخزان الجوفي خارج منطقة الخزان المستخدمة في المعالجة.

يلزم تحرك مياه الصرف مساحة كافية خلال التربة والخزان الجوفي وزمن البقاء يكون كبيرا للحصول علي مياه معالجة بالنوعية المطلوبة قد اتفق علي عمق رحلة المياه حتي 100متر زمن بقاء لمدة شهر , ولكن هذا يتوقف علي نوعية مياه الصرف المتسربة الي الارض , نوع التربة في منطقة التهوية . العمق للخزان الجوفي
ونوع المعالجة المطلوبة . معظم التحسن في نوعية المياه يحدث في المتر العلوي للتربة ولكن يلزم وقت اكثر للازالة الكاملة للكائنات الحية الدقيقة وتحسين نوعية المياه .

خصائص التربة :-
في احواض التسرب لنظام المعالجة بالتربة فان الخزان الجوفي يجب ان يكون في تربة ذات نفاذية كافية لتوفير معدل تسرب عالي للمياه وخاصة في حالة التدفق العالي لمياه الصرف . وفي حالة المساحة المحدودة للحوض لتجنب زيادة البخر ولذلك تكون حبيبات التربة رفيعة لتوفير الترشيح الجيد وتحسين نوعية السائل اثناء التسرب لها .

ولهذا يكون افضل نوع للتربة هو الرمال الرفيعة او تربة رملية طينية(Loam) اما مادة التربة في عمق طبقة التهوية تكون حبيباتها مستديرة وتكون اكبر في الحجم عن حبيبات سطح التربة يجب تجنب التربة ذات الحبيبات الكبيرة الحجم علي السطح والصغيرة الحجم في العمق وذلك لتراكم المواد العالقة في التربة ذات الحبيبات الصغيرة بما يشكل خطورة . حيث يحدث انسداد لمسام التربة في العمق ويصعب ازالة الانسداد . منطقة التهوية يجب الا تحتوي علي طبقات طفلية التي تعيق حركة المياه وتسبب ارتفاع للمياه الجوفية . يجب
ان يكون الخزان الجوفي عميق بما فيه الكفاية وله قدرة نقل لمنع ارتفاع خط المياه بسبب التسرب خط المياه الجوفية يجب الايقل عن واحد متر اسفل قاع حوض التسرب اثناء القاء المياه . كما يجب ان التربة وتربة الخزان الجوفيةحبيبية.

التشغيل :-
الطاقة الايدروليكية والبخر :-
احواض التسرب في نظام المعالجة بالتربة . الخزان الجوفي يتم غمرها من وقت الي اخر لتوفير زمن تجفيف منتظم, بهدف استعادة كفاءة معدل التسرب وكذلك التهوية للتربة . معدل الغمر يتغير من 8 ساعات جفاف الي 16 ساعة غمر الي اسبوعين جفاف الي اسبوعين غمر . لذلك يكون لهذا النظام عدد من الاحواض ليكون بعضها يمكن غمره والاخر في التجفيف .

كمية الترشيح السنوية او معدل الحمل الهيدروليكي تختلف من 15 الي 100 متر في العام وهنا يتوقف علي التربة والمناخ ونوعية مياه الصرف ومعدل النظافة للحوض . بفرض انتاج صرف صحي بمعدل 100لتر للفرد في اليوم , في مدينة تعدادها 10000نسمة وان الحمل الهيدروليكي 50 متر في العام. لذلك فان نظام المعالجة التربة – الخزان الجوفي سيحتاج الي مساحة احواض حوالي 7.3هكتار(حوالي17.4فدان).

وهذا يوضح ان نظام النظام ليس يحتاج بالضرورة مساحات كبيرة من الارض شؤيطة ان تكون التربة مسامية بما فيه الكفاية وان مياه الصرف ذات نوعية تسمح بمعدل عالي للحمل الهيدروليكي (محتوي منخفض من المواد العالقة).

الفقد بالبخر من سطح المياه في المناطق الجافة والحارة يتراوح ما بين 1-2 متر في العام . نظرا لان احواض الترشيح الارضي تظل رطبة اثناء التجفيف فان البخر للاحواض اثناء الغمر وعدم الغمر يكون نفسه في الحالتين . بفرض نظام له طاقة هيدروليكية 50 متر في العام والفقد بالبخر 1.5متر في العام, يكزن الفقد بالبخر 3%لكل مياه الصرف وبذلك يزداد تركيز الاملاح المذابة في مياه الصرف الي 3%.

ادارة حوض المعالجة بالتربة – الخزان الجوفي :-
افضل نوع للتربة هي التربة المسامية بالنسبة لقاع الترشيح . النبات والطحالب الغير مستمرة لا تسبب مشكلة ولكن الاعشاب والنباتات الكثيرة يمكن ان تعيق عملية جفاف التربة . وبالتالي تاخير استعادة معدلات الترشيح . النباتات الكثيفة تزيد من مشاكل البعوض وبعض الحشرات .

يكون من المفضل العمق الضحل للمياه (20سم) عن العمق الكبير(1متر) الغير مستمرة زيادة معدل دورة مياه الصرف عن الحوض العميق في التربة ذات نفس معدل الترشيح وبذلك تحرم الطحالب العالقة من النمو في الاحواض الضحلة . الطحالب العالقة تعمل علي خفض معدل الترشيح حيث ترسب علي قاع الحوض وتحدث انسداد لمسام التربة .

كذلك فان الطحالب لكونها تقوم بعملية التمثيل الضوئي فانها تزيل ثاني اكسيد الكربون المذاب في الماء بما يزيد من الرقم الهيدروجيني للماء وعند ارتفاع تركيز الطحالب قد يصل الرقم الهيدروجيني الي 9 او 10 وبالتالي يسبب ترسيب كربونات الكالسيوم .

وهذا يسبب انسداد عام لسطح التربة وبالتالي انسداد للتربة وخفض معدلات الترشيح ولان الطحالب العالقة وانسداد التربة في حالة الاحواض الضحلة قليل الترشيح فانها عموما توفر حمل هيدروليكي اعلي من الاحواض العميقة .

اثناء الغمر تتراكم المواد العضوية والمواد الصلبة العالقة في مياه الصرف في قاع الحوض . بما يعمل علي وجود طبقة انسداد التي تسبب خفض في معدل الترشيح . جفاف الاحواض يعمل علي جفاف هذه الطبقة . وجود شقوق وتحلل المواد العضوية . وبذلك يمكن استعادة الطاقة الهيدروليكية عند اعادة الغمر الي معدل قريب من الاصلي .

ولكن مع استمرار الغمر ينخفض معدل التسرب بما يتطلب اعادة زمن التجفيف . طبقا لمعدل تراكم المواد علي قاع حوض الترشيح . فانه يلزم الازالة لهذه المواد من ان الي اخر . الازالة بالزحافات افضل من الخلط مع التربة حيث تعمل الاخيرة علي طبقة مانعة للنفاذية بسمل 10-20 سم بما يتطلب الازالة الكاملة لهذه الطبقة والذي يكون مكلفا .

في حالة مياه الصرف النظيفة ذات المعالجة الثنائية حيث المواد الصلبة العالقة من 10 الي 20 مليجرام / لتر يمكن ان يكون زمن الغمر والجفاف طويلا حيث يصل الي اسبوعين لكل . ونظافة الخزان يمكن ان تكون كل عام او عامين . مياه الصرف من المعالجة الاولية حيث تركيز المواد الصلبة العالقة اكبر تتطلب معدل الصرف من المعالجة الاولية حيث تركيز المواد الصلبة العالقة اكبر تتطلب معدل يومين غمر وثمانية ايام جفاف . ونظافة قاع الحوض تكون مطلوبة بعد كل فترة جفاف . وعموما برنامج الغمر والجفاف والنظافة لقاع الحوض يبني علي الخبرة لواقع نظام المعالجة .

المعالجة المسبقة:-
المكونات الرئيسية التي يلزم ازالتها من مياه الصرف الخام قبل استخدامها في نظام المعالجة التربة – الخزان الجوفي هي المواد الصلبة العالقة . وان كان المرغوب فيه كذلك خفض الاكسجين الحيوي المستهلك BOD_5 والبكتيريا ولكنه ليس اساسي. المعالجة الثنائية تزيل معظم المواد القابلة للتحلل البيولوجي والذي يعبر عنه بالاكسجين الحيوي المستهلك ولكن بكتيريا التربة يمكنها القيام بالتحلل للمواد العضوية وخفض الاكسجين الحيوي المستهلك ال النصف .

ولذلك يكتفي بالمعالجة الاولية وان كان هذا يعمل علي خفض الحمل الهيدروليكي لزيادة المواد الصلبة العالقة والحمل العضوي عن المعالجة الثنائية بالاضافة الي زيادة معدل النظافة ولكن عدم اجراء المعالجة الثنائية يحقق عائد اقتصادي كبير . كما ذكره سابقا فان اهم ما يجب ازالته من مياه الصرف الصحي قبل استخدامها في الري هو الكائنات الحية الدقيقة المسببة للامراض (Pathogens) .

كذلك قد يكون مطلوب خفض تركيز النيتروجين والمواد الصلبة العالقة والمواد العضوية القابلة لتحلل البيولوجي وذلك للمحافظة علي كفاءة نظام الري او او لاغراض قابلية التعامل مه هذه النوعية من المياه (Aesthetic Reasons) . في حالة استخدام هذه المياه في البحيرات التي تستغل للترفيه او صرفها في المسطحات المائية فانه يلزم ازالة الفوسفور لمنع نمو الطحالب في المياه .

طرق ازالة او خفض مكونات مياه الصرف الصحي :-

المواد الصلبة العالقة Suspended Solids

بعد المعالجة المناسبة تكون المواد العالقة في مياه الصرف الصحي عادة صغيرة جدا نسبيا وفي الشكل العضوي (حماة . بكتيريا. زغبات . خلايا طحلبية, ...الخ) تتراكم هذه المواد الصلبة في حوض الترشيح علي التربة .هذا يتطلب التجفيف المنتظم لاستعادة كفاءة الترشيح وكذلك الازالة بكشط هذه الرواسب من علي سطح التربة . في حالة التربة المكونة من الرمل او الطين فان المواد العضوية (loamy Sand) سوف تخترق التربة الي مسافات قصيرة (عدة سنتيمترات) .

اما في حالة التربة الرملية والتربة ذات الحبيبات الكبيرة فان المواد العضوية الهلامية (Colloidal) العالقة بما فيها الخلايا الطحلبية والاجسام الصغيرة تخترق الي مسافة اكبر . اما في حالة التربة ذات حبيبات الرمال المتوسطة والكبيرة والمنتظمة تكون التربة موثرة جدا كمرشح حيث تزال المادة العالقة تماما من مياه الصرف بعد متر واحد من التسرب خلال منطقة التهوية .

المركبات العضوية : -
معظم المركبات العضوية من اصل ادمي وحيواني او نباتي في مياه الصرف الصحي تتحلل سريعا في التربة . في الظروف الهوائية يكون التحلل سريعا وتاما (الي ثاني اكسيد الكربون . املاح معدنية وماء) اما في الظروف اللاهوائية فانه يسود التحلل اللاهوائي في عمق التربة اثناء الغمر المستمر او الذي يتم علي فترات طويلة .

المركبات العضوية الغير سامة والثابتة مثل احماض الهيومك والفولفيك (Humic and Fulvic) تتكون نتيجة التفاعل بين المواد البروتينية والكربوهيدراتية . قد تصل المعالجة البيولوجية بنظام "معالجة التربة " الخزان الجوفي الي مستوي من الاكسجين الحيوي المستهلك يساوي صفر وذلك علي بعد مسافات قليلة من المترات في عمق التربة بعد تسرب السائل .

ولكن يظل السائل محتوي علي الكربون العضوي وهذا يرجع الي وجود المواد العضوية المخلقة (Synthetic)التي لا تحلل وكذلك وجود احماض الهيوميك والفولفيك والمواد العضوية المهلجنة كل هذه المواد التي لا تحلل بيولوجيا يمكن ازالتها بالمروبات و استخدام الفحم المنشط .

البكتيريا والفيروسات :-
التربة مرشح جيد لازالة الكائنات الحية الدقيقة من مياه الصرف الصحي المعالجة (عدا التربة الزلطية والرملية ذات الحبيبات الكبيرة و ذات المسام الكبيرة او الصخور المتشققة). البكتيريا عموما ترشح في التربة والفيروسات تمتاز وخاصة عند انخفاض الرقم الهيدروجيني وزيادة تركيز الاملاح الكلية المذابة بالاضافة الي الزيادة النسبية للكالسيوم والمغنسيوم علي حساب ايون الصوديوم والبوتاسيوم احادي التكافو .

معظم البكتيريا والفيروسات الادمية لا تتكاثر في التربة ولكنها تموت خلال بضعة اسابيع الي بضعة شهور وقد اثبتت بعض الدراسات الازالة الكاملة للكوليفورم الغائطي بعد عدة مترات خلال التربة وان كانت التربة ذات المسام الكبيرة والشقوق تختفي فيها علي مسافات اكبر.

النيتروجين :-
تتراوح نسبة النيتروجين في مياه الصرف الصحي ما بين 20 الي 100 مليجرام / لتر . يوجد النيتروجين اساسا في الشكل العضوي وفي شكل الامونيوم(NH_4) . في شكل النترات (NO3) نسبة النيتروجين بعد المعالجة الثنائية يكون معظمها في شكل الامونيوم ولكن تصميم بعض العمليات يقوم بتحويله الي نيتروجين النترات . مياه الصرف الخام تحتوي علي كميات كبيرة من النيتروجين العضوي .

التحكم في شكل وتركيز النيتروجين في المعالجة والمعالجة بطريقة التربة – الخزان الجوفي يمكن بالاختيار المناسب لمعدل التمثيل الهيدروليكي وتوقيتات الغمر والجفاف لاحواض التسرب . فمثلا اذا كان النيتروجين في مياه الصرف التي عولجت معالجة اولية في شكل مركبات الامونيوم فان زمن الغمر القصير والتجفيف من ان لاخر لحوض التسرب (مثلا يومين غمر وخمسة ايام تجفيف) يسبب تمام النترجة للامونيا في التربة يسبب التهوية والظروف الهوائية حيث تتحول الي النترات .

اما في حالة طول فترة الغمر وطول فترة التسرب (مثلا شهر غمر وشهر تسرب)سيودي ذلك الي التحلل الكامل للامونيا بسبب الظروف اللاهوائية في التربة وعدم وجود اكسجين للنترجة (Nitrification)
عندئذتحول الظروف اللاهوائية بواسطة العمليات البكتيرية التي تختزل النترات واكاسيد النيتروجين التي تعود الي الجو بهذا الاسلوب امكن التخلص من 75%من نيتروجين مياه الصرف والباقي في شكل النترات .

عملية ازالة النيتروجين (Denitrification) تتطلب وجود النترات والكربون العضوي والذي يعمل مصدر غذاء للبكتيريا المزيلة للنترات (Denitrifying Bacteria)في الظروف اللاهوائية . عند الحالة اللاهوائية
اذا كان النيتروجين في شكل النترات وان مياه الصرف موكسدة الي حد ما عندئذ يلزم اضافة الكربون العضوي الي مياه الصرف للحصول الي ازالة النيتروجين .

الفوسفور :-
يمكن ان تحتوي مياه الصرف علي 5-50 مليجرام / لتر من الفوسفور وعند المعالجة بطريقة التربة – الخزان الجوفي يتحول الفوسفور العضوي بيولوجيا الي املاح الفوسفات . في التربة الجيرية وعند الحالة القلوية للرقم الهيدروجيني يتحول الفوسفور العضوي الي فوسفات الكالسيوم .

اما في التربة الحامضية فان املاح الفوسفات تتفاعل مع اكاسيد الالومنيوم و الحديد في التربة لتكون مركبات غير مذابة . احيانا تمتص الاملاح الفوسفات في التربة حيث تتحول ببطء الي الشكل الغير مذاب , بما يمسح بزيادة الامتصاص للفوسفات ويحدث هذا في حالة التربة النظيفة الرملية وعند الرقم الهيدروجيني المتعادل .

الاملاح المذابة : -
تحتوي مياه الصرف علي انواع كثيرة من الاملاح المذابة بتركيزات منخفضة وهذه تشمل معادن ثقيلة والفلور والبورون . تحتجز المعادن في معظم انواع التربة لكن الرقم الهيدروجيني المرتفع يعمل علي ثباتها وعدم حركتها . يكون الفلوريد فلوريد الكالسيوم الذي له اذابة ضعيفة جدا وكذلك يمتاز ببعض مكونات التربة خاصة اكاسيد الالومنيوم . البورون يتحرك في الرمال والزلط ولكن يمتص علي سطح الطمي وبهذا فان نظام المعالجة بالتربة – الخزان الجوفي يمكن ان يخفض من تركيزات العناصر النادرة (Trace Elements) في مياه الصرف .

الاملاح الكلية المذابة عموما لاتتاثر ويظل التركيز هو نفسه في المياه المعالجة كما في مياه الصرف تقريبا .

الفصل الرابع

" ضوابط وطرق الري بمياه الصرف الصحي"

1- حالات الري الجيد : -
يمكن تعريف الري بانه امداد التربة بالمياه لتوفير الرطوبة الازمة لنمو النبات . الري له دور كبير في زيادة الانتاجية للمحصول ونضجه . في المناطق الجافة وشبه الجافة يعتبر الري اساسي بينما في المساحات الرطبة وشبه الرطبة يكون مطلوب عادة علي اساس ثانوي علي المستوي الحقلي يلزم توفير الاساسيات التالية لنجاح الزراعة الحقلية :

توفير الكمية اللازمة من المياه .
تكون المياه ذات نوعية مقبولة .
تكون توقيتات الري مجدولة .
تستخدم طريقة الري المناسبة .
منع تراكم الاملاح في منطقة الجذور بازابتها وصرفها في التربة (Leaching)
التحكم في منسوب ارتفاع خط المياه الجوفية بطريقة الصرف المناسبة .
تحقيق اقصي استفادة من الاسمدة اللازمة للنبات .
المطالب السابقة بالتساوي عندما يكون مصدر الري هو مياه الصرف . يعتبر وجود المواد التسميدية لنبات في مياه الصرف الصحي الخام او المعالج ميزة خاصة عن الري من المصادر التقليدية واستخدام الاسمدة يكون عندئذ غير ضروري . ولكن يجب عمل اجراءات الوقاية الصحية والبيئية عند استخدام مياه الصرف في الري .

من المعروف ان اكثر من 99% من المياه التي يمتصها النبات تفقد بواسطة النتح والبخر (Evaporation , Transpirtion) من سطح النبات لذلك فمن الناحية العلمية تكون احتياجات النبات من الماء تساوي احتياجات النتح والبخر (ET- Evapotranspiration) والتي تتحدد للمحصول طبقا لعوامل مناخية ولهذا يمكن تقديرها بدقة مناسبة باستخدام بيانات الارصاد الجوية (Meteorological Data)

2- جدولة الري:(Scheduling OF Irrigation)
للحصول علي اقصي انتاجية يتم توفير المياه للمحاصيل قبل وصول محتوي التربة من الرطوبة الي الحالة التي ينخفض فيها معدل النتح والبخر عن طاقته الكاملة . العلاقة بين الانتاج الحقيقي واقصي انتاج بالنسبة للطاقة الكامنة والحقيقة للنتح والبخر يوضح بالمعادلة : -

حيث
A= المحصول الحقيقي الذي تم حصده.

M= اقصي محصول تم حصده .

F= معامل الانتاج .

ÈT = النتح والبخر الحقيقي .

ET_M= اقصي نتح وبخر .
توجد طرق مختلفة لتحديد مواعيد الري وهذه تبني علي عدة عوامل وهي قدرة التربة علي الاحتفاظ بالماء , عمق منطقة جذور النبات . كمية المياه اللازمة لكل رية . طرق الري المستخدمة وامكانيات الصرف .

3- طرق الري :-
توجد طرق كثيرة يستخدمها الزراع لري المحاصيل وهذه تتراوح ما بين سقي النبات كل علي حدي من اناء به ماء الي الري الالي. المحوري . من وجهه نظر ترطيب التربة يمكن تجميع هذه الطرق تحت خمسة مسميات وهي :

الري بالغمر
حيث تغمر المياه كل الحقل لتتسرب الي التربة (Flood Irrigation)

ري الاخدود (Furrow Irrigation):-
في هذه الحالة يكون بين اجناب الاخدود المرتفعة علي الجانبين وتصل المياه الي الاجناب المرتفعة حيث توجد جذور النباتات بكثرة وذلك بالخاصية الشعرية .

الري بالرش (Sprinkler Irrigation):-
حيث يتم الري في شكل رزاز ويصل التربة مثل المطر (مثال ذلك الرشاشات المحمولة والمثبتة والمتحركة والمحورية والقاذفة). معدل الري يتم التحكم فيه لعدم حووث تجميع للمياه علي السطح .

الري اسفل سطح التربة (Sub Irrigation):-
يتم الري اسفل منطقة الجذور بطريقة تجعل منطقة الجذور مبتلة بالخاصية الشعرية (كما في حالة قنوات الري تحت السطحي . المواسير المدفونة) تستخدم لهذا الغرض القنوات السطحية العميقة او المواسير المدفونة .

الري الموضعي (Localized Irrigation):-
يتم الري لكل نبات او مجموعة نباتات يوضع المياه حوله بما يمكن من الترطيب المحلي ومنطقة الجذورفقط (مثال) الري بالتنقيط . الرشاشات الصغيرة جدا) اذابة الاملاح من منطقة الجذور (Leaching). في الزراعات المرورية بالري السفلي (Under Irrigated Agriculture).

يلزم في الري السفلي زيادة في مياه الري لتتسرب خلال منطقة الجذور بهدف ازالة الاملاح التي تراكمت نتيجة النتح والبخر من مياه الري الاصلية . عملية ازالة الاملاح من منطقة الجذور تسمي (Leaching). والجزء من مياه الري الذي يحرك الاملاح الزائدة يسمي(Leaching Fraction) التحكم في الملوحة بازالتها من منطقة الجذور يصبح ذا اهمية وخاصة في حالة زيادة الملوحة في مياه الري .

الصرف Drainage:-
يعرف الصرف بانه الماء الزائد من سطح التربة واسفلها بما يسمح باقصي نمو للنباتات . ازالة المياه الزائدة من السطح تعرف بالصرف السطحي بينما ازالة المياه الزائدة من اسفل سطح التربة يسمي الصرف تحت السطحي (Sub Surface Drainage) . من الاهمية ان يتم الصرف لنجاح الزراعة المروية ويكون الصرف هام في المناطق الجافة وشبه الجافة لمنع الملوحة الثانوية (Secondary Salinization)

في هذه المناطق يرتفع خط المياه الجوفية مع استمرار الري في حالة عدم توفر الصرف المناسب للتربة . عندما يكون خط المياه الاستاتيكي. (في حدود عدة امتار من سطح التربة . فان صعود المياه الجوفية المالحة بالخاصية الشعرية سوف ينقل الاملاح الي سطح التربة .

عند السطح تتبخر المياه تاركة الاملاح . في حالة عدم التحكم في هذه العملية سيزداد تراكم الاملاح بما ينتج عنه ملوحة التربة . في مثل هذه الحالة يكون الصرف تحت السطحي مناسب للتكحم في ارتفاع منسوب خط المياه الجوفية وبالتالي منع حدوثالتمليح للتربة .

4- التغلب علي ملوحة وسمية المياهوالمشاكل الصحية لاستخدامها في الري:-
التغليب علي مشاكل الملوحة : -

ليست كل النباتات تتجاوب مع الملوحة بشكل موحد . بعض المحاصيل يمكن ان تحقق انتاج مقبول باستخدام مياه ذات ملوحة عالية ويرجع هذا لقدرتها علي التحكم الاسموزي طبقا لحاجتها اي القدرة علي امتصاص المياه من التربة المالحة . تعتبر قدرة المحصول علي التاقلم مع الملوحة مفيد للغاية في الاراضي عند تراكم الملوحة فيها بدرجة غير مناسبة لمحصول معين لكي ينمو .

يمكن استخدام محصول بديل الذي يتجاوب مع الملوحة المتوقعة وله القدرة علي توفير محصول اقتصادي
الجدول (3/13) يوضح قائمة بالمحاصيل مقسمة حسب قابلتيها وحساسيتها للملوحة .

*انتاج له كفاءة محققة لكل المحاصيل تقريبا باستخدام مياه ملوحتها اقل من0.7 m/ ds
(0.7X640=508مليجرام / لتر.

عند استخدام مياه ملوحتها ما بين 0.7الي 3 m/ ds(508الي 1920مليجرام /لتر) . من ملوحة عادية الي متوسطة . فان الانتاجية المحصولية يمكن تحقيقها ولكن يجب الحرص في توفير المياه اللازمة (Leaching)
لغسيل الاملاح من التربة وذلك للمحافظة علي ملوحة التربة في حدود التجاوز للمحصول . مياه الصرف المعالجة تقع ضمن هذه المجموعة .

* بالنسبة للمياه ذات الملوحة العالية اكثر من 3=dsاي اكثر من 5000مليجرام /لتر)والمحاصيل الحساسة عملية زيادة المياه لاذابة الاملاح بمياه ملوحتها 160-200مليجرام /لتر ليس عمليا بسب الزيادة الكبيرة في المياه. في مثل هذه الحالات يجب ان يوخذ في الاعتبار استخدام محاصيل تحتاج الي مياه غسيل املاح متوسطة وتتجاوب مع الملوحة في المياه وخاصة في حالة التربة ذات المحتوي العالي من الطمي .

في حالة زيادة الملوحة عن3=ds(1920مليجرام/لتر)فانه يمكن استخدام المياه ولكن يجب ان تكون التربة ذات نفاذية عالية مع استخدام محاصيل تتجاوب مع هذه الملوحة , وحيث جزء من المياه يستخدم لازالة الاملاح . في حالة وجود شك نحو تاثير ملوحة المياه علي انتاج المحصول . يجب ان يتم عمل دراسة حقلية لاظهار اقتصاديات الري.

جدول (3/13)التجاوز في الملوحة في زراعة بعض المحاصيل :-

الملوحة مليجرام /لتر	المحاصيل

اقل من 1280	الموالح, التفاح, الخوخ, العنب, الفراولة, البطاطس, الفلفل, الجزر, البصل, البقول(لوبيا, فاصوليل, فول), الحبوب(قمح, ذرة , شعير).
من 280-1920	التين- الزيتون- الطماطم- الخيار- الكنتالوب- البطيخ- القرنبيط- السبانخ – النباتات لفصية- العشب السوداني.
من1920-2560	الذرة السكرية – الفول السوداني- الارز- البنجر- عشب القلدش الطويل
من2560-3200	فول الصويا- نخيل البلح – البرسيم اواي اعشاب ثلاثية الورقات .
من3200- 4480	القرطم- العصفر- بنجر السكر- الشعير- عشب المراعي – عشب برمودا
اكثر من 4480	القطن – الشعير- عشب القمح

*في تونس تم زراعة الزيتون في ملوحة تزيد عن 5000مليجرام/لتر . وفي الجزائر تم زراعة نخيل البلح في ملوحة تزيد عن 5000مليجرام /لتر .

*عموما زيادة الملوحة تقللمن الكفاءة الانتاجية للمحاصيل طبقا لنوعيتها .

التغلب علي مشاكل السمية:-
تختلف مشاكل السمية عن مشاكل الملوحة حيث انها تحدث في النبات نفسه وليس بسبب نقص المياه . تحدث السمية عندما ياخذ النبات ايونات معينة مع مياه الري وتتراكم في الاوراق علي نفس النبات الي درجة تلف النبات . تتوقف درجة التلف علي الوقت . تركيز المادة السامة . حساسية المحصول والمياه المستخدمة وفي حالة التلف ينخفض المحصول .

الايونات السامة في مياهالري هي ايونات الكلوريد . الصوديوم البورون . وهذه كلها توجد في مياهالصرف الصحي . يحدث التلف للنبات باي من هذه الايونات او مع بعضها . ليست كل المحاصيل متساوية في حساسيتها لهذه الايونات السامة . السمية عادة تصاحب الملوحة او تزيد من مشاكل الملوحة . ومشاكل التسرب للمياه في التربة رغم انها تكون موثرةفي حالة عدم وجود مشاكل ملوحة . بالاضافة الي ايونات الكلوريد والصوديوم والبورون توجد ايونات عناصر كثيرة بتركيزات منخفضة جداولكنها سامة للنبات ولكن لحسن الحظ ان تركيزها المنخفض في مياه الصرف يجعلها غيرموثرة . ولكن في المناطق الحضرية قد توجد تركيزات المعادن الثقيلة في التربة والتي تتراكم في انسجة النبات وتعمل علي خفض المحصول. هذه التركيزات العالية ترجع الي تكرار الري بمياه الصرف المحتوية علي هذه العناصر والذي يعمل علي تركيز المعادن الثقيلة في التربة بنسبة 85%.

لتجنب المشاكل الصحية:-
من وجهة نظر الاستهلاك الادمي وتاثيره علي الصحة يمكن تقسيم المحاصيل والنباتات المزروعة الي المجموعات التالية : -

محاصيل غذائية : توكل طازجة – توكل بعد طبخها .
محاصيل الاعلاف: التي تعطي للحيوان مباشرة – التي تعطي للحيوان بعد حصادها .

المحاصيل البستانية : مساحات مفتوحة غير محمية او مسورة – مساحات شبه محمية .
محاصيل شجرية : تجارية (الفاكهة . اشجار خشبية للوقود او الفحم النباتي.)- بيئة تثبيت التربة .

لتجنب المخاطر الصحية تستخدم المياه المعالجة ذات النوعيه الجيدة من الناحية البيولوجية لري النباتات التي توكل طازجة . والمياه الادني في النوعية تستخدم حيث لا يوجد تعرض مباشر للمواطنين .

اختيار طرق الري : -
يتوقف اختيار طريقة الري علي حالة الامداد بالمياه . حالة الجو . التربة . المحصول . تكاليف الري وقدرة المزارع علي ادارة نظام الري . وعند استخدام مياه الصرف كمورد للري يلزم ان يوخذ في الاعتبار عوامل اخري مثل النباتات والمحاصيل التي تم حصدها . العمال الزراعيين . المناخ ومشاكل الملوحة والسمية . يوجد
مجال متسع لخفض الاثار السلبية لمياه الصرف من خلال اختيار طرق الري المناسبة :

يتوقف اختيار طريقة الري علي العوامل الفنية الاتية:-
اختيار المحاصيل .
بلل الاجزاء الورقية في الفاكهة والاجزاءالمعرضة للهواء.
توزيع المياه. الاملاح . الملوثات في التربة .
قدرة التربة علي الاحتفاظ بالماء بسهولة .
كفاءة التطبيق.
مدي تلوث البيئة و العمال الزراعيين .

الجدول (3/14) يوضح تحليل العناصر المتعلقة بطرق الري الشائعة وه الري بالغمر (Border) لري القنوات بين الجسور (Furrow)الري بالرش (Sprinkler)الري بالتنقيط (Drip).

جدول (3/14)تقييم طرق الري العادية بالنسبة لاستخدام مياه الصرف المعالج :-

م	معاييرالتقييم	الري بين الجسور	الري بالغمر	الري بالرش	الري بالتنقيط
1	بلل الاوراق وبالتالي تلفها , ينتج عنه محصول ضعيف	لا توجد مخاطر بلل الاوراق لوجود النباتات علي الجسور	بعض الاوراق السفلية تتاثر ولكن التلف لايسبب خفض الانتاج	يمكن حدوث تلف للاوراق وبالتالي خفض الانتاج	لايحدث اي تلف لطريقة الري هذه
2	تراكم الاملاح في منطقة الجذور مع تكرار الري	تتراكم الاملاح علي الجسر والذي يمكن ان يضر بالنباتات	الاملاح تتحرك افقيا بالانحدار وليس من المحتمل تراكمها عند الجذور	حركة الاملاح لاسفل ولا يحتمل تراكمها عند الجذور	حركة الاملاح دائرية علي طول اتجاه حركة المياه تتكون الاملاح بين نقط الري
3	قدرة المحافظة علي طاقة التربة الماء عالية	يتعرض النبات للاجهاد بين فترات الري	يتعرض النبات للاجهاد بين فترات الري	لايمكن المحافظة علي طاقة التربة والماء في مراحل نمو النبات	يمكن المحافظة علي طاقة التربة والماء في مراحل نمو النبات مع خفض اثر الملوحة .
4	امكان استخدام مياه الصرف المملحة (الخمضاء)brakish Waste water وبدون التاثير علي انتاجية المحصول .	مقبول الي حد ما عند حس الادارة والصرف يمكن تحقيق محصول مقبول	مقبول الي حد ما مع الري والصرف الجيد يمكن تحقيق محصول جيد	ضعيف الي مقبول معظم امراض النبات معرضة للتلف والمحصول منخفض	جيد الي ممتاز كل المحاصيل يمكن ان تنمو مع خفض قليل في الانتاجية

اي نوع من نظم الري بالغمر حيث يتم الغمر الكامل لسطح التربة بالمياه المعالجة يعتبر اسلوب ري غير كفء . هذا النظام عادة يلوث محاصيل الخضروات التي تنمو قريبا من سطح الارض وجذور النباتات . مع تعرض عمال الزراعة الي المياه المعالجة اكثر من اي طريقة اخري.

ولذلك فمن وجهة النظر الصحيحة والمحافظة علي المياه فان الري بالغمر غير مناسب .
ري القنوات بين الجسور لايبلل السطح الكلي وهذه الطريقة تقلل تلوث المحصول نظرا للنمو علي الجسور ولكن الحماية الصحية الكاملة غير مضمونة . تلوث العمالة الزراعية بين المتوسط والعالي طبقا للاستخدام الالي.

في حالة نقل السيب المعالج خلال مواسير حتي كل قناة باستخدام بمحابس يمكن بذلك خفض مخاطر التلوث.
لاتتاثر كفاءة الري السطحي عموما (الغمر)الاحواض . القنوات بين الجسور بنوعية المياه وان كانت المخاطر الصحية اكيدة .

بعض المشاكل تظهر في وجود كميات كبيرة من المواد الصلبة العالقة والتي ترسب وتعيق التدفق في القنوات والمحابس والمواسير والمهمات . باستخدام المعالجة الاولية الصرف الصحي يمكن تجنب كثيرا من هذه المشاكل . لتجنب ظهور المياه الراكدة علي سطح الارض يلزم تسوية الارض بحرص مع وجود تدرج في ميل الارض.

طرق الري بالرش:-
تعتبر اكثر كفاءة نحو استخدام المياه حيث يمكن توفير التجانس ولكن طريقة الري العلوي هذه يمكن ان تلوث المحاصيل . اشجار الفاكهة وعمال الزراعة . بالاضافة الي ان الكائنات الممرضة يمكن ان تحمل للسكان القريبين ويعتبر الري الالي يالرش اكثر تكلفة من الري اليدوي .

تعتبر تسوية الارض اساسية في الري بالرش لمنع الفقد في الضغط وللحصول علي تجانس في الميل . يتاثر الري بالرش بنوعية المياه اكثر من الري السطحي نظرا لاحتمال انسداد الفتحات . واحتمال حرق الاوراق والسمية في حالة زيادة العناصر السامة في المياه وانسداد المواسير ونظم الرش.

وقد وجد ان المعالجة الثنائية مناسبة للري بالرش شريطة عدم زيادة ملوحة السائل وذلك مع زيادة قطر فنية دفع المياه بحيث لا تقل عن 5سم كما يلزم ترشيح المياه بالمرشحات الرملية مع المعالجة الثنائية . عموما ان تحديد طريقة الري يتوقف علي عدة عامل والاساس فيها هو العامل الاقتصادي.

الجدول (3/15): يوضح نوعية المياه التي تمنع حدوث انسداد في نظم الري (الري بالتنقيط):

المشاكل الرئيسية	الوحدات	درجة الحذر عند الاستخدام		
المواد الصلبة العالقة	مليجرام / لتر	50>	100-50	100<
الرقم الهيدروجينيph		7>	7-8	8<
المواد الصلبة المذابة	مليجرام / لتر	500 >	2000-500	2000<
المنجنيز او الحديد	مليجرام / لتر	0.1>	1.5-0.1	1.5<
كبريتيد الهيدروجين	مليجرام / لتر	0.05>	2.0-0.5	2.0<
العدد البكتلرويوجي	اقصي عد/ 100سم2	10000>	10000-50000	< 50000

ادارة الري بالمياه المعالجة :- معظم مياه الصرف المعالجة ليست عالية الملوحة . مستوي الملوحة عادة يتراوح ما بين 500 الي 2000مليجرام /لتر (من0.7الي3ECW0.- توصيل كهربي) وقد تصل الملوحة في بعض الحالات الي اكثر من 2000مليجرام / لتر .

ولذلك يلزم عمل الاجراءات لمنع التمليح بصرف عن ملوحة مياه الصرف المعالجة عالية او منخفضة . يلاحظ انه في حالة استخدام مياه غير مالحة مثل المحتويمن الملوحة من 200الي 500 مليجرام / لتر , عند استخدامهابمعدل 20000 م3/هكتار (8400م3للفدان)للري سنويا سيضيف من 2الي 5طن من الملح سنويا الي التربة .

في حالة عدم انزال هذه الاملاح من منطقة الجذور بازالتها وصرفها (Leaching)بطريقة صرف جيدة . يمكن ان تتراكم مشاكل الملوحة ولهذا فان عملية اذابة الاملاح وصرفها من الاعمال الهامة في ادارة استعمالات المياه لمنع ملوحة التربة .

اذابة الاملاح وصرفها (Leaching)

كما ذكر سابقا فانه في الزراعات المروية يلزم زيادة في مياه الري لتتسرب في منطقة الجذور لاذابة الاملاح التي تراكمت نتيجة البخر والنتح من مياه الري الاصلية عملية ازالة الاملاح من منطقة الجذور تسمي(Leaching)
والجزء من المياه اللازم لتحريك الاملاح الزائدة يسمي الجزء الخاص باذابة الاملاح (Leaching Fraction) -(LF)

$$\text{المياه الازمة لاذابة الاملاح } LF = \frac{\text{عمق المياه المتسربة اسفل منطقة الجذور}}{\text{عمق المياه المستخدمة عند السطح}}$$

يعتبر التحكم في الملوحة بالازالة الموثرة للاصلاح في منطقة الجذور هام جدا عند زيادة ملوحة مياه الري .

لتعيين الاحتياجات المائية لازالة الاملاح يلزم معرفة ملوحة مياه الري (EC_w)وتجاوب المحصول مع ملوحة التربة .
يمكن استخدام المعادلة التالية لتعيين احتياجات المياه لاذابة الاملاح لمحصول معين : -

$$LR = \frac{EC_w}{5(EC_e) - (EC_w}$$

LR= ادني احتياجات من المياه لجعل الملوحة في حدود السماح للحصول بطريقة الري السطحية العادية.

EC_W= ملوحة المياه المستخدمة في الري مقيمة (ds/m).

EC_e= متوسط ملوحة التربة المقاسة من محلول التشبع للتربة الملائمة للمحصول يوصي بان تكون قيمة EC_e المتوقعة توفر ما لا يقل عن 90%انتاجية اواكثر لاستخدامها في الحسابات.