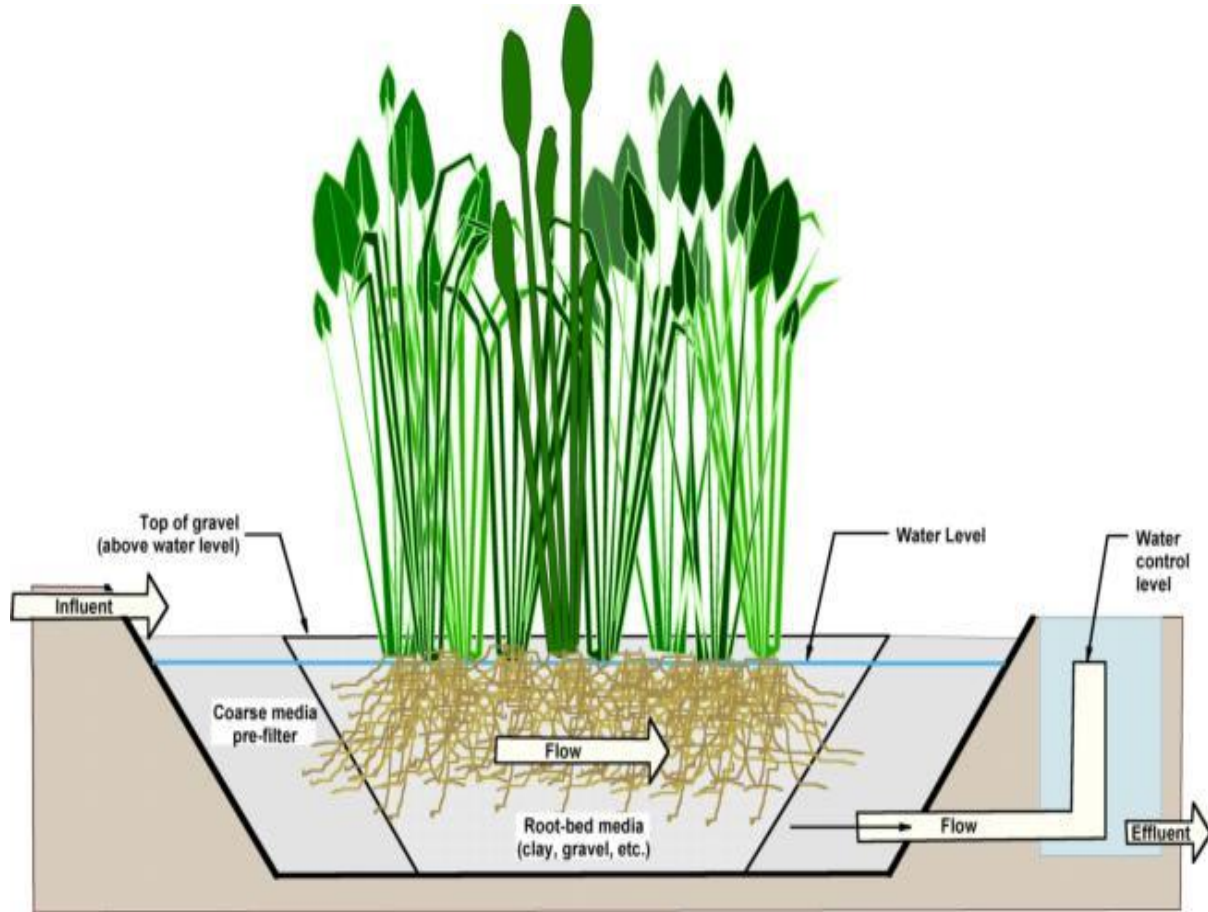


معالجة مياه الصرف الصحي بالأراضي الرطبة



إعداد الدكتور المهندس : عبد الله صغير

Email: a.saghir@secdo.org

الغاية من ورشة العمل

- 1- تسليط الضوء على المشاكل البيئية و الصحية الناتجة عن عدم معالجة مياه الصرف الصحي.
- 2- تسليط الضوء على طريقة المعالجة بالأراضي الرطبة و مناقشة أهم الأسس التصميمية.
- 3- مناقشة مدى إمكانية تطبيق طريقة معالجة مياه الصرف بالأراضي في سوريا.
- 4- مثال تطبيقي " محطة الراعي " في شمال سوريا.
- 5- بعض التوصيات.

• إن موضوع المياه يعتبر من الأمور الهامة جداً في العالم عموماً وفي الوطن العربي خصوصاً نظراً لمحدودية الموارد المائية في الوطن العربي ولوقوعه في المنطقة الجافة وشبه الجافة , حيث تشكل المساحات الجافة و شبه الجافة حوالي 85-92% من مساحة الوطن العربي.

• وفي كلمة الأمين العام للجامعة العربية الدكتور عصمت عبد المجيد وفي "مؤتمر الأمن المائي" في القاهرة جاء: «إن قضية المياه في الوطن العربي تكتسب أهمية خاصة نظراً لطبيعة الموقع الاستراتيجي للامة العربية، حيث تقع منابع حوالي 60% من الموارد المائية خارج الأراضي العربية، مما يجعلها خاضعة لسيطرة دول غير عربية، وما يزيد الأمر تعقيداً يكمن فيما يعانيه الوطن العربي من فقر مائي يصل في وقت قريب إلى حد الخطر مع تزايد الكثافة السكانية وعمليات التنمية المتواصلة».

• تشمل معالجة مياه الصرف الصحي مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية والاحيائية التي يتم فيها إزالة المواد الصلبة والعضوية والكائنات الدقيقة أو تقليلها إلى درجة مقبولة ، وقد يشمل ذلك إزالة بعض العناصر الغذائية ذات التركيزات العالية مثل الفوسفور والنيتروجين في تلك المياه ويمكن تقسيم تلك العمليات حسب درجة المعالجة إلى عمليات تمهيدية وأولية وثانوية ومتقدمة ، وتأتي عملية التطهير للقضاء على الأحياء الدقيقة في نهاية مراحل المعالجة وتتضمن هذه المراحل شكل مايلي

المعالجة التمهيدية:

- تستخدم في هذه المرحلة من المعالجة وسائل لفصل وتقطيع الاجزاء الكبيرة الموجودة في المياه لحماية أجهزة المحطة ومنع انسداد الأنابيب ، وتتكون هذه الوسائل من منخل متسع الفتحات وأجهزة سحق وتحتوي هذه المرحلة أحيانا على أحواض أولية للتشبيع بالأكسجين ، ومن خلال هذه العملية فإنه يمكن إزالة 5-10% من المواد العضوية القابلة للتحلل إضافة إلى 2-20 % من المواد العالقة . ولا تعد هذه النسب من الإزالة كافية الغرض إعادة استعمال المياه في أي نشاط.

المعالجة الأولية:

الغرض من هذه المعالجة إزالة المواد العضوية والمواد الصلبة غير العضوية القابلة للفصل من خلال عملية الترسيب . ويمكن في هذه المرحلة من المعالجة إزالة 30 – 50 % من المواد العضوية القابلة للتحلل إضافة إلى 50 – 70 % من المواد العالقة . وتحتوي الوحدة الخاصة بالمعالجة الأولية على أحواض للترسيب والترسيب وأحواض إزالة الرمال و الزيوت والشحوم.

المعالجة الثانوية:

- هذه المرحلة من المعالجة عبارة عن تحويل المواد العضوية المنحلة إلى كتل حيوية قابلة للتسيب وغاز ينطلق في الجو , و تزال هذه المواد العضوية القابلة للتسيب عن طريق التسيب في حوض التسيب الثانوي ، ويمكن من خلال المعالجة الثانوية إزالة مايقارب 60-95 % من المواد القابلة للتحلل.

المعالجة الثالثة:

• يتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى ما نقي بدرجة عالية ويحتوي هذه المرحلة على عمليات مختلفة لإزالة الملوثات التي لا يمكن إزالتها بالطرق التقليدية سابقة الذكر ومن هذه الملوثات : النتروجين والفوسفور والمواد العضوية , والمواد الصلبة المنحلة , إضافة إلى المواد التي يصعب تحللها بسهولة والمواد السامة وتتضمن هذه العمليات ما يلي:

• التناضح العكسي: Reverse Osmosis

• الترشيح الرملي: Sand Filtration

• التخثر الكيميائي والترسيب. Chemical coagulation & sedimentation.

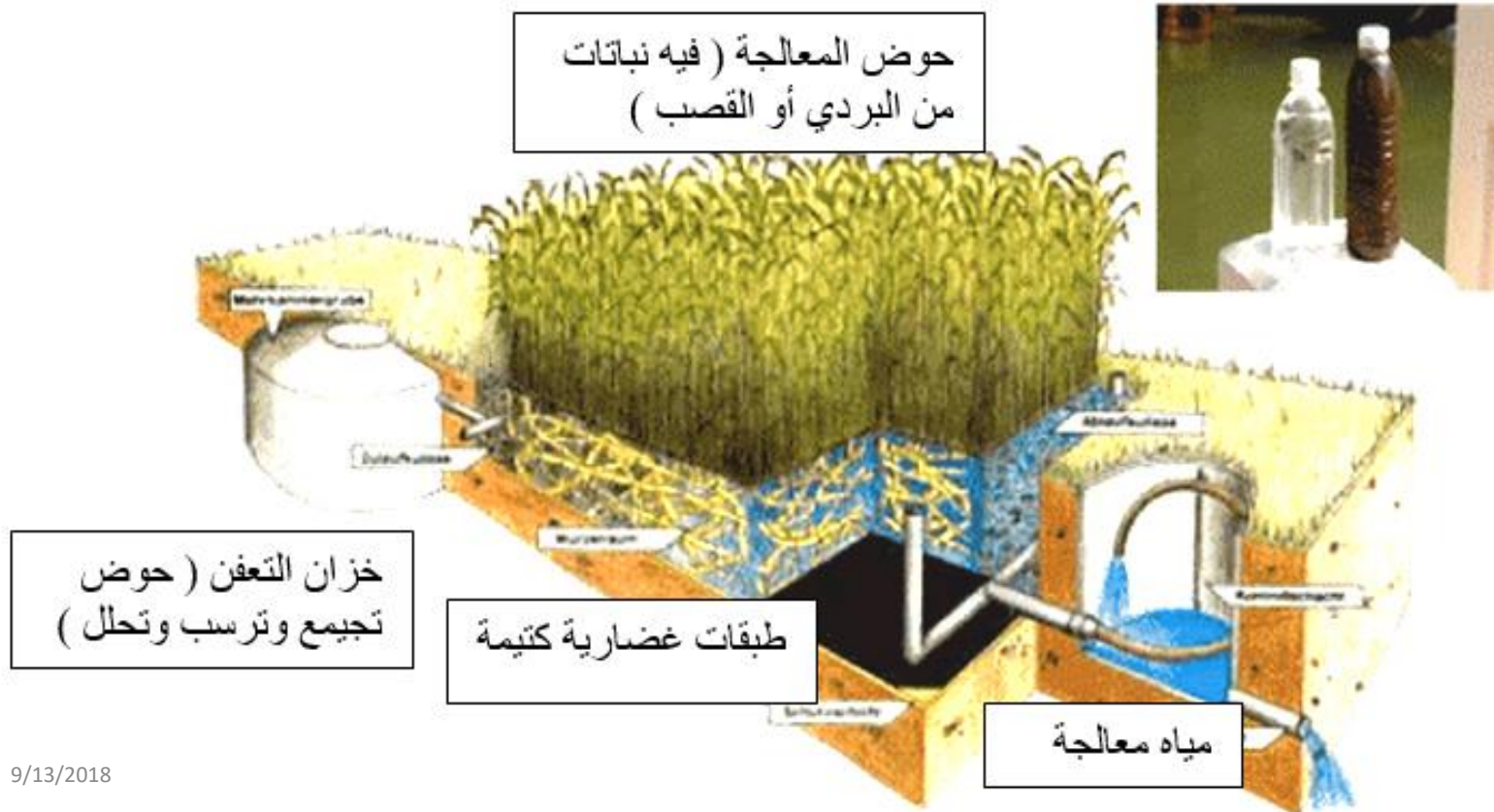
• الامتصاص الكربوني : Carbon Adsorption

• التبادل الأيوني Ion Exchange

معالجة مياه الصرف الصحي بطريقة الأراضي الرطبة

الشكل العام لطريقة المعالجة بالنباتات

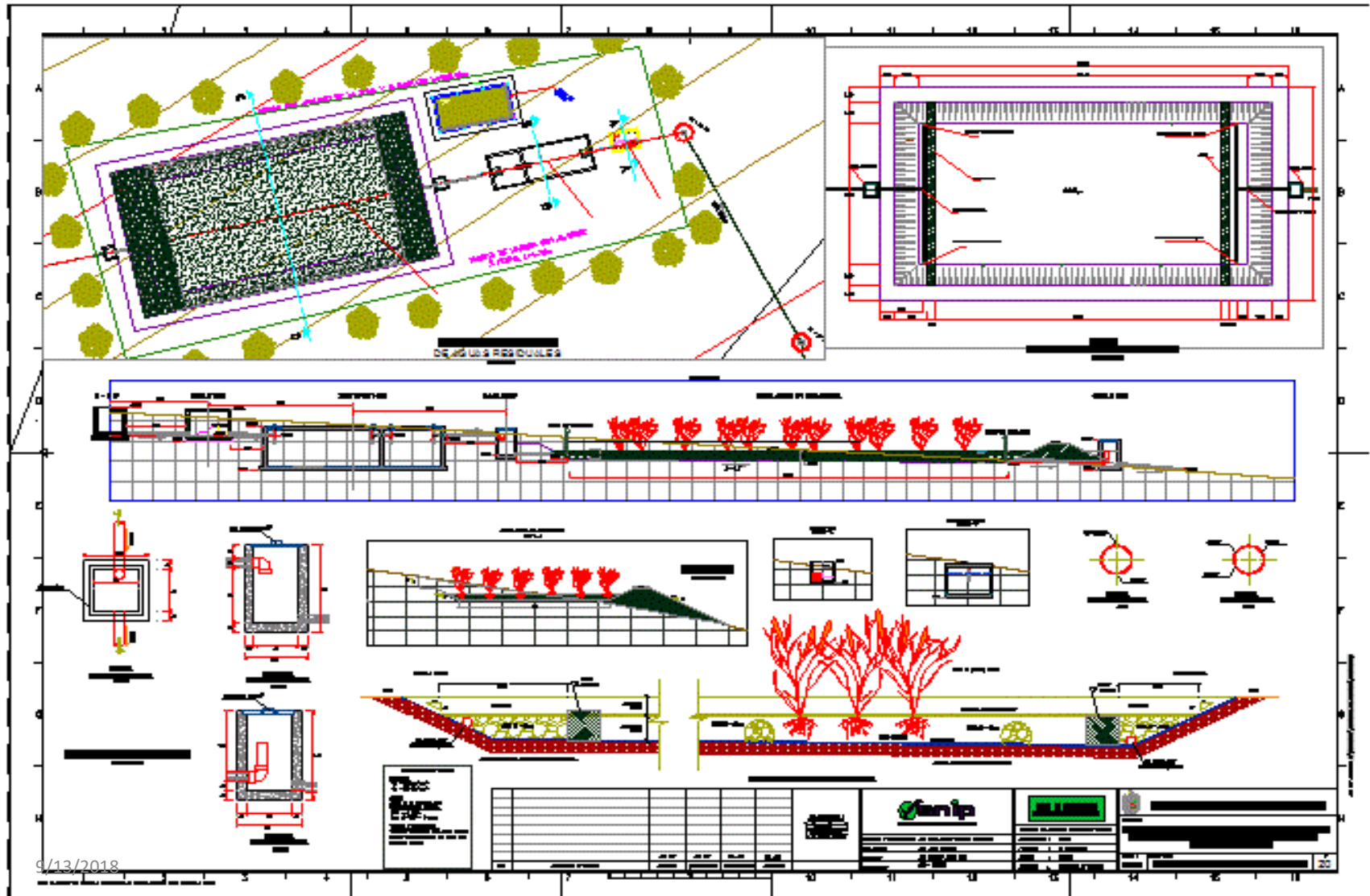
تعتبر هذه الطريقة من طرق المعالجة الطبيعية في معالجة مياه المجاري عموماً سواء أكانت ناتجة عن النشاطات المنزلية أم عن مياه الأمطار .



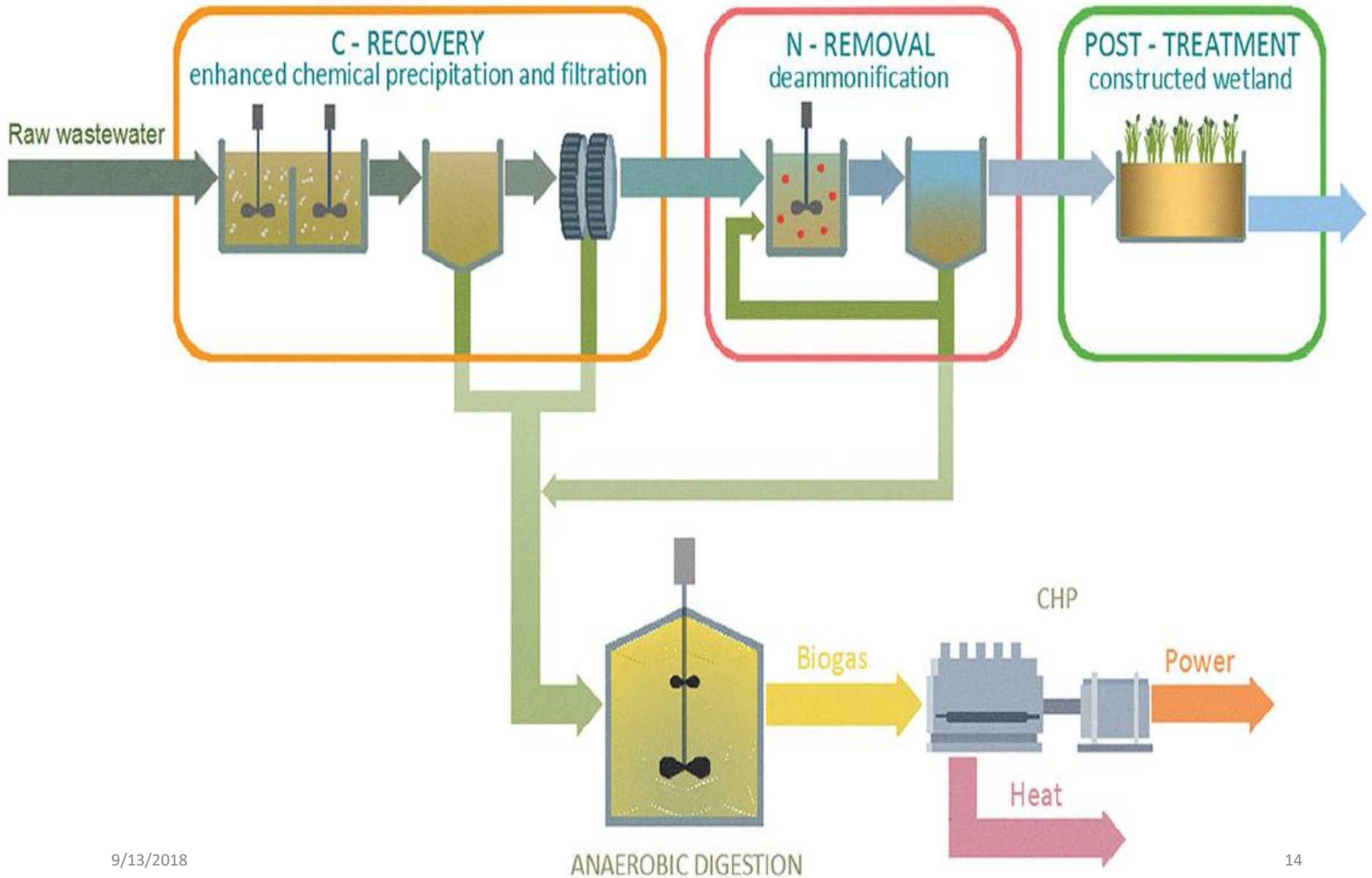
متى يمكن أن نستخدم طريقة المعالجة في الأراضي
الرطبة ؟

- يمكن استخدام طريقة المعالجة بالأراضي الرطبة كمرحلة معالجة ثانوية أي تسبق بمعالجة ابتدائية و معالجة أولية كما في الشكل الآتي .
- كذلك يمكن استخدام مرحلة معالجة Post treatment لاحقة تسبقها مرحلة معالجة ثانوية والهدف من طريقة المعالجة بالأراضي الرطبة في هذه الحالة تحسين مواصفات المياه المعالجة كإزالة النتروجين و الفسفور.

مخطط يبين أحد محطات المعالجة بالأراضي الرطبة (كمرحلة معالجة ثانوية)



استخدام طريقة المعالجة بالأراضي الرطبة كـ Post treatment

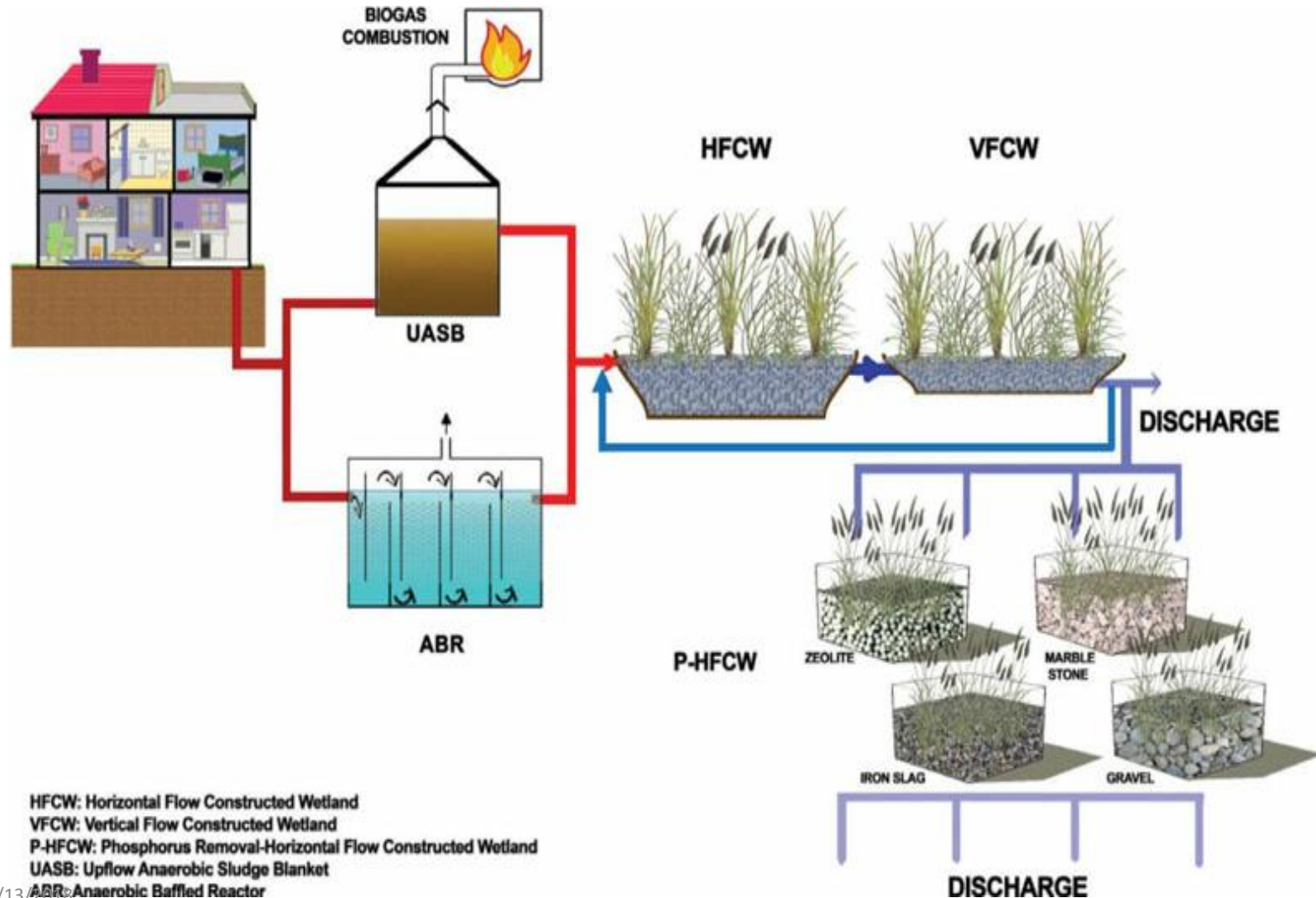


استخدام طريقة المعالجة بالأراضي الرطبة كـ Post treatment



- يمكن أيضا استخدام المفاعل UASB كمرحلة تسبق المعالجة بالأراضي الرطبة
و ذلك بهدف استرجاع الغاز الحيوي , وكذلك يمكن اضافة مراحل اضافية
أخرى من أجل ازالة الفسفور من مياه الصرف .

مخطط يبين أحد محطات المعالجة بالأراضي الرطبة مع استرجاع الغاز الحيوي



أنواع محطات المعالجة التي تعمل بالأراضي الرطبة من حيث طريقة إنشائها:

1- أراضي رطبة طبيعية (Natural Wetlands):

ويمتاز هذه النوع بكثرة إنتشاره وبساطته وقلة تكلفته , وهذا النوع بفضل يتكون بشكل طبيعي دون تدخل الإنسان في مكوناته وهو عبارة عن بحيرات فيها نباتات ومياه صرف , وتكون التربة الحاملة للنباتات هي التربة الأصلية الموجودة في الموقع وينحصر دور الإنسان في هذه الحالة فقط في المراقبة وتهذيب المكان .

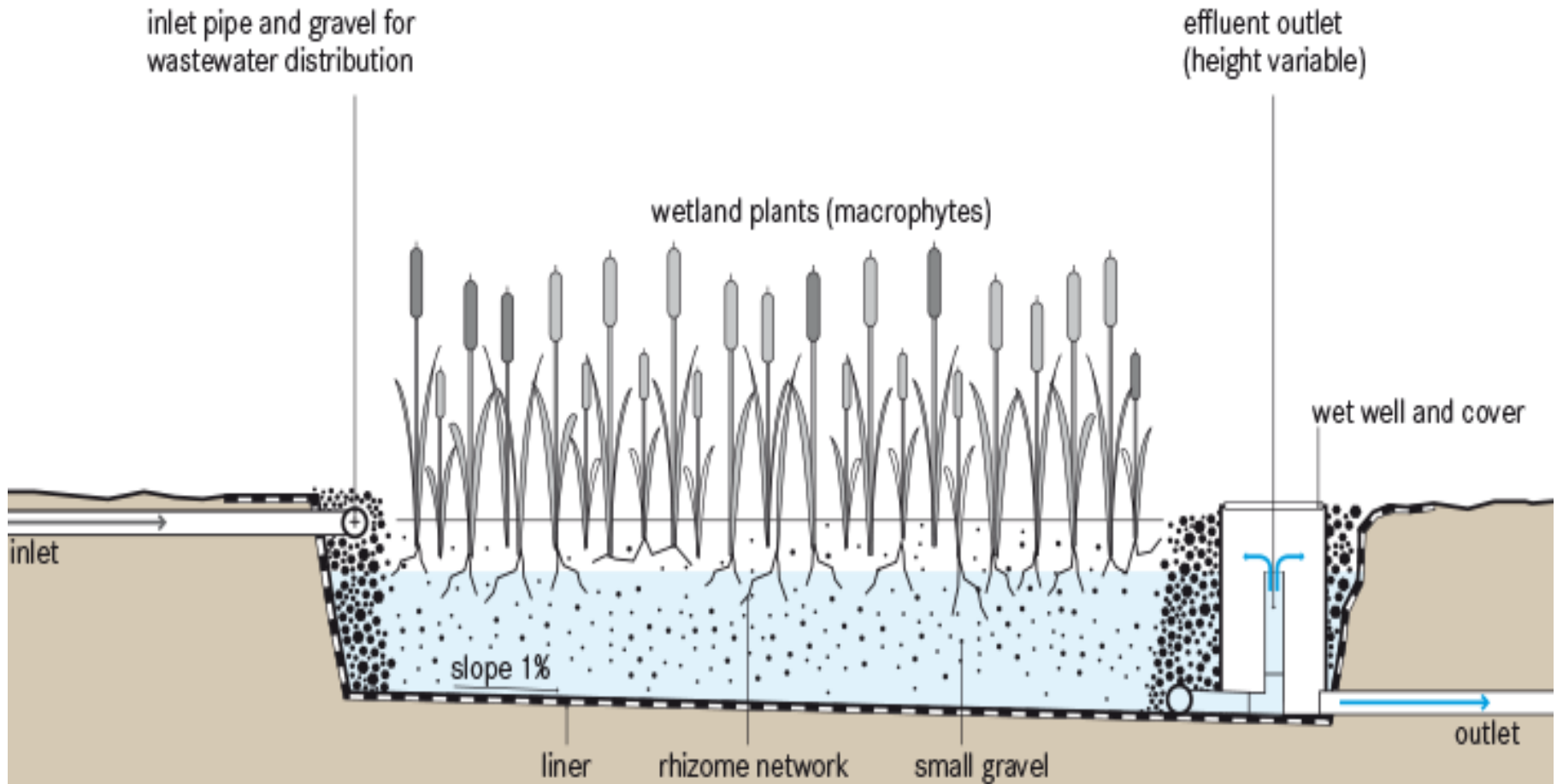
2-أراضي رطبة من صنع الإنسان (Man made Wetlands) :

ويقوم الإنسان بإنشائها بالكامل مغيرا بطبيعة المنطقة التي تصب فيها المجرور النهائي وحيث يقوم بوضع تربة خاصة للمعالجة ويتحكم بزرع النباتات الخاصة .

3-أراضي رطبة مشتركة (Natural Wetlands Man made Wetlands)

(Combination Of): وهي أراضي رطبة طبيعية يقوم الإنسان بإجراء بعض التعديلات عليها كأن يقوم بزرع نباتات جديدة.

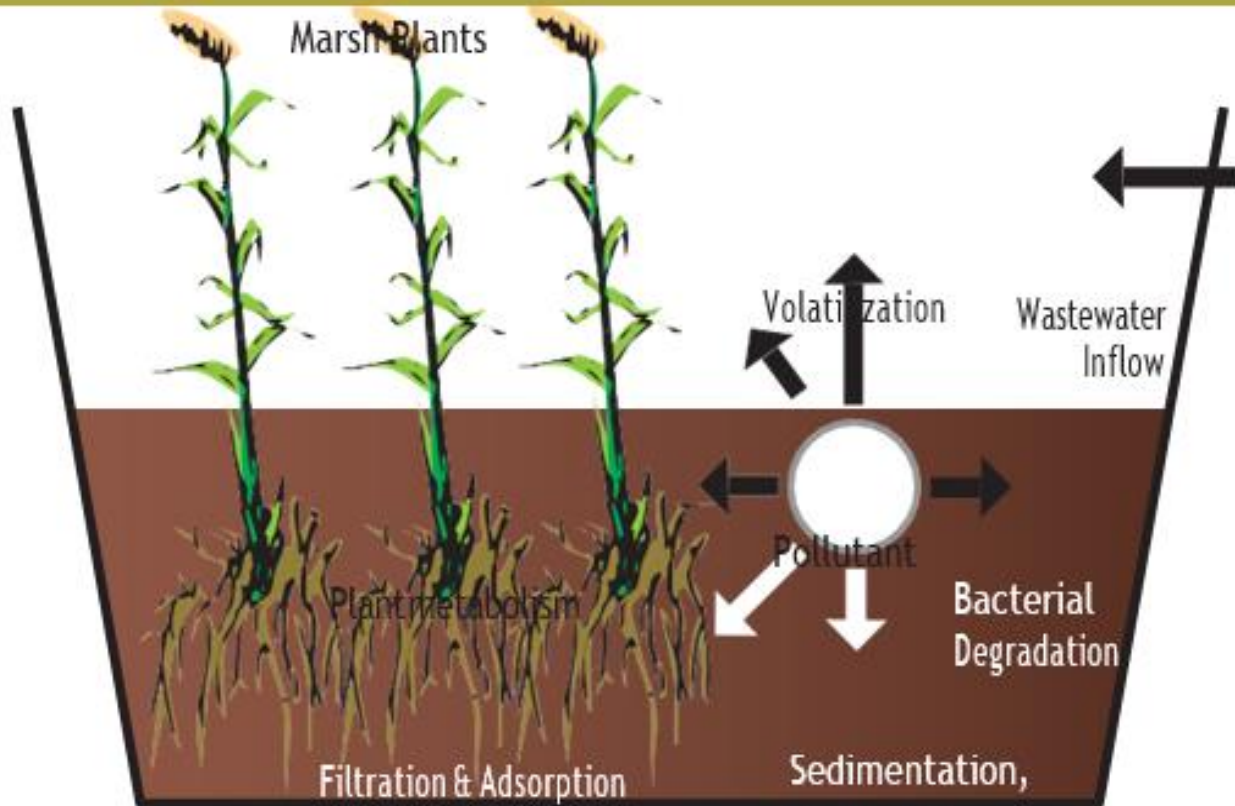
شكل حوض معالجة بطريقة النباتات



آلية ازالة الملوثات في الأحواض الرطبة

- 1- الترسيب.
- 2- الامتزاز.
- 3- الاستهلاك عن طريق النباتات.
- 4- معالجة بيولوجية لاهوائية و/أو هوائية و/أو منقوصة.
الأوكسجين.
- 5- الترشيح.

شكل يبين الية ازالة الملوثات في الأحواض الرطبة



Pollutant removal mechanism (modified from Wetlands International, 2003)

FIGURE 5

The pollutant removal mechanisms in constructed wetland are presented in Table 2.

آلية ازالة الملوثات في الأراضي الرطبة (Cooper *et al.*, 1996)

المؤشر	الآلية وكيفية الازالة
المواد المعلقة	الترسيب الترشيح
المواد العضوية المنحلة	التفكيك البيولوجي بواسطة البكتريا الهوائية و/أو اللاهوائية و أو الاختيارية
الفوسفور	مصفوفة الامتزاز الاستهلاك بالنباتات
النيتروجين	أكسدة الامونيا وتحويلها الى نترات اختزال النترات الاستهلاك في النباتات مصفوفة الامتزاز
المعادن	الامتزاز و التبادل الايوني الترسيب الاستهلاك بالنباتات اختزال بالطرق البيولوجية
Pathogens الممرضات	الترسيب الترشيح فناء طبيعي يمكن عن طريق جذر النباتات ايضا

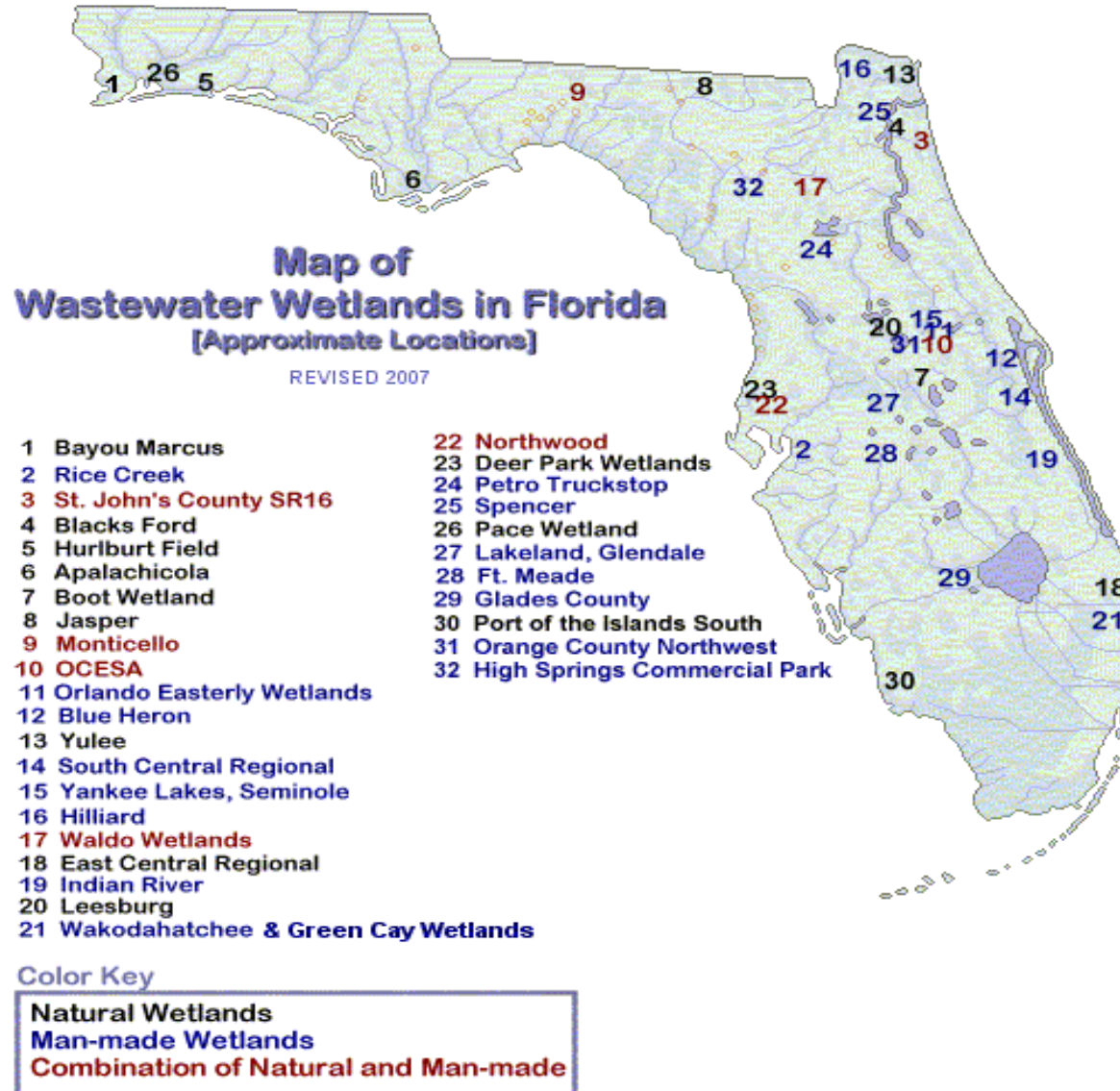
- وتجدر الإشارة إلى أن طريقة المعالجة بالأراضي الرطبة تقسم إلى ثلاث أنواع من حيث جريان المياه في منطقة المعالجة وهي الأقسام هي :
- محطات معالجة الأراضي الرطبة ذات الجريان السطحي : ويكون جريان المياه الملوثة في منطقة المعالجة على سطح التربة وغالب محطات المعالجة بالأراضي الطبيعية من هذا النوع ولهذا النوع الكثير من المساوئ منها انتشار روائح كريهة وانتشار الذباب والبعوض في المنطقة المحيطة بمحطة المعالجة مما قد يسبب الكثير من الأمراض في المنطقة المحيطة.

- محطات معالجة بالأراضي الرطبة ذات الجريان تحت السطحي : وبنظام الجريان يكون تحت سطح التربة بقليل ويعتبر هذا النظام أفضل بكثير من نظام المعالجة ذي الجريان السطحي وغالب محطات المعالجة بالأراضي التي هي من صنع الإنسان من هذا النوع .

- محطات معالجة بالأراضي الرطبة ذات الجريان العميق : ويكون نظام الجريان عميق تحت سطح التربة وهذا النظام يتشكل أحياناً بشكل طبيعي .

- ويوجد تصنيفات أخرى بحسب نفوذية التربة ...

الشكل التالي رقم (1) فيه خارطة لمقاطعة فلوريا والتي يظهر فيها عدداً كبيراً من محطات المعالجة بالأراضي الرطبة بكل أنواعها (طبيعي – صناعي - مشترك):



- نلاحظ من الشكل السابق وهو مأخوذ في عام 2007 مايلي :
- يوجد 32 محطة معالجة بطريقة الأراضي الرطبة منها :
- /15/ محطة معالجة بطريقة الأراضي الرطبة من صنع الإنسان .
- /12/ محطة معالجة بطريقة الأراضي الرطبة الطبيعية .
- /5/ محطة معالجة مختلطة (طبيعية + من صنع الإنسان)

مكونات محطة المعالجة التي تعمل وفق طريقة المعالجة بالأراضي :

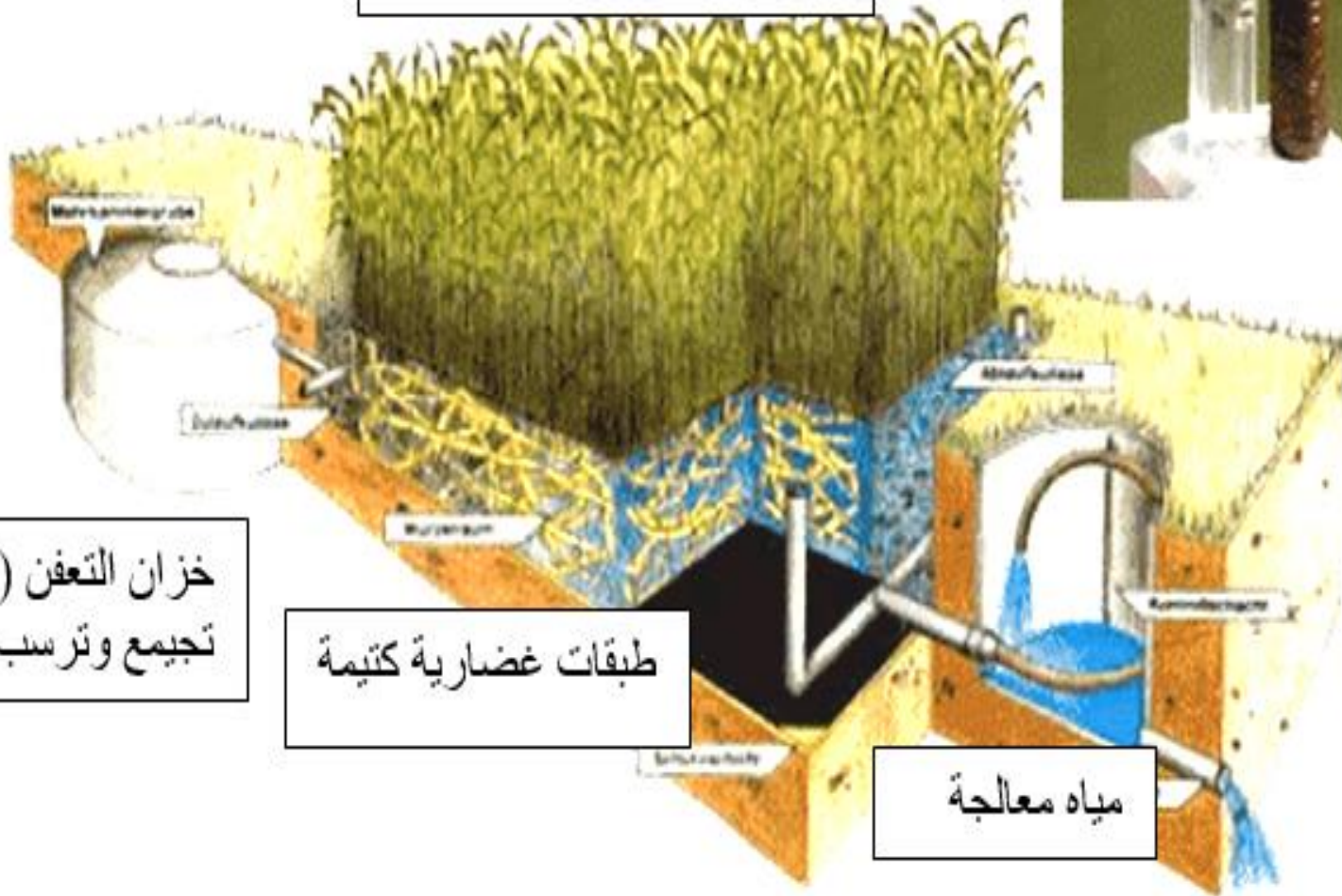
- حوض تجميع وترسيب : حيث يعتبر حوض الترسيب الأولي في هذه الطريقة من الأجزاء الهامة التي لا يمكن الاستغناء عنها ولذلك من أجل فصل المواد المعلقة والحماة الأولية وذلك قبل وصولها إلى مرحلة المعالجة الأساسية لمنع انسداد مسامات التربة .

- 2- حوض المعالجة الرئيسي :وفيه تتم المعالجة الفيزيائية و البيولوجية والمياه الصرف الصحي اعتماداً على ما يلي:
- الترشيح الذي يحدث لمياه الصرف عبر مرورها في مسامات التربة والتي قد تكون طبيعية من الموقع او من تركيب الإنسان كما سيمر لا حقاً بإذن الله .
- الامتزاز :وتقوم به جزيئات التربة وخصوصاً إذا كانت غضارية فتقوم بامتزاز الملوثات إلى جزيئات التربة .

- المعالجة البيولوجية : وذلك عن طريق نشاط البكتريا التي تعيش في التربة وهذه البكتريا منها ما هو هوائي (في الطبقات السطحية العليا من التربة) ومنها ما يكون اختياري ومنها لا هوائي وتقوم هذه البكتريا بتفكيك المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف وتحويلها إلى غازات ومركبات عضوية أبسط .
- المعالجة البيولوجية بواسطة النباتات : وتعتبر هذه المعالجة أهم المعالجة السابقة يتم عن طريق جذور النباتات التي تمتص المزيج (مياه + ملوثات عضوية) من التربة المحيطة بها محولة تلك الملوثات إلى غاز CO2 وبخار ماء و أوكسجين ومواد عضوية أخرى (ثمار ونباتات) .

• 3- حوض التجميع النهائي : وهذا القسم ليس ضروري لأنه عادة يتم تنفيذ الأراضي الطبيعية الرطبة قبل المصب النهائي , إمّا إذا كانت الأراضي الرطبة من صنع الإنسان فهذا يتم تنفيذ حوض التجميع النهائي من أجل سقاية المزروعات .

حوض المعالجة (فيه نباتات
من البردي أو القصب)



خزان التعفن (حوض
تجميع وترسب وتحلل)

طبقات غضارية كثيفة

مياه معالجة

محاسن ومساوئ طريقة المعالجة بالأراضي :

- أولاً نبدأ بالمحاسن :

- سهل الإنشاء وبسيطة التصميم .

- كلفة الإنشاء والتشغيل منخفضة جداً.

- تعطي كفاءة جيدة لإزالة المواد العضوية معبراً عنها بـ BOD_5 و COD

- وخصوصاً عندما يكون الجو ملائماً لنمو النباتات المزروعة.

- لا تحتاج عمال كثر للمراقبة وضبط العمليات.

- في حالة كان الجريان سطحي في هذه المحطات فإنه من المحتمل وبشكل كبير انتشاراً روائح كريهة وغازات ضارة بالبيئة المحيطة .
- هذه الطريقة من المعالجة يصعب تعديلها بعكس طرق المعالجة الأخرى كطريقة الحماية المنشطة التي يمكن التحكم بها من أجل زيادة كفاءة المعالجة بناء على التدفق الداخل والحمل العضوي الداخل أيضاً.

- تحوي المياه المعالجة على تراكيز مرتفعة من النترات الأمر الذي قد يسبب تلوثاً بالنترات في المصب النهائي.
- يجري حالياً في جميع دول العالم تطوير هذه الطريقة ودمجها من طرق معالجة أخرى من أجل الحصول على مردود جيد من المعالجة وخصوصاً فيما يتعلق بإزالة النترات .

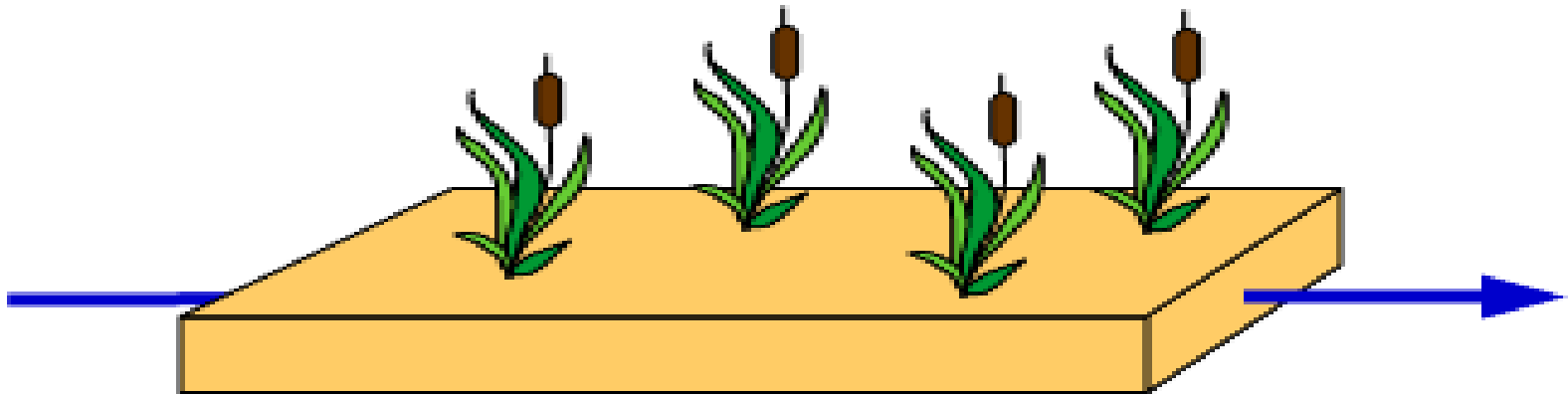
ثانياً : مساوئ طريقة المعالجة بالأراضي :

- تحتاج مساحات كبيرة جداً وهائلة مقارنة مع طرق المعالجة الأخرى كطريقة الحماية المنشطة.
- تتأثر كفاءة المعالجة بشكل كبير بدرجات الحرارة والسطوح الشمسي نظراً وذلك لأن نشاط النباتات يصبح ضعيفاً في الجو البارد وخصوصاً عندما يقل السطوع الشمسي.
- المعالجة بالأراضي الطبيعة تسبب انتشاراً كبيراً للذباب في المنطقة المحيطة مما يسبب انتقال الكثير من الأمراض.
- هذه الطريقة من المعالجة ملائمة للتدفقات الصغيرة والمتوسطة فقط .

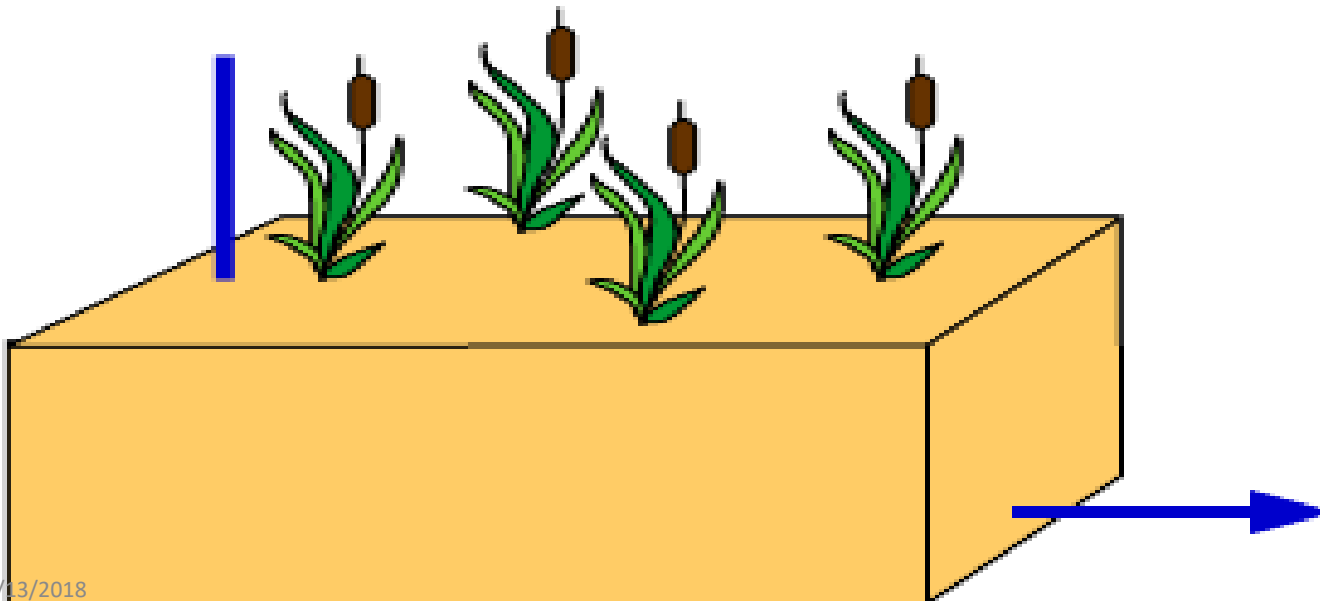
- وجود المواد المعلقة والزيوت والشحوم في مياه الصرف سوف يسبب انخفاضاً كبيراً في كفاءة المعالجة بهذه الطريقة نظراً لاحتمال انسداد مسامات التربة التي تجري فيها المياه.
- لوحظ حدوث تلوث للمياه الجوفية بالنتراات في المناطق التي تقام فيها هذه الأنواع من محطات المعالجة .

أنواع الجريان في الأراضي الرطبة

(a) Horizontal-Flow Wetlands



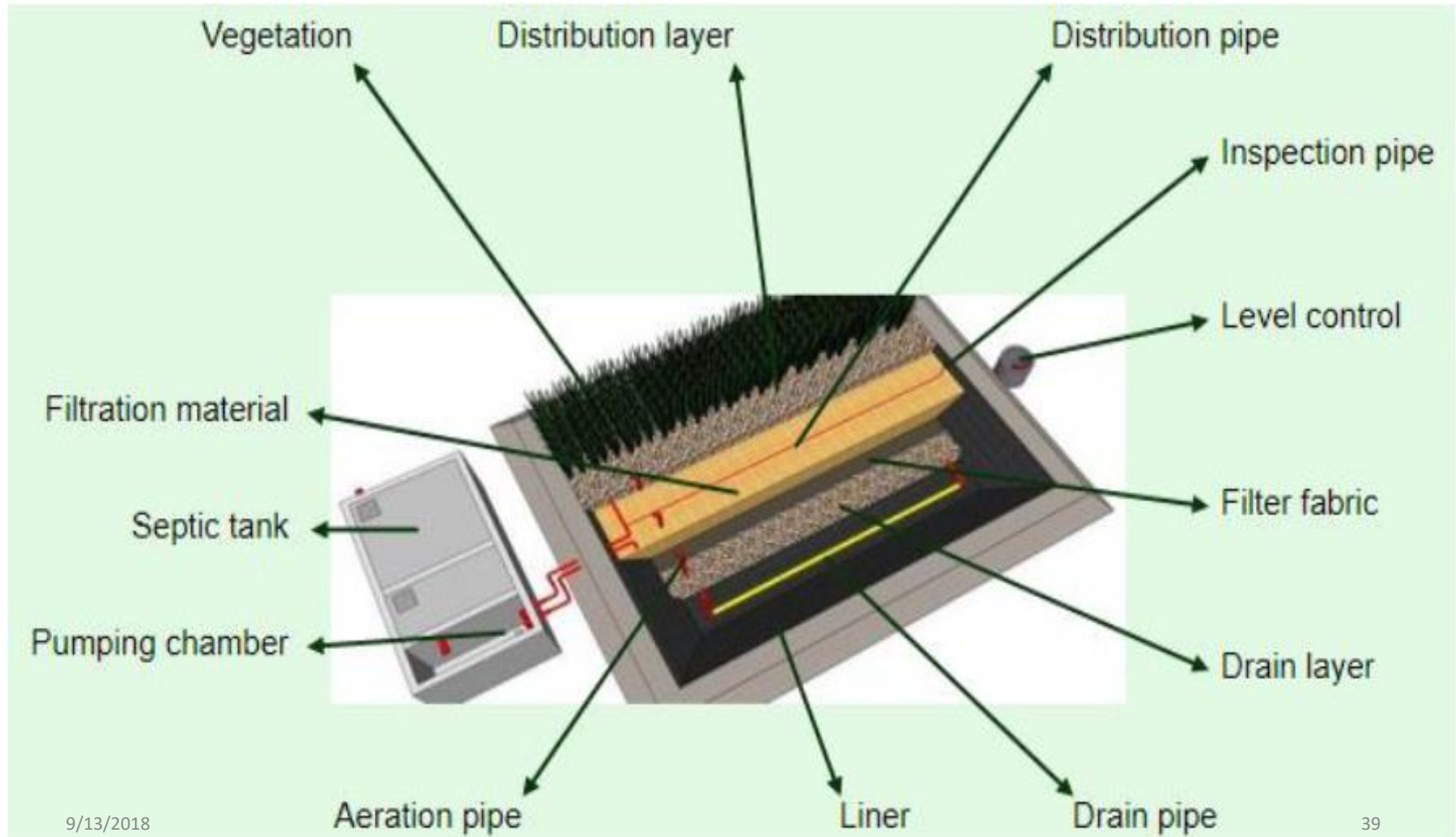
(b) Vertical-Flow Wetlands



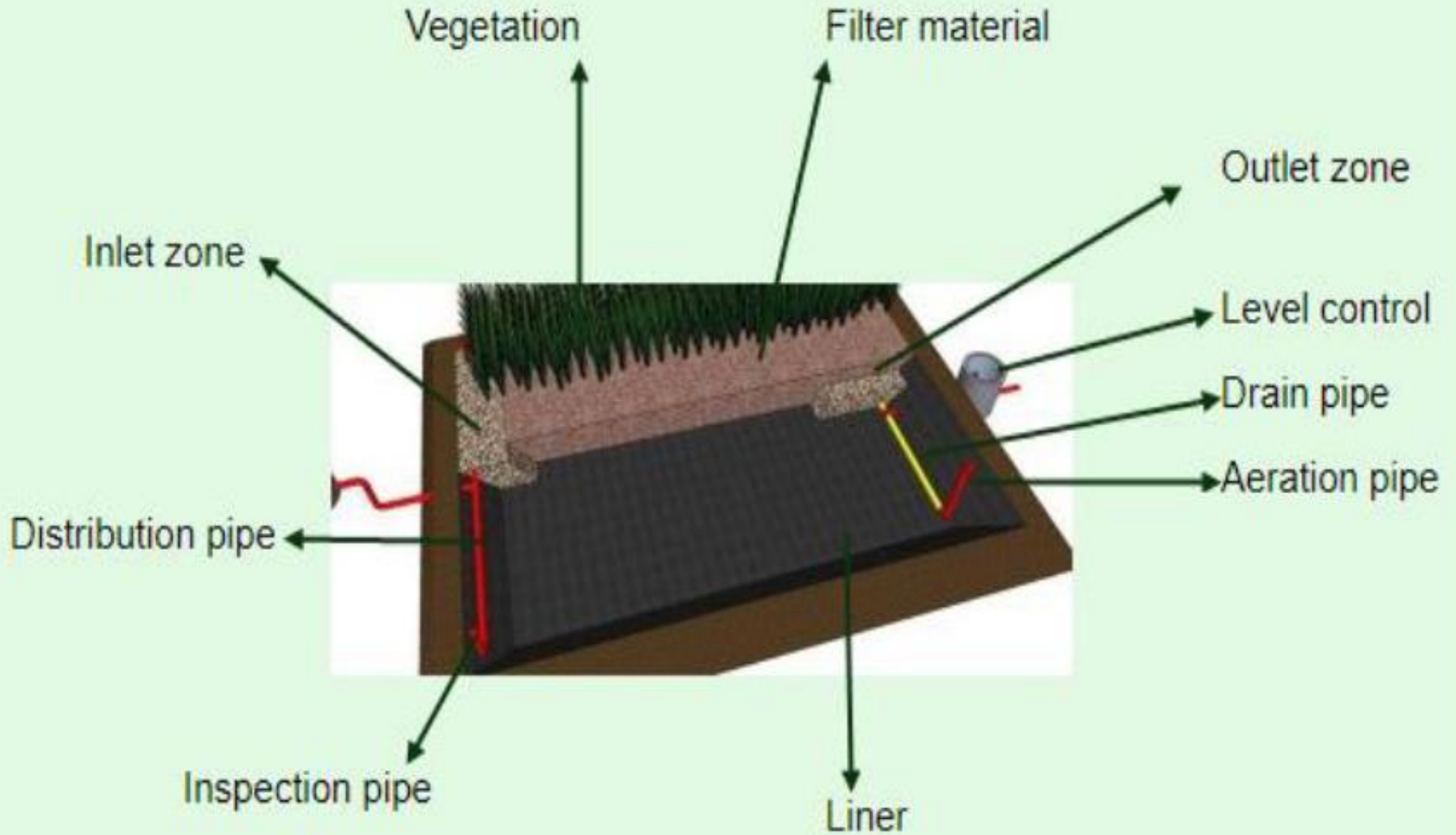
Horizontal Subsurface Flow Constructed wetland

طريقة المعالجة بالأراضي ذات الجريان الشاقولي تحت السطحي

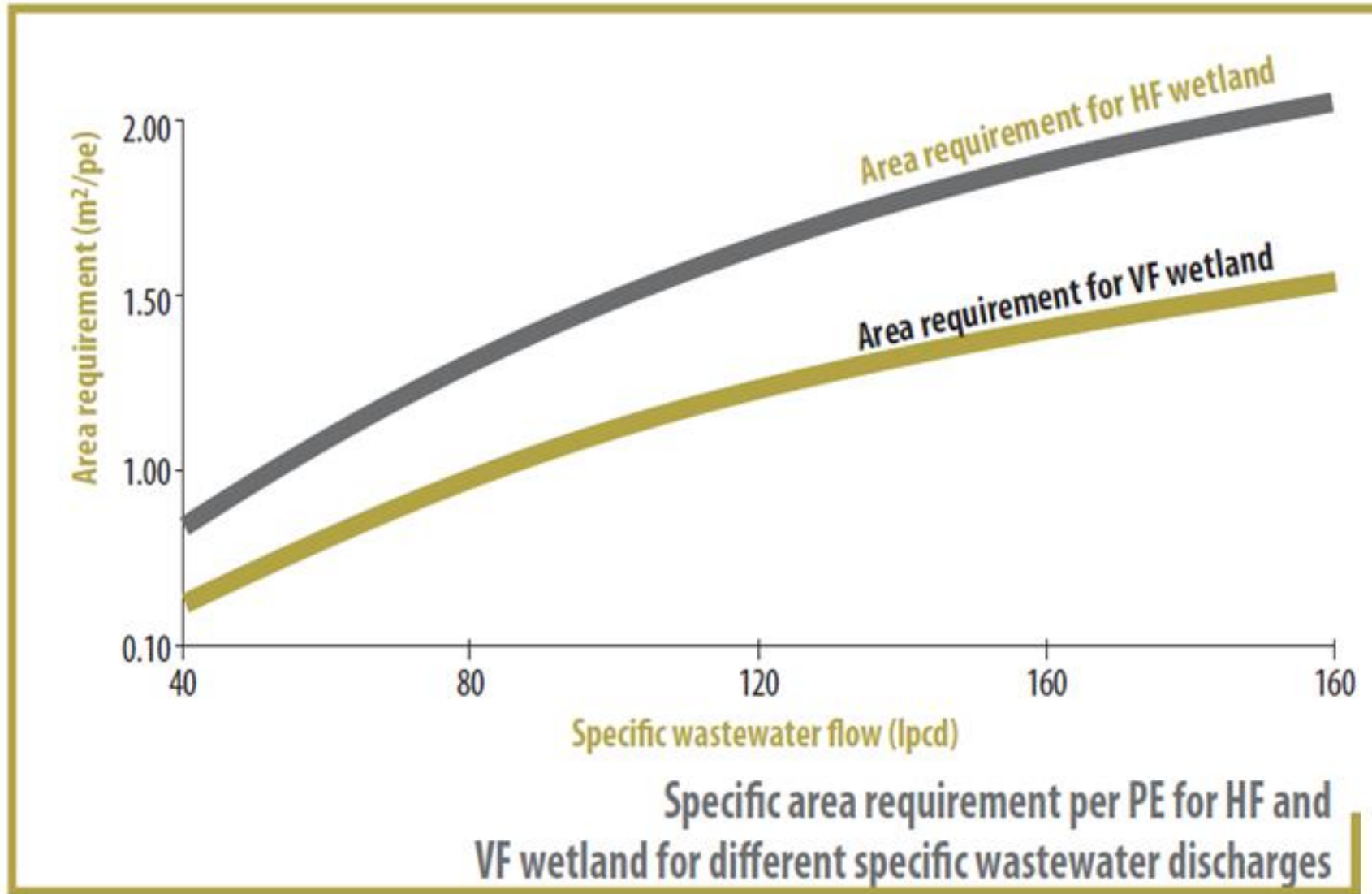
Wetlands Construction:



طريقة المعالجة بالأراضي ذات الجريان الأفقي



المساحة اللازمة والمكافئة لكل شخص



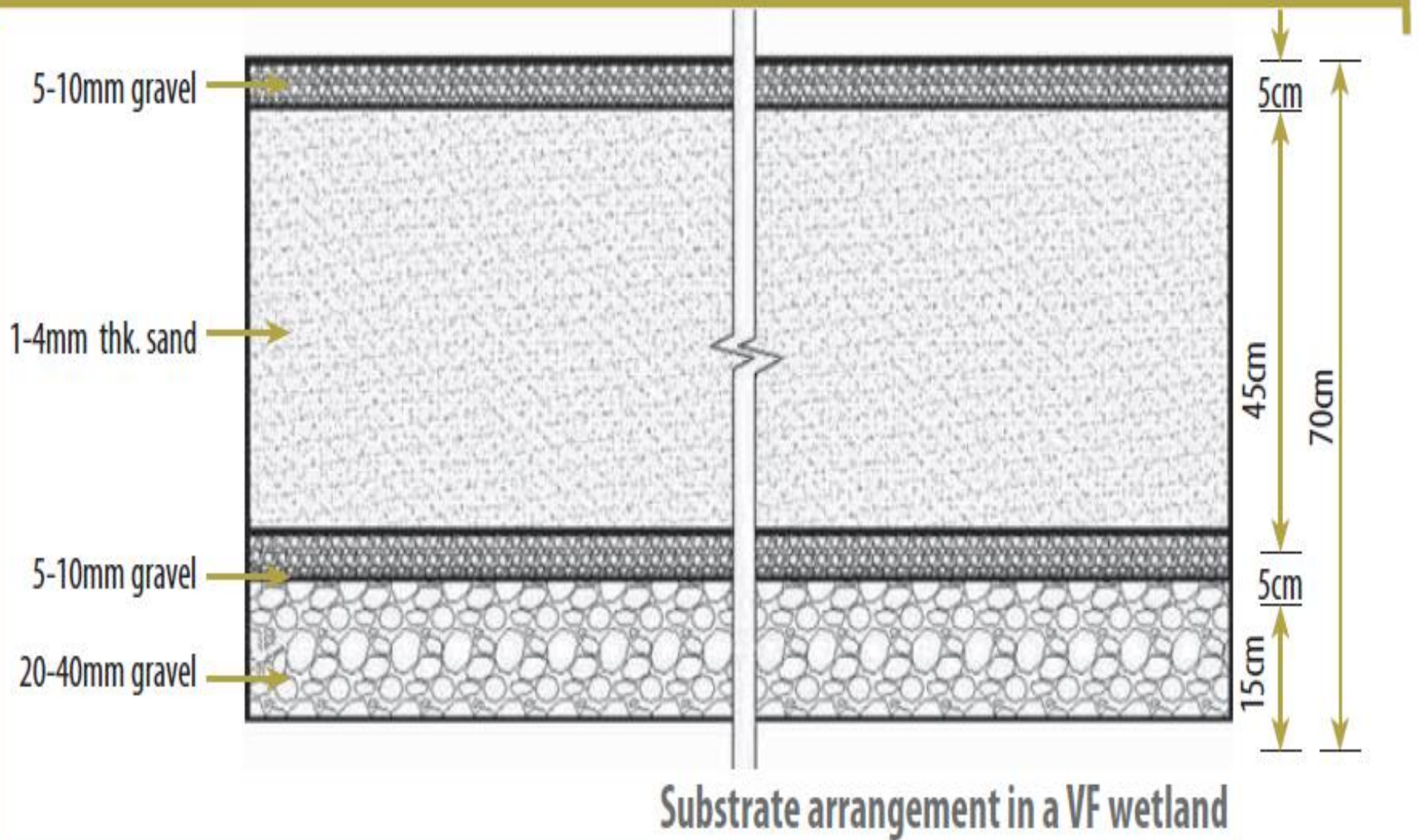
Liters per person (capita) per day (Lpcd).

لتر لكل شخص في اليوم

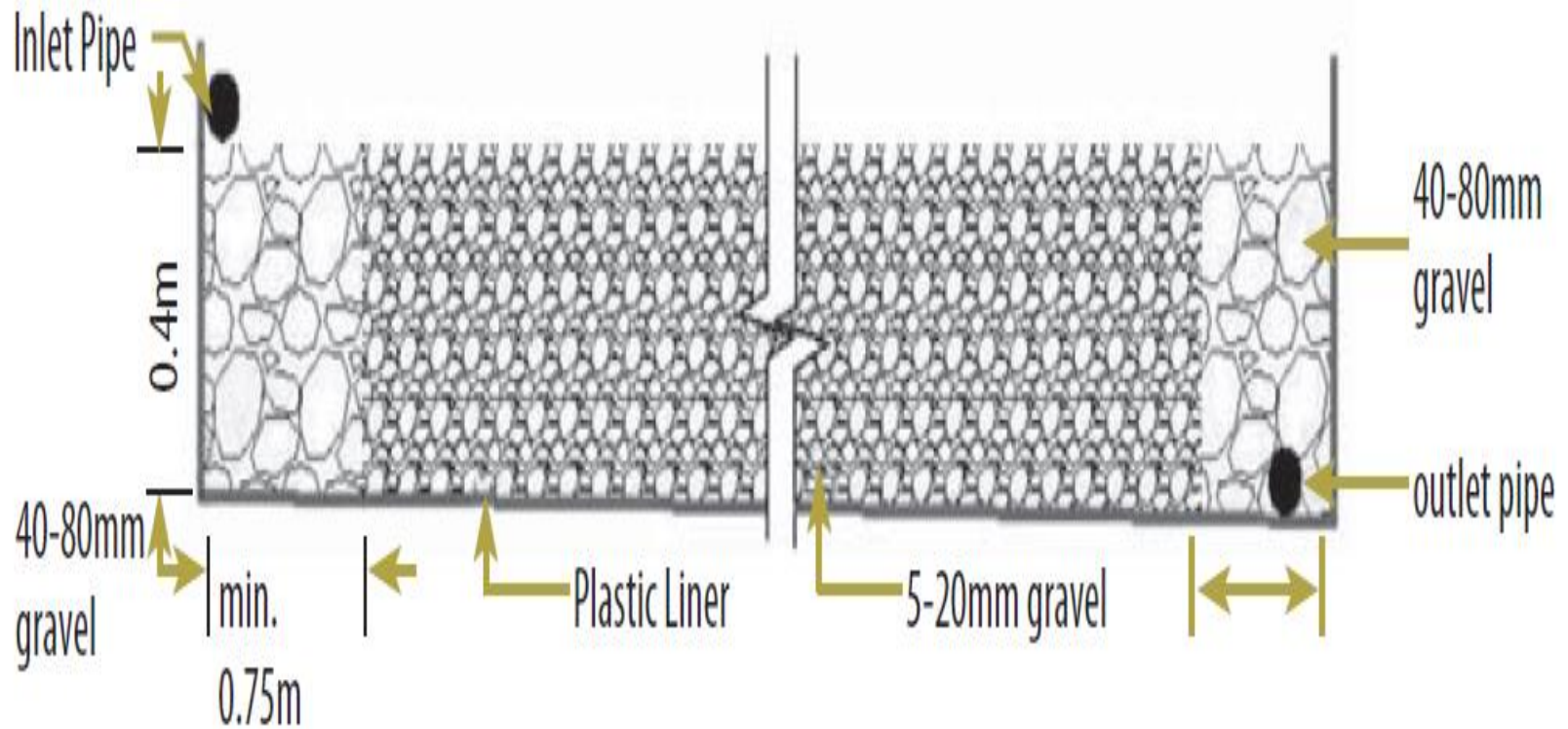
من الشكل السابق: نلاحظ في حال كان تصريف الفرد مثلاً 80 لتر في اليوم فإن المساحة اللازمة في حال كانت شكل الجريات شاقولياً VF : بحدود 0.8 م² لكل شخص , و في حال كان الجريان أفقياً HF فإن المساحة اللازمة لكل شخص هي : 1.3م² لكل شخص.

مما تتكون طبقة الترشيح في الأحواض الرطبة؟

مما تتكون طبقة الترشيح في الأحواض ذات الجريان الشاقولي؟

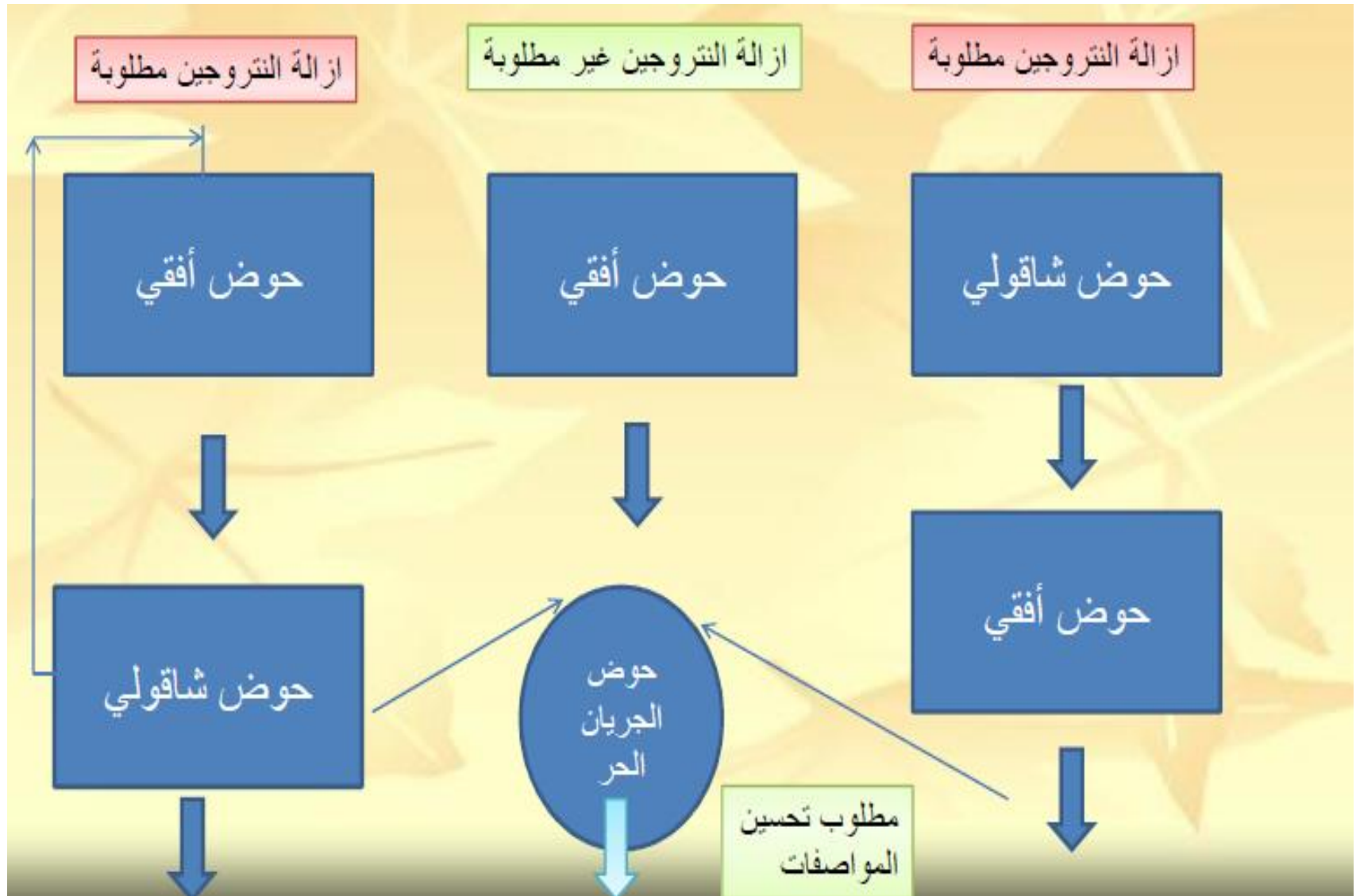


مما تتكون طبقة الترشيح في الأحواض ذات الجريان الأفقي؟



Substrate arrangement in a HF wetland

المعالجة بطريقة الأراضي الرطبة – شكل الجريان المختلط



مقارنة بين الأراضي الرطبة تبعا لطريقة الجريان

المؤشر	الجريان الأفقي	الجريان الشاقولي	الجريان المختلط
مساحة الأرض	أكبر	أصغر	متوسطة
كلفة الانشاء	أكبر	أصغر	متوسطة
كلفة الاستثمار	أصغر	أكبر	متوسطة
كفاءة ازالة BOD5	أصغر	متوسطة	أكبر
كفاءة ازالة النتروجين	أصغر	متوسطة	أكبر
كفاءة ازالة الفسفور	مقارنة		

عزل أو منع تسرب مياه الصرف قاع الأحواض : Sealing of the bed

- يجب أن يعزل قاع الاحواض و ذلك لمنع تلويث المياه الجوفية

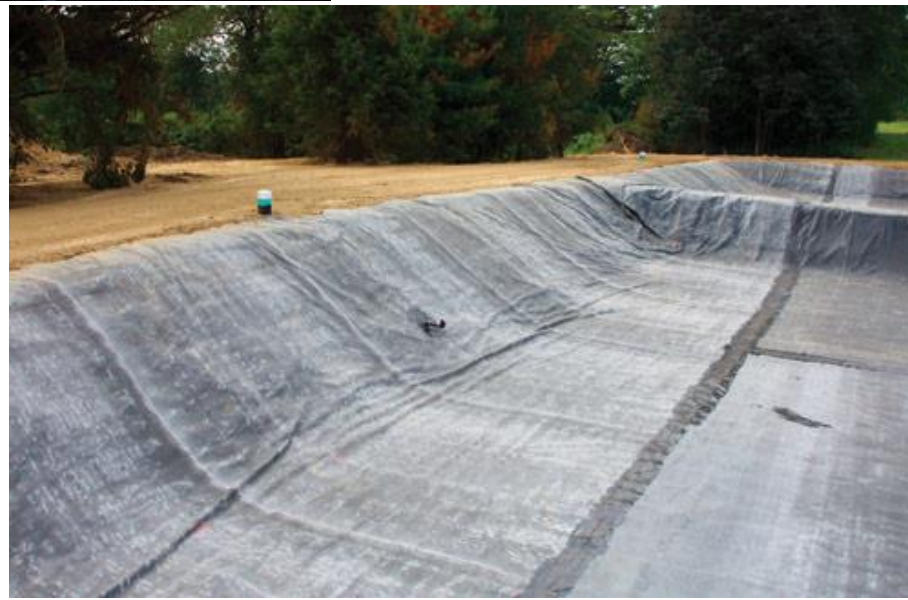
الاجراء	التوضيح	قيمة معامل النقل الهيدروليكي
عزل قاع الأحواض	التربة تسمح بمرور مياه الصرف بشكل كبير لذلك يجب عزل الاخواض	$k > 10^{-6} \text{ m/s}$
عزل قاع الأحواض	ممكن ان يحدث بعض التسرب	$k > 10^{-7} \text{ m/s}$
N/A	التربة لا تسمح بمرور مياه الصرف ويمكن ان تكون كحاجز طبيعي	$k < 10^{-8} \text{ m/s}$
N/A	لا يوجد أي خطر لتلوث المياه الجوفية لان التربة لا تسمح بمرور مياه الصرف عبرها .	$k < 10^{-9} \text{ m/s}$

ويمكن أن تكتم التربة أسفل الأحواض و على جوانبهم بواسطة الاسمنت بعمار 8 كغ/م² وذلك بعد تسويتها ورسها , كذلك يمكن خلط الغضار البنتويات مع التربة الأصلية في الموقع ثم فرشها ورسها وهذا الطريقة يمكن استخدامها في الدول الفقيرة.

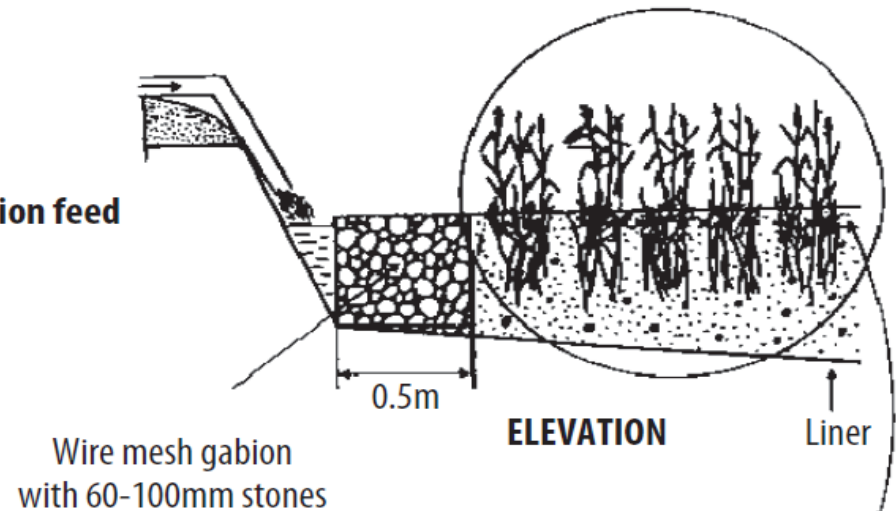
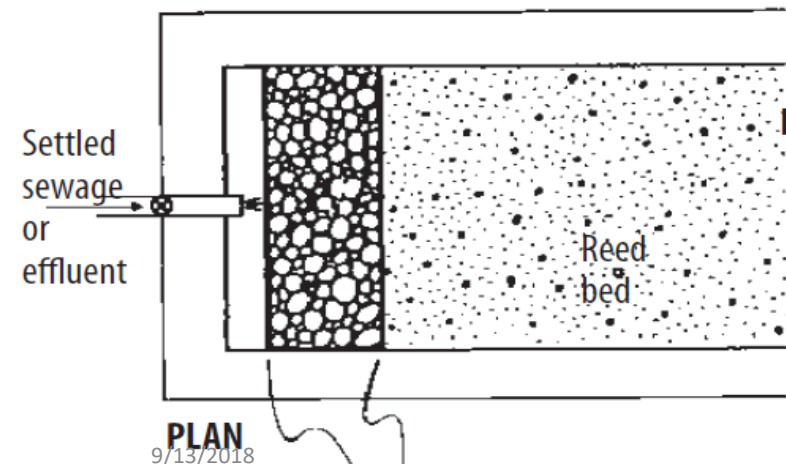
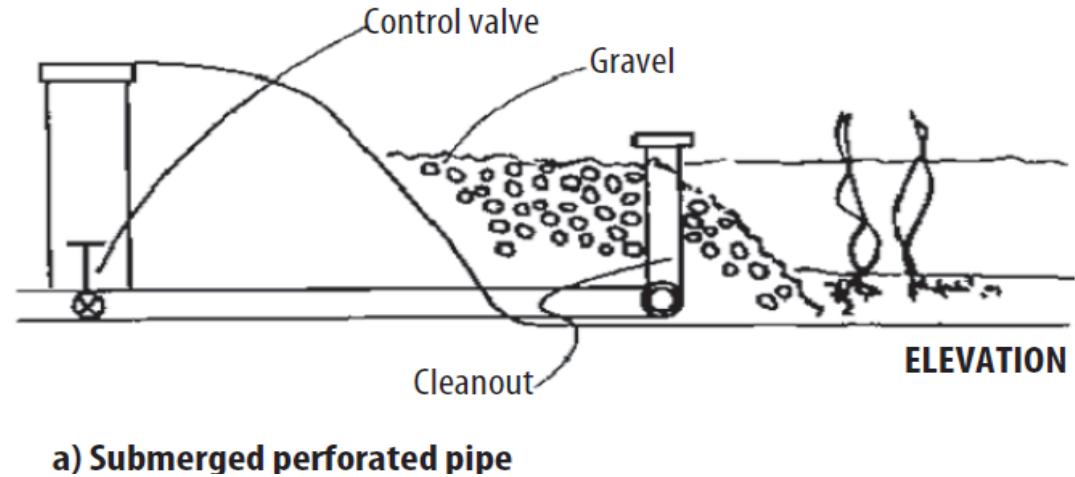
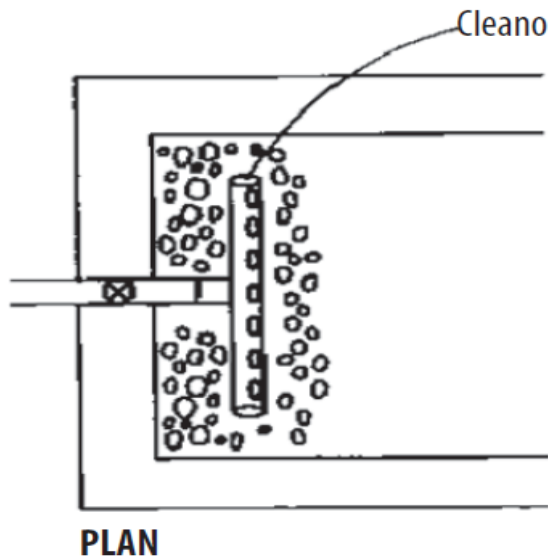
يمكن أيضا استخدام مواد صناعية لعزل قاع الحوض منها :

- طبقات بولي فينيل كلوريد (PVC).
- رقائق البولي ايثيلين PE.
- رقائق البولي بروبيلين.
- طريقة عزل الأحواض يجب أن يتم اختيارها وفق لتوافر المواد وديمومتها وتلعب الناحية الاقتصادية دوراً مهماً في ذلك .

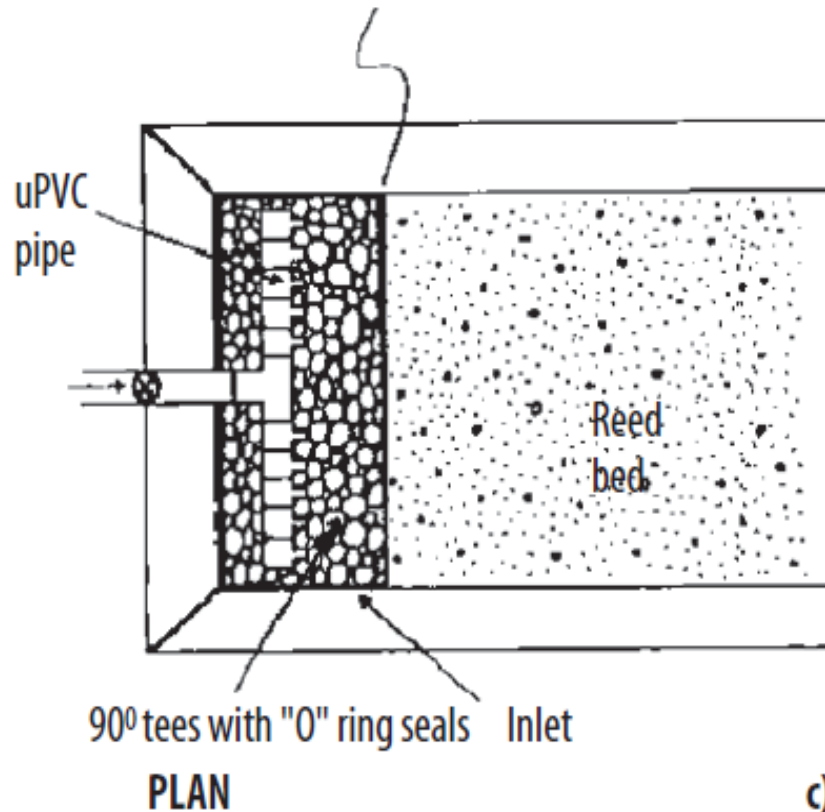
بعض صور لرقائق العزل



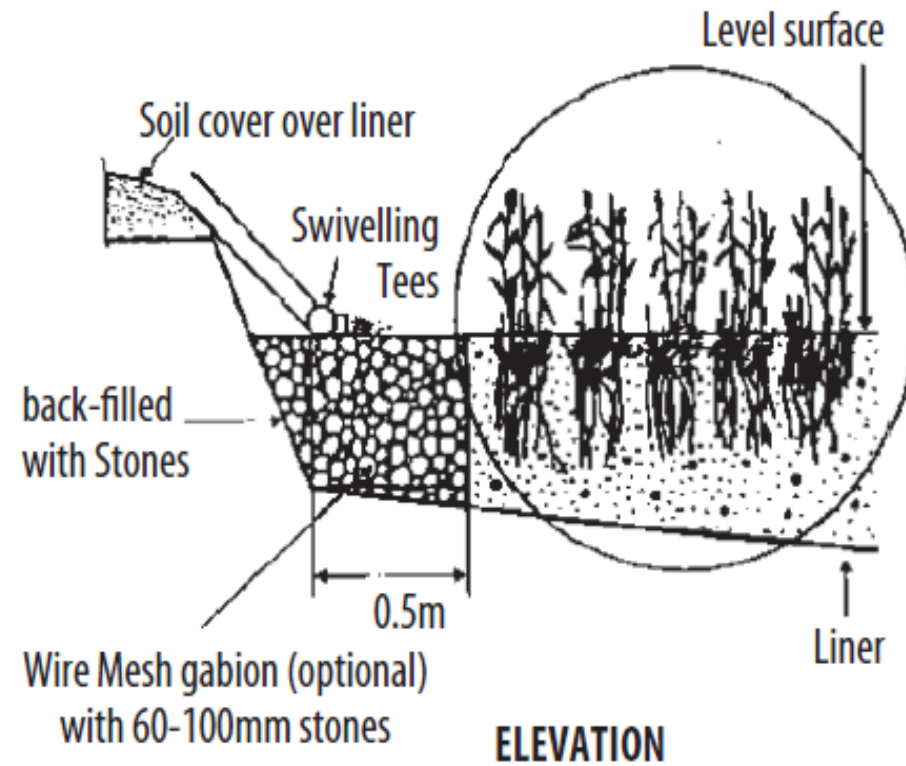
بعض تفاصيل مدخل ومخرج مياه الصرف في طريقة المعالجة بالأراضي الرطبة



Wire mesh gabions

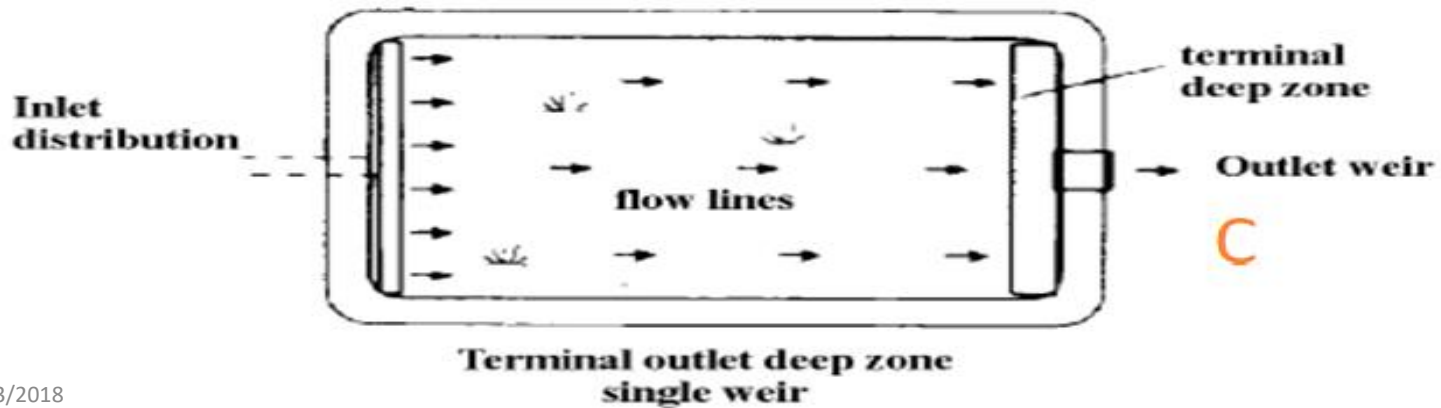
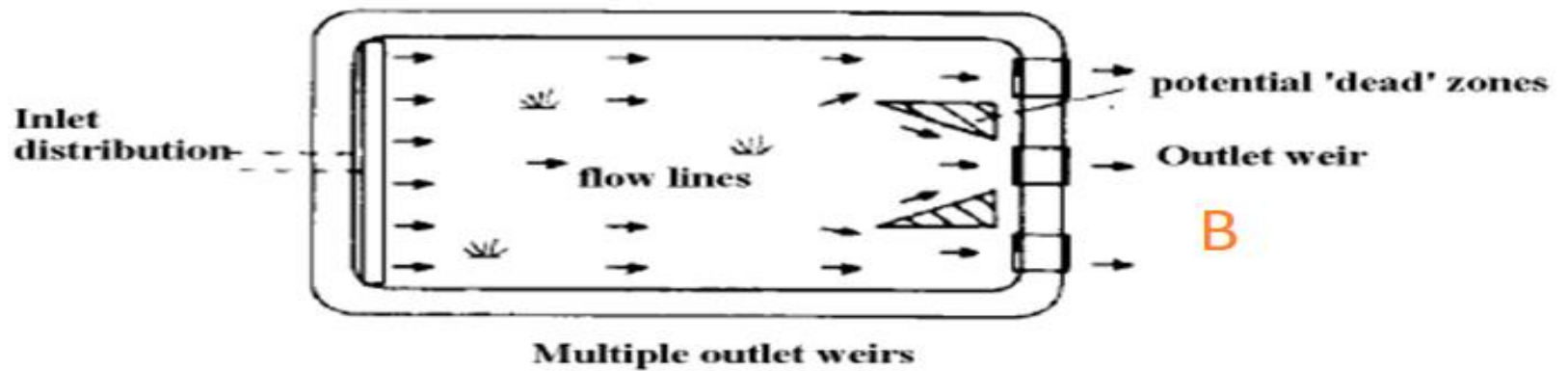
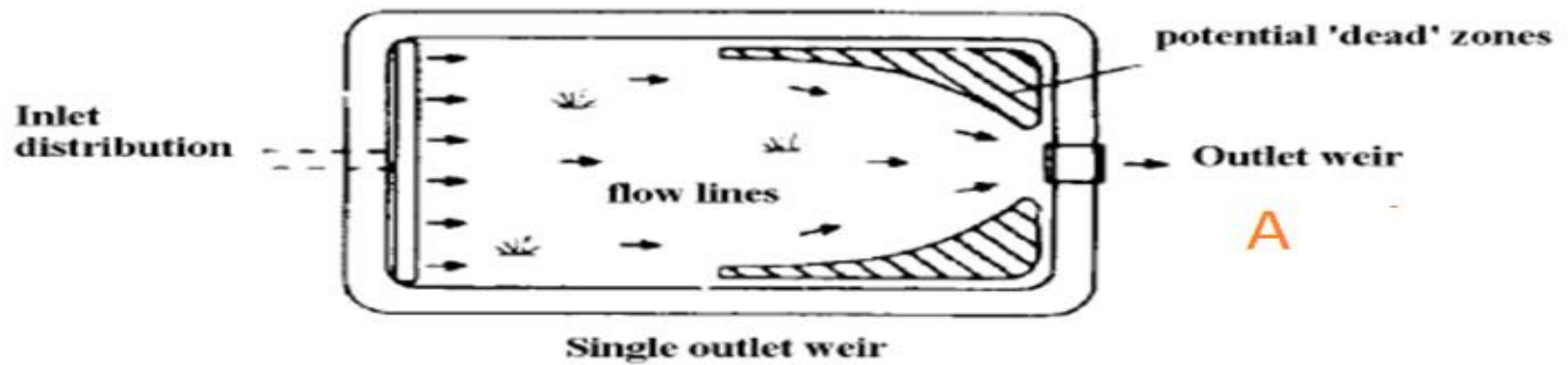


c) Swivel tee



Examples of HF CW inlet designs (U.S. EPA, 2000)

هل يوجد تأثير لشكل المخرج على كفاءة المعالجة في طريقة
الأحواض الرطبة؟



• من الشكل السابق نلاحظ :

• الشكل A: يحوي على مخرج واحد يشغل جزء من عرض الحوض لذا فالحوض يحوي على نقاط ميتة و لا تتم الاستفادة من كامل الحوض .

• الشكل B: يحوي ايضا على عدة مخارج من الحوض , ويمكن في هذه الحالة أن تنتج عدة نقاط ميتة ولا تتم الاستفادة من كامل الحوض الا ان هذه الحالة أفضل من الحالة A.

• الشكل C :يحوي على قناة استقبال على كامل حوض الحوض ومخرج واحد , وهذه أفضل حالة حيث تتم الاستفادة من كامل أحواض المعالجة بالأراضي الرطبة .

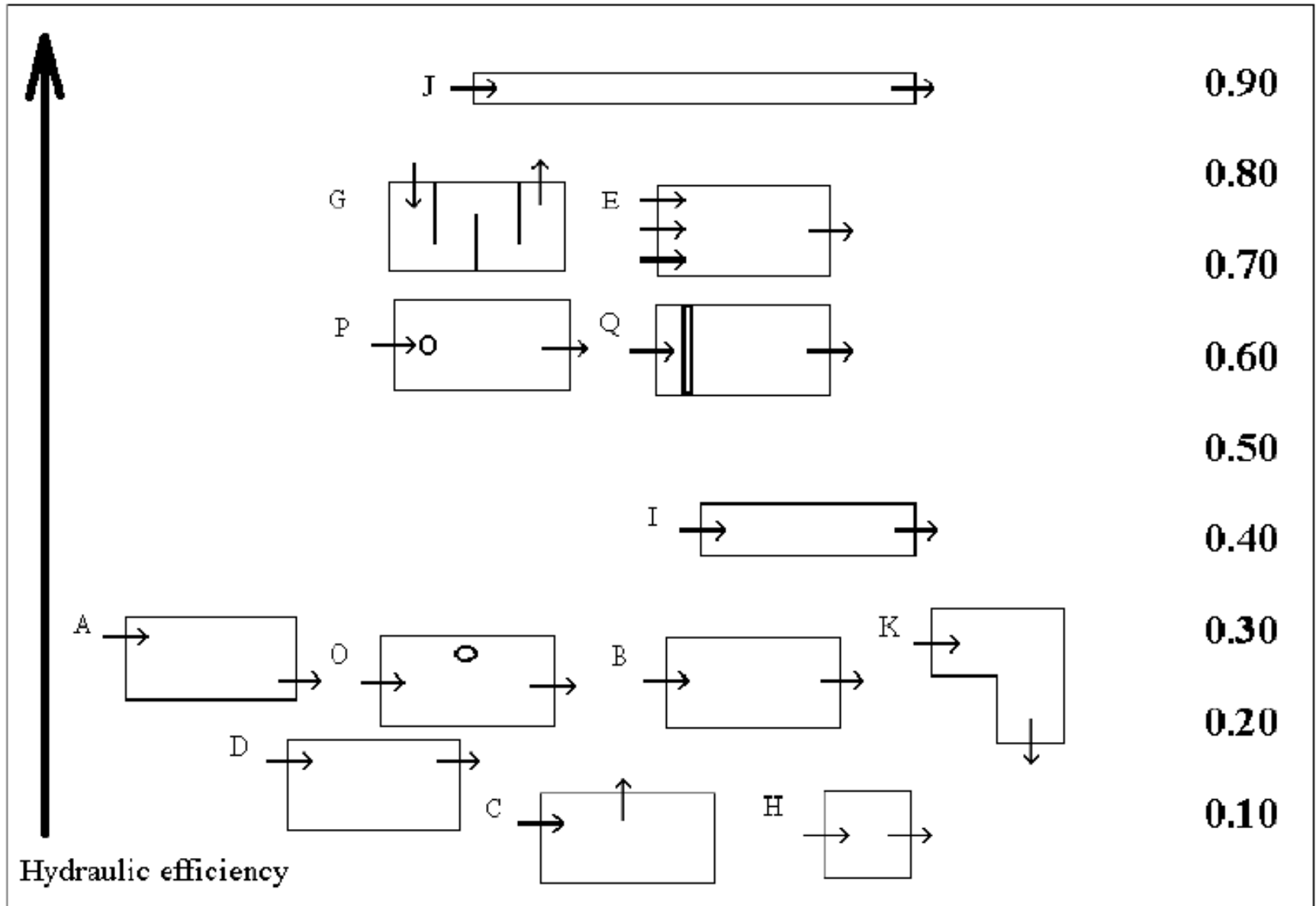
وما ينطبق على المخرج قد ينطبق على مدخل مياه الصرف لذا من المهم جداً أن يتم تصميم مدخل ومخرج مياه الصرف في أحواض المعالجة بدقة تجنباً لنشوء أي نقاط ميته.

الحمولة الهيدروليكية

- تقاس الحمولة الهيدروليكية بوحدة م³/م².يوم , وتعبر عن مدى الاستفادة من وتساوي: قيمة تدفق مياه الصرف الداخل الى الحوض بوحدة متر مكعب في اليوم مقسومة على مساحة الأحواض .
- كفاءة الحمولة الهيدروليكية = المساحة الأفقية التي تمر فيها مياه الصرف مقسومة على المساحة الكلية للحوض.
- فكلما كانت كفاءة الحمولة الهيدروليكية أكبر أي اقترب من القيمة 1 كان ذلك مؤشراً ايجابياً على مدى الاستفادة من مساحة الحوض..

• وتتأثر كفاءة الحمولة الهيدروليكية بالأشكال المختلفة لأحواض المعالجة بالأراضي الرطبة, فيعتبر الحوض الضيق والتي تكون نسبة الطول الى العرض كبيرة الافضل من حيث كفاءة الحمولة الهيدروليكية.

كفاءة الحمولة الهيدروليكية لأشكال مختلفة من الأراضي الرطبة



بعض أشكال مدخل مياه الصرف في طريقة المعالجة بالأراضي الرطبة – حالة الجريان الأفقي



- Channel inlet
- (Cooper et al., 1996)

9/13/2018

Channel inlet
– close up view (Cooper et al., 1996)

**Submerged pipe
inlet – riser pipes
with V-notches
(Cooper *et al.*, 1996)**



شكل توزيع أنابيب المدخل في الجريان الشاقولي



مواصفات مياه الصرف الصحي بعد المعالجة

المواصفات القياسية السورية :الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري 2752/2008

الفئة أ

الفئة ب

الفئة ج

• المجال

- تختص هذه المواصفة القياسية بالاشتراطات الواجب توافرها في مياه الصرف الصحي المعالجة والناجمة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي والتي يمكن استخدامها حسب الأوجه المبينة في الجدول رقم (1).

• التعاريف

• 2/1 مياه الصرف الصحي:

- هي المياه الناتجة عن الاستعمالات المنزلية والتي قد تختلط بمياه عادمة صناعية ذات نوعية مطابقة للمواصفات القياسية السورية م.ق.س/2580/ والخاصة بـ "المخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات الاقتصادية المنتهية إلى شبكة الصرف العامة"

• 2/2 المسطحات الخضراء:

- هي المساحات المخصصة للأغراض الجمالية والتنسيقية وغير المخصصة لغايات التتزه.

• 2/3 المحاصيل الصناعية:

- هي المحاصيل التي تستخدم في غايات صناعية مثل القطن والشوندر السكري وأشجار الأخشاب وغيرها.

• 2/4 أنظمة المعالجة الميكانيكية:

- هي الأنظمة التي تعالج المياه بطرائق ميكانيكية تتضمن التهوية والترسيب كنظام الحماية المنشطة ونظام الأقراص البيولوجية الدوارة والمرشحات البيولوجية وغيرها.

• 2/5 أنظمة المعالجة الطبيعية:

- هي الأنظمة التي تعالج المياه طبيعياً بواسطة البرك اختيارية التهوية أو اللاهوائية أو برك الإنضاج وغيرها.

- 2/6 التطهير: هي عملية التخلص من الميكروبات الممرضة والدالة على التلوث من خلال استخدام مطهرات مثل الكلور أو مركباته أو الأوزون أو أية مطهرات أخرى معتمدة.

• 2/7 معالجة المياه:

- 2/7/1 المعالجة الأولية: هي المعالجة التي تعتمد على الفصل الفيزيائي فقط.

- 2/7/2 المعالجة الثانوية وما فوق: هي المعالجة التي تعتمد على معالجة كيميائية و/أو بيولوجية.

- 2/8 العينة المركبة: هي عينة تؤخذ خلال مدة معينة (يوم مثلاً) وتتكون من عدد من العينات المفردة مأخوذة على فترات زمنية محددة خلال تلك المدة.

- 2/9 العينة المفردة: هي عينة تؤخذ مرة واحدة في وقت معين (يفضل أن يكون متوافقاً مع توقيت الحمل الأقصى للمحطة).

• الاشتراطات القياسية:

- 4/1 يبين الجدول رقم (1) المعايير القياسية الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في الزراعة، وفي حال تجاوزت مواصفات المياه المعالجة هذه القيم يتوجب على الجهة المستخدمة لهذه المياه إجراء الدراسات العلمية الهادفة إلى توضيح تأثير تلك المياه على الصحة العامة والبيئة، واقتراح الحلول العلمية والعملية الكفيلة بتجنب الإضرار بأي منهما.
- 4/3 يمنع استخدام نظام الري بالرشاشات لفئة الاستخدام (ب) و (ج) وباستثناء ري المسطحات الخضراء.
- 4/4 عند استخدام نظام الري بالرشاشات لفئة الاستخدام (أ) وكذلك المسطحات الخضراء غير المعرضة للاستخدام البشري نهائياً، عندها يتوجب ممارسة الري ليلاً.
- 4/5 تستثنى المحاصيل التي تؤكل بشكل نيئ مثل الحمص والفول الأخضر والذرة فيما يخص فئة الاستخدام (ج).
- 4/8 يجب إجراء الدراسات الفنية لنوعية مياه الري في المناطق الحساسة وهي الأراضي القريبة من الينابيع أو الطبقات الحاملة للمياه التي تستخدم مياهها لأغراض الشرب بحيث لا تسبب تلوثاً للمصادر المائية الجوفية أو أحواض هذه الينابيع ويجب أن تحقق هذه المياه الشروط التالية :

المؤشر	الحد الأدنى للإزالة
العكارة	2NTU
إجمالي الكربون العضوي (TOC)	16 ملغ/ل
الايشيريشياكولاي (E-Coli)	2.2 عضية/100 مل
BOD	10 ملغ/ل
COD	20 ملغ/ل
NH ₄	2 ملغ/ل
NO ₃	30 ملغ/ل
TN	30 ملغ/ل
بيوض الديدان	صفر بيضة /لتر
مؤشر TP التركيز 2 ملغ/ل (100000-10000) نسمة	80%
التركيز 1 ملغ/ل (أكثر من 100000) نسمة	
مؤشر TN التركيز 15 ملغ/ل (100000-10000) نسمة	(80-70)%
التركيز 10 ملغ/ل (أكثر من 100000) نسمة	

جدول رقم (1) الحدود القصوى المسموح بها للمعايير القياسية الخاصة بالمياه المعالجة المستخدمة لأغراض الري

المؤشر	الخضار المطبوخة	المنتزهات و الملاعب وجوانب الطرق داخل المدن	الملاعب الرياضية	الأشجار المثمرة	جوانب الطرق الخارجية	المسطحات الخضراء	الحبوب والمحاصيل العلفية	المحاصيل الصناعية	الأشجار الحراجية
المؤشر	أ			ب				ج	
BOD ₅ (mg/l)	30			100				150	
COD(mg/l)	75			200				300	
TDS(mg/l)	1500			2000				-	
SS(mg/l)	50			150				150	
SAR	<3			3-9				<9	
pH	9-6								
CL ₂ residual	0.5			-				-	
NO ₃ (mg/l)	60			60-70				70-80	
NH ₄ (mg/l)	20			30				-	
TN(mg/l)	30-45			45-70					
H ₂ S(mg/l)	<0.5			2-0.5				>2	
So ₄ (mg/l)	500			600				600	

المؤشر	الخضار المطبوخة	المنتزهات و الملاعب وجوانب الطرق داخل المدن	الملاعب الرياضية	الأشجار المثمرة	جوانب الطرق الخارجية	المسطحات الخضراء	الحبوب والمحاصيل العلفية	المحاصيل الصناعية	الأشجار الحراجية
المؤشر	أ			ب				ج	
PO ₄ (mg/l)	20								
TP (mg/l)	10								
HCO ₃ (mg/l)	520								
Cl (mg/l)	500								
الزيوت والشحوم	5								
MBAS (mg/l)	5								
PHenol (mg/l)	0.002								
Na (mg/l)	300								
Mg (mg/l)	60								
Ca (mg/l)	270								

معايير صحية

Fecal
coliform
MPN /100ml

<100

100-1000

تابع جدول رقم -1-

المنتزهات و الملاعب
وجوانب الطرق داخل
المدن

الملاعب
الرياضية

الأشجار
المثمرة

جوانب
الطرق
الخارجية

المسطحات
الخضراء

الحبوب
والمحاصيل
العلفية

المحاصيل
الصناعية

الأشجار
الحرجية

المؤشر
الخضار
المطبوخة

المؤشر

أ

ب

ج

Intestinal
Helminthes
Eggs (wgg/l)

يويضة واحدة أو أقل

الجدول (3) الحد الأقصى لتراكيز العناصر الثقيلة الموصى بها في مياه الري

مغ/ل	الاستعمال قصير الأجل (حتى 20 سنة كحد أقصى)	الاستعمال طويل الأجل (بشكل دائم)
Al	20	5
As	2	0.1
Be	0.5	0.1
B	2	0.5
Cd	0.05	0.01
Cr	1	0.1
Co	5	0.05
Cu	5	0.2
F	15	1
Fe	20	5
Li	5	2.5
Mn	10	0.2
Mo	0.05	0.01
Ni	1	0.2
Se	0.02	0.02
V	1	0.1
Zn	10	2
Pb	5	0.5
CN	0.1	0.1

الجدول (4) تأثيرات تراكيز العناصر الثقيلة الموصى بها في مياه الري

العنصر	الحد الأعلى للتراكيز الموصى بها	ملاحظات
Al	5.0	قد يؤدي إلى عدم الإنتاجية في التربة الحامضية (الرقم الهيدروجيني أقل من 5.5) ولكن في التربة الأكثر قاعدية (رقم هيدروجيني أكبر من 7) يتم ترميب الأيون وتزال أي سمية.
As	0.1	تفاوت السمية على النبات بشكل كبير، تتراوح ما بين 12 مغ/ل لحشيشة السودان إلى أقل من 0.05 مغ/ل للرز.
B	15 – 0.5	تفاوت السمية على النباتات بشكل واسع تتراوح، مثال أقل من (0.5) مغ/ل للليمون، (1) مغ/ل للقمح، (6) مغ/ل للبندورة ، (15) مغ/ل للقطن.
Be	0.1	تفاوت السمية على النباتات بشكل واسع تتراوح ما بين (5) مغ/ل للكرنب (Kale) إلى (0.5) مغ/ل شجيرات البقوليات.
Cd	0.01	سام للبقوليات والشمندر واللفت بتراكيز منخفضة قد تصل إلى (0.1) مغ/ل في المحاصيل الغذائية، يوصى بحدود منخفضة بسبب احتمالية تراكمه في النباتات والتربة بتراكيز قد تؤدي الإنسان.
Co	0.05	سام للبندورة على مستوى 0.1 مغ/ل في المحلول المغذي، يميل إلى أن يكون غير فعال في التربة المتعادلة والقلوية.
Cr	0.1	بشكل عام لم يتحقق من كونه أساسياً كعنصر للنمو، يوصى بالالتزام بحدود منخفضة لنقص المعلومات المتوفرة عن سميته للنباتات.
Cu	0.2	سام لعدد من النباتات على مستوى 0.1 – 1 مغ/ل في محلول التغذية.
F	1.5	غير نشط (غير فعال) في التربة القلوية والمتعادلة.
Fe	5	غير سام للنباتات في التربة الموهدة ولكنه قد يسمم في رفع حموضة التربة وفقدان الفوسفور الاساسي والموليبيدينوم. الري بالرش العالي قد يؤدي إلى رواسب غير مستساغة على النباتات والمعدات والمباتي.
Li	2.5	تتحمله أغلب المحاصيل لغاية 5 مغ/ل متحرك في التربة سام للحمضيات بتراكيز منخفضة (أقل من 0.075 مغ/ل) ويعمل بشكل مشابه للبرون.
Mn	0.2	سام لعدد من المحاصيل بأعشار قليلة إلى عدد قليل من مغ/ل ولكن عادة فقط في الترب الحامضية.
Mo	0.01	ليس ساماً للنباتات في التراكيز العادية في التربة والماء ومن الممكن أن يكون ساماً للماشية إذا تمت زراعة الأعلاف الخضراء في التربة المحتوية على تراكيز عالية من الموليبيدينوم المتوفر (المساح).
Ni	0.2	سام لعدد من النباتات على مستوى (0.5 – 1) مغ/ل وتقل السمية عندما يكون (pH) متعادلاً أو قلوياً.
Pb	5	يمكن أن يمنع نمو خلايا النباتات في حالة التراكيز العالية.
Se	0.02	سام للنباتات بتراكيز منخفضة تصل إلى 0.025 مغ/ل وسام للماشية إذا تمت زراعة الأعلاف الخضراء في تربة مضاف لها مستوى عالي من السيلينيوم وهذا العنصر ضروري للحيوانات ولكن بتراكيز منخفضة جداً.
V	0.1	سام للعديد من النباتات بتراكيز منخفضة جداً.
Zn	2	سام للعديد من النباتات بتراكيز مختلفة بشكل واسع وتتحقق السمية عندما يكون (pH) أكبر من 6 وفي قوام التربة الناعمة أو التربة العضوية.

5. مراقبة النوعية:

1.5. محطات المعالجة الخاصة بالمدن (قطاع عام): تتم مراقبة النوعية كالتالي:

- على الجهة المالكة لمشروع محطة تنقية مياه الصرف الصحي المنزلية التأكد من مطابقة نوعية المياه المعالجة للمواصفات المعتمدة وحسب الاستعمال النهائي لها وعليها القيام بإجراء الفحوصات المخبرية وإبرازها للجهات الرقابية الحكومية عند الطلب.
- تتولى الجهة التشغيلية أخذ عينات مركبة تجمع بواقع كل أربع ساعات ولمدة 24 ساعة وفق التكرارية الموضحة في الجدول رقم (3) بينما تتولى الجهات الرقابية جمع عينات بالكيفية التي تراها مناسبة.
- تكون تكرارية جمع العينات للجهات الرقابية والتشغيلية حسب ما ورد في الجدول (3).

جدول (5) عدد عينات المياه المعالجة المتوجب جمعها شهرياً لغايات التقييم من محطات المعالجة وأنواع التحاليل الفيزيوكيميائية والبيولوجية التي يتطلب إجراؤها على تلك العينات ****

نوع المعالجة	المعايير التشغيلية / تكرارية العينات بالشهر		المعايير الصحية / تكرارية العينات بالشهر		فترة التقييم
	الجهة التشغيلية	الجهة الرقابية	الجهة التشغيلية	الجهة الرقابية	
أولية	الفحوص الروتينية: 8 الخواص الفيزيوكيميائية: يومياً ¹	الفحوص الروتينية: 2 الخواص الفيزيوكيميائية: 2	بيوض الديدان: 1 الايشيريشياكولي: 2	بيوض الديدان: 1 الايشيريشياكولي: 2	3 شهور **
ثانوية وما فوق	الفحوص الروتينية: 4 الخواص الفيزيوكيميائية: يومياً ¹	الفحوص الروتينية: 1 الخواص الفيزيوكيميائية: 1	بيوض الديدان: 1 الايشيريشياكولي: 2	بيوض الديدان: 1 الايشيريشياكولي: 1	6 شهور ***

* عينة فردية وتشمل الجرثومي - درجة الحرارة - درجة pH
° عينة فردية

الفحوصات الروتينية: TP, NO₃, BOD₅, COD, TSS, NH₄, TN

الخواص الفيزيوكيميائية: pH, TDS, درجة الحرارة

** حسب الفصول (كانون أول - شباط/آذار - أيار/حزيران - آب/أيلول - تشرين ثاني)

(نيسان)

**** بالنسبة للمعايير الاسترشادية الواردة في الجدول رقم 3 تكون التكرارية بمعدل مرتين بالعام للجهات الرقابية والتشغيلية.

1 تؤخذ ثلاثة عينات على الأقل يومياً (عينة كل ورديّة).

2.5. محطات المعالجة للمنشآت الصناعية (قطاع عام وخاص): تعتمد آلية الرقابة على المياه العادمة الصناعية المعالجة التي يتم طرحها على كمية المياه الخارجة من المنشأة (أقل أو أكثر من 100 م³ يومياً من المياه) وتكون تكرارية جمع العينات وتحليلها من قبل القائمين على المنشأة كما يلي:

- في المنشآت التي تكون المياه الخارجة من المنشأة أقل من 100 م³ يومياً: كل ثلاثة أشهر.
- في المنشآت التي تكون كمية المياه الخارجة من المنشأة أكبر أو تساوي 100 م³ يومياً: كل شهر وتكون تكرارية جمع العينات من قبل الجهات الرقابية كما يلي:
 - في المنشآت التي تكون كمية المياه الخارجة من المنشأة أقل من 100 م³ يومياً: كل ستة أشهر.
 - في المنشآت التي تكون كمية المياه الخارجة من المنشأة أكبر أو تساوي 100 م³ يومياً: كل ثلاثة أشهر.

6. مراقبة النوعية وآلية التقييم:

- على الجهة المالكة لمشروع محطة معالجة المياه العادمة التأكد من مطابقة نوعية المياه المستصلحة للموصفات المعتمدة وحسب الاستعمال النهائي لها وعليها القيام بإجراء الفحوصات المخبرية اللازمة مع ضرورة فتح سجلات رسمية لتوثيق النتائج المخبرية وإبرازها للجهات الرقابية الحكومية عند طلبها.
- تتولى الجهة التشغيلية أخذ عينات مركبة تجمع بواقع عينتين على الأقل و لمدة 24 ساعة وفق التكرارية الموضحة بالجدول 3 بينما تتولى الجهات الرقابية جمع العينات بالكيفية التي رأتها مناسبة.
- لغايات تقييم نوعية المياه المستصلحة للأغراض المختلفة الموضحة بالجدول 1 تعتمد الفترات الزمنية الموضحة في الجدول رقم 3 مع مراعاة تكرارية العينات للمعايير التي تراقب مرتين في العام.
- يتم أخذ العينات وحفظها ونقلها وتحليلها حسب ما ورد في كتاب الطرق القياسية لفحص المياه والمياه العادمة وتعديلاته وأية طرائق تحليل معتمدة أخرى.
- يستخدم المعدل الهندسي لاحتساب نتائج عصيات القولون المقاومة للحرارة أو الايشيريشاكولي عند تقييم نوعية المياه المستصلحة.
- فيما يخص تقييم كفاءة وأداء محطة المعالجة من حيث المؤشرات (TN – TP – BOD – COD – S) يستخدم المتوسط الحسابي وبحيث لا يقل عدد العينات المشمولة في حسابه عن خمس عينات خلال 14 يوم.

- في حالة الحاجة إلى تحديد معايير مستجدة غير واردة في هذه المواصفة يتم الرجوع إلى هيئة المواصفات والمقاييس السورية لاتخاذ الإجراء اللازم.
- في الحالات الوبائية على الجهات الرقابية القيام بالتحري عن الجراثيم المعوية الممرضة الممكن تواجدها في المياه.
- آلية الرقابة النوعية:

- فئة الاستعمال (أ و ب): عند ظهور تجاوز في أي من المعايير الواردة في هذه المواصفة يتم أخذ ثلاث عينات إضافية من المياه السطحية وبواقع عينة يومياً، فإذا بينت النتائج المخبرية وجود تجاوز في عينتين يتم إيقاف استعمال المياه المستصلحة فيما يختص بالاستعمال الذي تجاوز مواصفته لحين استقرار نوعية المياه وعدم تجاوز النتائج المخبرية لعينتين متتاليتين للقيم الواردة في هذه المواصفة.

- فئة الاستعمال (ج و د): في حالة الطرح للأودية أو السيول تعتمد فترة التقييم المشار إليها في الجدولين 2 و 3 وعند حدوث تجاوز في أي من المعايير يتم إشعار الجهة المعنية بضرورة تصويب الوضع بالسرعة الممكنة.

• أنصح حاليا الاكتفاء بتحقيق المواصفة القياسية السورية الخاصة بمياه الصرف
المعالجة الناتجة عن محطات المعالجة الفئة ب , وهي مناسبة للمحاصيل
العلفية و الأشجار المثمرة و المسطحات الخضراء ولا يتطلب تحقيق هذه
المواصفة صرف الكثير من الموارد المالية التي قد تكون غير متوفرة حاليا في
سوريا .

أهم العوامل التصميمية

1- معدل التحميل الهيدروليكي _Hydraulic load rate.

2- كثافة النبات .

3- ثمن المكوث / Residence time.

4- تركيز BOD5 في مياه الصرف الخام و في المياه المعالجة.

5- درجة الحرارة.

التراكيز النموذجية لمياه الصرف الداخلة إلى أحواض المعالجة بالأراضي الرطبة

Table 3-1. Typical Constructed Wetland Influent

Constituent (mg/L)	Septic Tank Effluent ¹	Primary Effluent ²	Pond Effluent ³
BOD	129-147	40-200	11-35
Sol. BOD	100-118	35-160	7-17
COD	310-344	90-400	60-100
TSS	44-54	55-230	20-80
VSS	32-39	45-180	25-65
TN	41-49	20-85	8-22
NH ₃	28-34	15-40	0.6-16
NO ₃	0-0.9	0	0.1-0.8
TP	12-14	4-15	3-4
OrthoP	10-12	3-10	2-3
Fecal coli (log/100ml)	5.4-6.0	5.0-7.0	0.8-5.6

¹EPA (1978), 95% confidence interval. Prior to major detergent reformulations which reduce P species by ~50%.

²Adapted from Metcalf and Eddy, (1991) assuming typical removal by primary sedimentation-soluble BOD = 35 to 45% total.

³EPA (1980).

إزالة المعادن الثقيلة بالأحواض الرطبة – دراسة حالة محطة معالجة مياه الصرف الخاصة بمنطقة Sacramento

Table 4-2. Trace Metal Concentrations and Removal Rates, Sacramento Regional Wastewater Treatment Plant (SCRSD, 1998).

Metal	Influent (mg/L)			Effluent (mg/L)			Removal (%) Rate
	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	
Silver	0.25	0.29	0.32	0.02	0.03	0.03	90
Arsenic	2.00	2.23	2.60	1.50	2.20	3.10	1.3
Cadmium	0.040	0.077	0.140	0.005	0.009	0.019	88
Chromium	0.50	1.05	1.40	0.50	0.77	3.10	27
Copper	4.60	8.62	17.00	1.60	4.04	7.00	19
Mercury	0.0084	0.0105	0.0144	0.0021	0.0031	0.0041	71
Nickel	4.30	8.23	23.00	4.10	8.96	20.00	—
Lead	0.25	0.58	1.20	0.05	0.14	0.26	55
Antimony	0.40	0.41	0.42	0.12	0.15	0.20	63
Selenium	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	—
Zinc	6.4	26.2	34.0	1.30	3.53	8.70	70

أهم الاعتبارات التصميمية الخاصة بمحطات المعالجة بالأراضي الرطبة

عند التصميم يجب اختيار نوع الجريات في وحدات المعالجة :

1- أنظمة ذات جريات تحت سطحي وهو النمط الأكثر شيوعا في أوروبا

2- أنظمة الجريات السطحية : وهذا النمط شائع في أمريكا

3- أنظمة الجريات الشاقولية:

تصميم جديد يستخدم للتغلب على مشكلة نضوب الأوكسجين وزيادة النتجة.



Tucson Electric Park Detention Basin

- يجب أن يكون هناك ميولا في وحدات المعالجة وذلك بدءا من المدخل حتى المخرج.

- الميل الطولي المنصوح به للأحواض يتراوح بين 0.5-1% , الميل الضئيل يمكن أن يسبب اعاقاة في جريان مياه الصرف وانسداداً في البواري , وكذلك الميل الشديد للأحواض ممكن أن يسبب جرفا لطبقات البحص .

المعايير التصميمية لتصميم وحدات المعالجة بالاراضي الرطبة

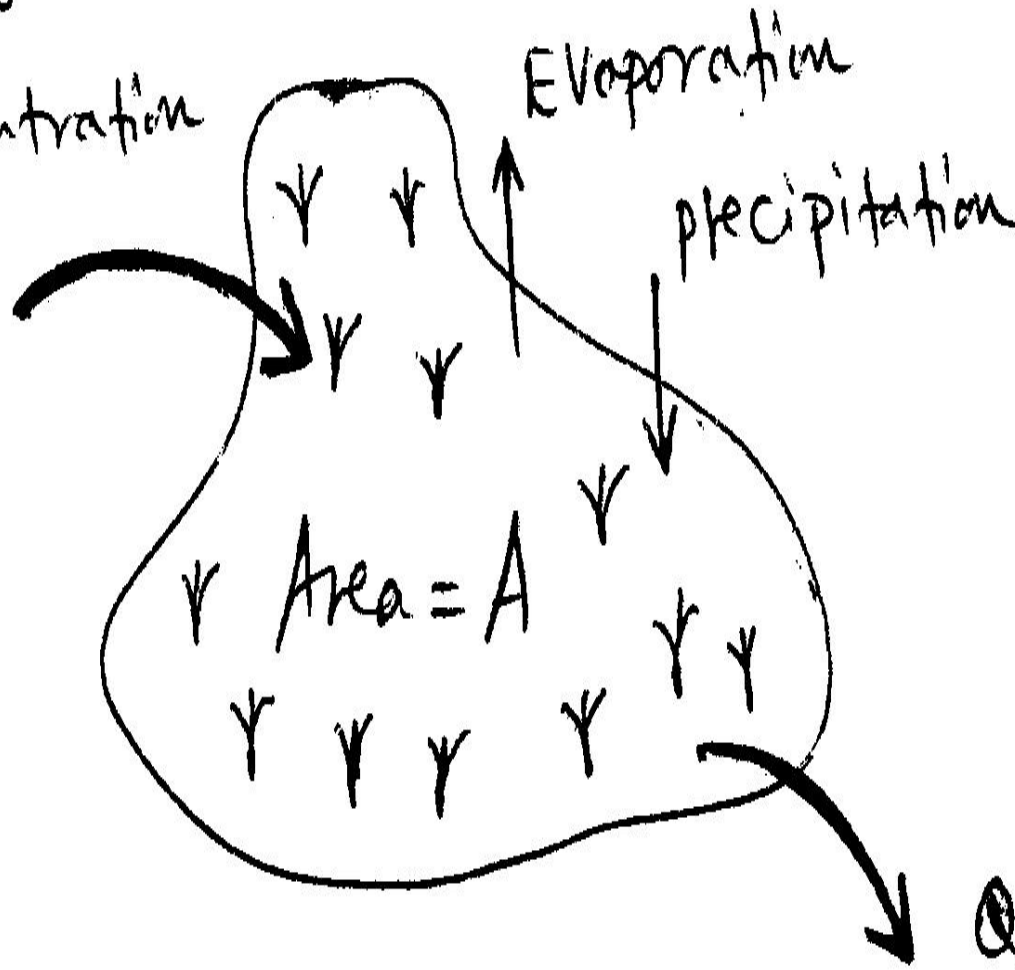
Tab. 1: Ranges of design criteria from literature

Factor	Literature suggested ranges
Detention time (for soluble pollutants removal), d	5 to 14
Detention time (for suspended pollutants removal), d	0.5 to 3
Maximum BOD5 loading rate, kg/ha.d	80 to 112
Hydraulic loading rate, m/d	0.01 to 0.05
Area requirement, ha/m ³ .d	0.002 to 0.014
Aspect ratio	2:1 to 10:1
Water depth - average condition, m	0.1 to 0.5
Bottom slope, %	0 to 0.5

كروكي لوحدة معالجة بالنباتات

$Q_i = \text{inflow}$

$C_i = \text{Concentration}$



$Q_e = \text{outflow}$

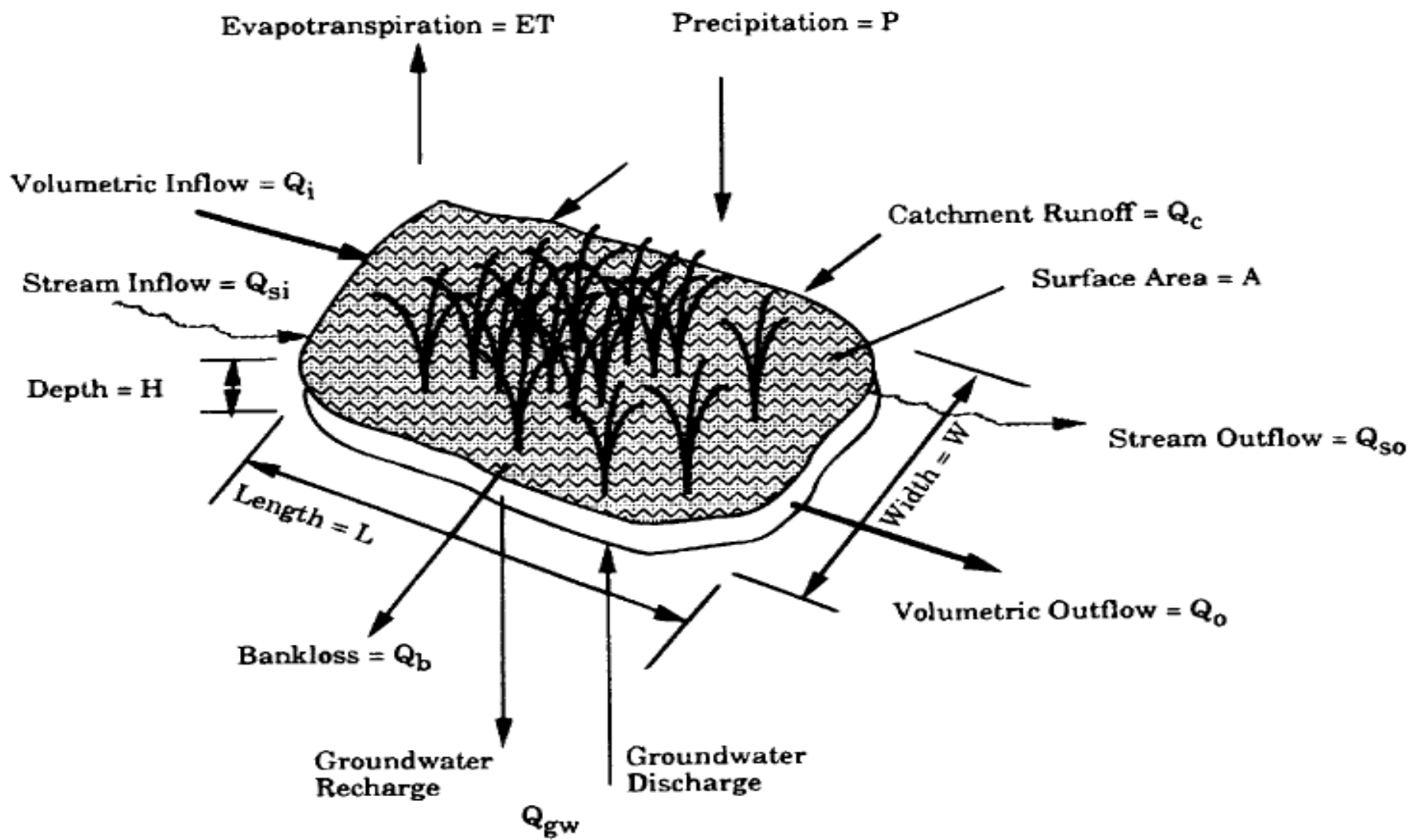
$C_e = \text{Concentration}$

معادلة التوازن المائي في البئر الرطبة

$$S = Q + R + I - O - ET$$

- حيث أن :
- S : التغير الصافي حجم المياه المخزن في الأراضي الرطبة.
- Q: تدفق مياه الصرف الداخل.
- R: الهطول المطري.
- I: صافي الرش مائي ويساوي : الرش المائي الداخل الى الأحواض الرطبة – الرش المائي الخارج من الأحواض.
- ET: الانفصاج التبخري ويشمل التبخر + كمية الرطوبة المأخوذة من قبل النباتات من التربة.

شكل يوضح الميزانية المائية في طريقة المعالجة بالأحواض



Components of the water budget and associated terminology (from KADLEC & KNIGHT 1996)

الارتفاع المثالي لأحواض المعالجة بالأراضي الرطبة

يفضل اعتماد ارتفاع صافي للحوض بمقدار 0.4 متر في حال كان نظام الجريان سطحي و 0.4-1 متر في حال كان نظام الجريان تحت سطحي سواء أكان نظام الجريان أفقياً أم شاقولياً.

معدل الحمولة العضوية المسموحة فوق كل هكتار يجب أن تكون أقل من
(80-120) كيلو غرام/هكتار باليوم
تكون المساحة اللازمة هي :

$$A=Q \times \ln(BODI/BODE)/(K_t \times d \times n)$$

d: العمق الوسطي للماء ونأخذه 1 م , n: مسامية التربة وتؤخذ في حالتنا هذه
حوالي 30 % أي kt: ثابت يتعلق بدرجة الحرارة قيمته هي من 1.02-1.06 .

$$K_T=K_{20} \times \emptyset^{(T-20)}$$

$$K_{20}=1.104, \emptyset=1.06$$

$$T= 10 \text{ C}^0$$

زمن المكوث الهيدروليكي

- $Q = V/T$
- $T = V/Q = A \cdot d / Q = n \cdot A \cdot d / Q$

- d : العمق الوسطي للماء .
- n : مسامية التربة .
- T : زمن المكوث الهيدروليكي.

تجربة سورية في تنفيذ وإنشاء محطة معالجة تعمل بطريقة المعالجة بالأراضي وهي النوع (Man made Wetlands) أي من صنع الإنسان :

• محطة معالجة حران العواميد:

• تم بناء محطة معالجة تجريبية من خلال دعم برنامج المياه GTZ و ذلك في العام 2000 و تم استخدام طريقة الأرض الرطبة كطريقة معالجة. تم تصميم هذه المحطة لتخدم 7000 مواطن (80% موصولة و معدل مياه المجاري المستقبلية = 300م³/يومياً) حسب متطلبات المناطق بنسبة 0,5م³ حسب الخبرة الألمانية في فحص مدى ملائمة تقنية الأرض الرطبة (نظام حصيرة القصب).

• و هي تقنية لمعالجة مياه المجاري في سوريا و تعتمد على ما يلي:

• القبول الشعبي

• الجوانب القانونية المعنية.

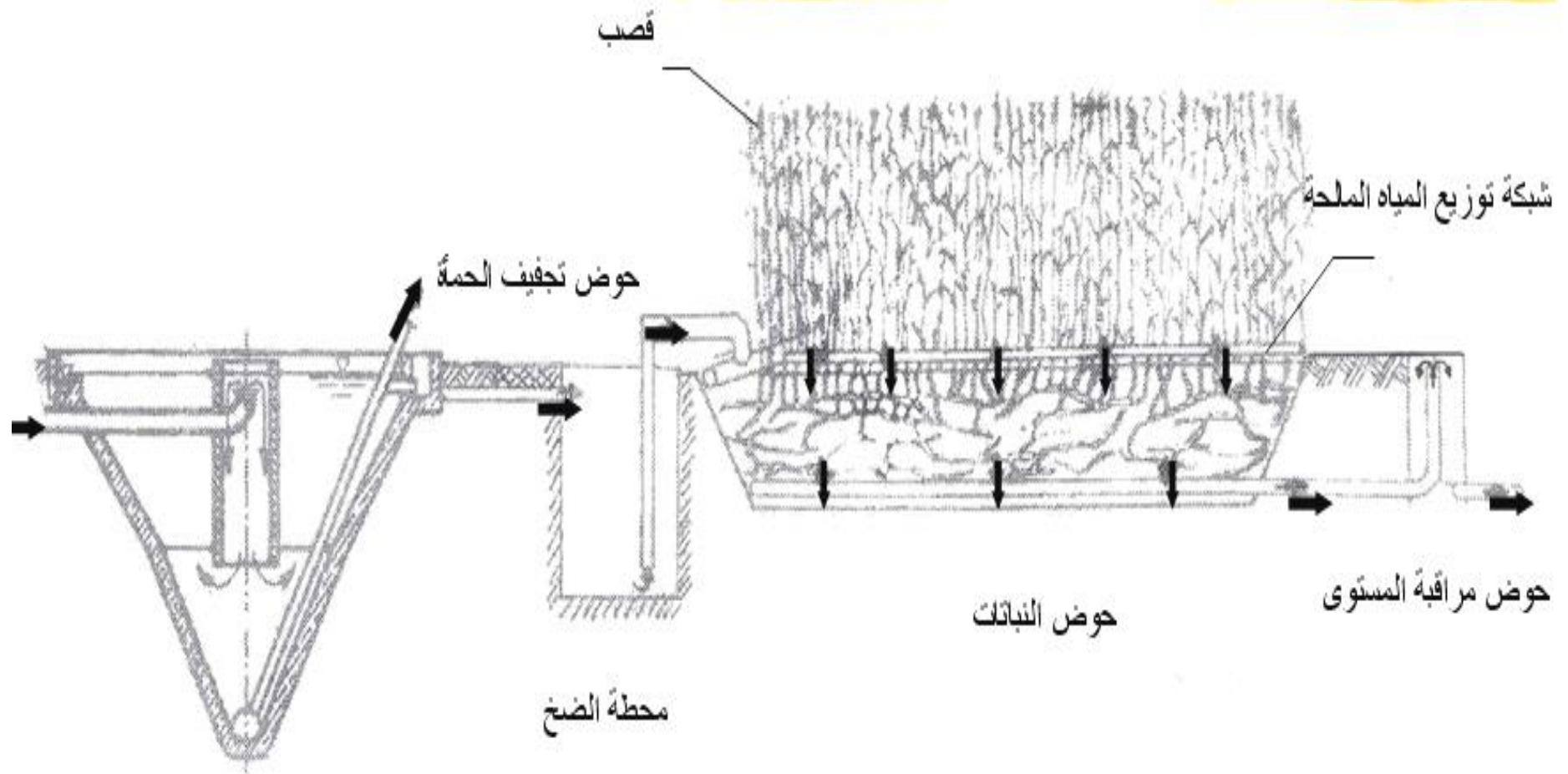
• الديمومة.

• قضايا التشغيل و الصيانة.

• الملائمة الاقتصادية.

• أيضاً هناك فحوص الجدوى الاقتصادية لإعادة استخدام التدفق من الأرض الرطبة لأغراض الري.

• المصدر : الوكالة اليابانية للتعاون الدولي (جايجا) -وزارة الإسكان و التعمير-
الجمهورية العربية السورية - دراسة حول تطوير نظام الصرف الصحي في
الجمهورية العربية السورية /تقرير الإنجاز. آذار 2007



معلومات تحليل نوعية مياه المجاري في محطة معالجة حران العواميد:
بلغت تكلفة الإنشاء 95,900 يورو و كانت نفقات التشغيل السنوية 7000 يورو.

التاريخ	4 تموز 2006		5 آذار 2006	
المؤشر	المدخل	المخرج	المخرج	
الناقلية uc/cm	2330	2370	2060	
PH	7,1	6,9	609	
BOD (ملغ/ل)	240	26	12	
NH4 (ملغ/ل)	-	32,4	9	
DO (ملغ/ل)	1,3	2,7	-	
درجة مئوية	24,3	24,6	-	
COD (ملغ/ل)	780	80	18,2	
SS (ملغ/ل)	-	27,2	27,2	
NO3 (ملغ/ل)	50,6	42	14	
TN (ملغ/ل)	46,3	40,6	17,5	
TP (ملغ/ل)	0,49	0,82	1,98	
PO4 (ملغ/ل)	2	3,5	6	
الغزارة (م3/يومياً)	400	400	400	4 تموز 2006

مثال واقعي وتطبيقي

- مدينة الراعي :تقع شمال سوريا :
- السنة :2009 م نسبة التزايد 2.68 % معدل استهلاك الفرد هو 120 ليتر ,عدد السكان 14000 نسمة .
- سوف يتم تصميم محطة العالجة على التدفق اليومي الوسطي الجاف وسوف نعتبر نسبة التصريف حوالي 70 % من استهلاك الفرد.
- ونسبة عدد السكان نهاية المرحلة التصميمية للمرحلة الاولى :

$$N_{2020}=N_{2009}\times(1+R/100)^{11}$$
$$=14000\times(1+2.68/100)^{11}= 18728 \text{ person}$$

التدفق التصميمي للمرحلة الأولى :

$$Q_{d2020}=18728\times0.12\times0.7=1573 \text{ m}^3/\text{day}$$

المرحلة الثانية:

$$N_{2035}=N_{2009}\times(1+R/100)^{26}=14000\times(1+2.68/100)^{26}= 27846 \text{ person}$$
$$Q_{d2035}=27846\times0.12\times0.7=2339 \text{ m}^3/\text{day}$$

القسم البيئي والصحي والهيدروليكي :

- طريقة المعالجة المقترحة : هي معالجة بالأراضي والنباتات وسوف نستخدم نظام الجريان تحت سطحي (نظام جريان أفقي + شاقولي) وفي النظام السطحي أيضاً سوف يتم وضع طبقة من الزرادة على السطح تمر عبرها مياه الصرف لمنع تعرض مياه الصرف للهواء الجوي وذلك لمنع انتشار الذباب وانتشار الروائح الكريهة, حيث تضخ مياه الصرف إلى أعلى الأراضي الرطبة ذات الغطاء النباتي الكثيف ثم تجري نحو الأسفل لتخضع وفق مايلي :

تصميم وحدات المعالجة:

- أ- مصافي خشنة + مصافي ناعمة + مقياس تدفق + مقياس فانتوري أمّا أحواض إزالة الرمال فيمكن الاستغناء هنا في هذا النوع من المحطات نظراً لصغر التدفق الوارد وقلة كمية الرمال الواردة وإنّ وجود حوض ترسيب أولي يتم فيه جمع الحمأة (الرواسب العضوية + رواسب غير عضوية كالرمال).
- الغاية من تصميم محطة المعالجة لقرية الرامي تحقيق المواصفات القياسية السورية الخاصة بري المزروعات الفئة ب بحسب ما هو وارد في دفتر الشروط الفنية المعلن.

المصافي الناعمة



المصافي الخشنة

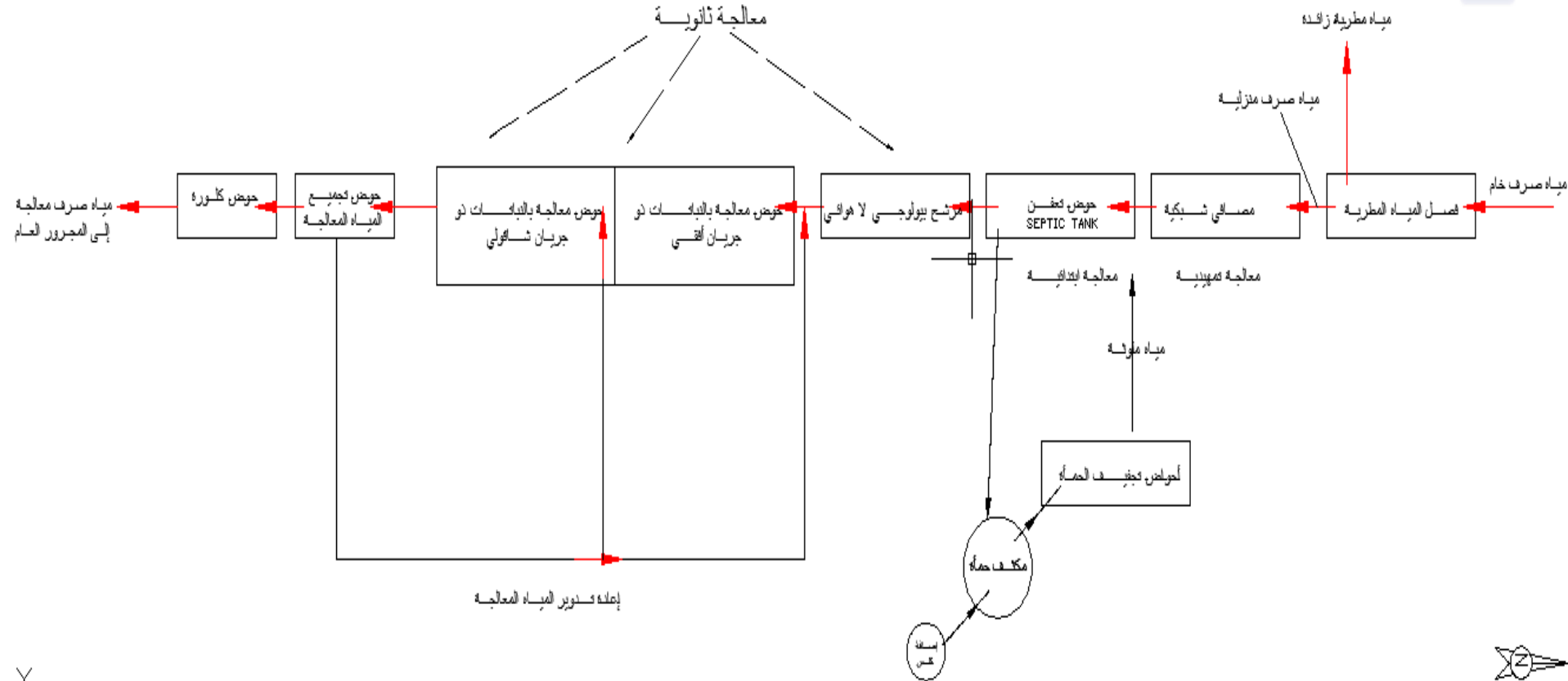


معطيات التصميم :

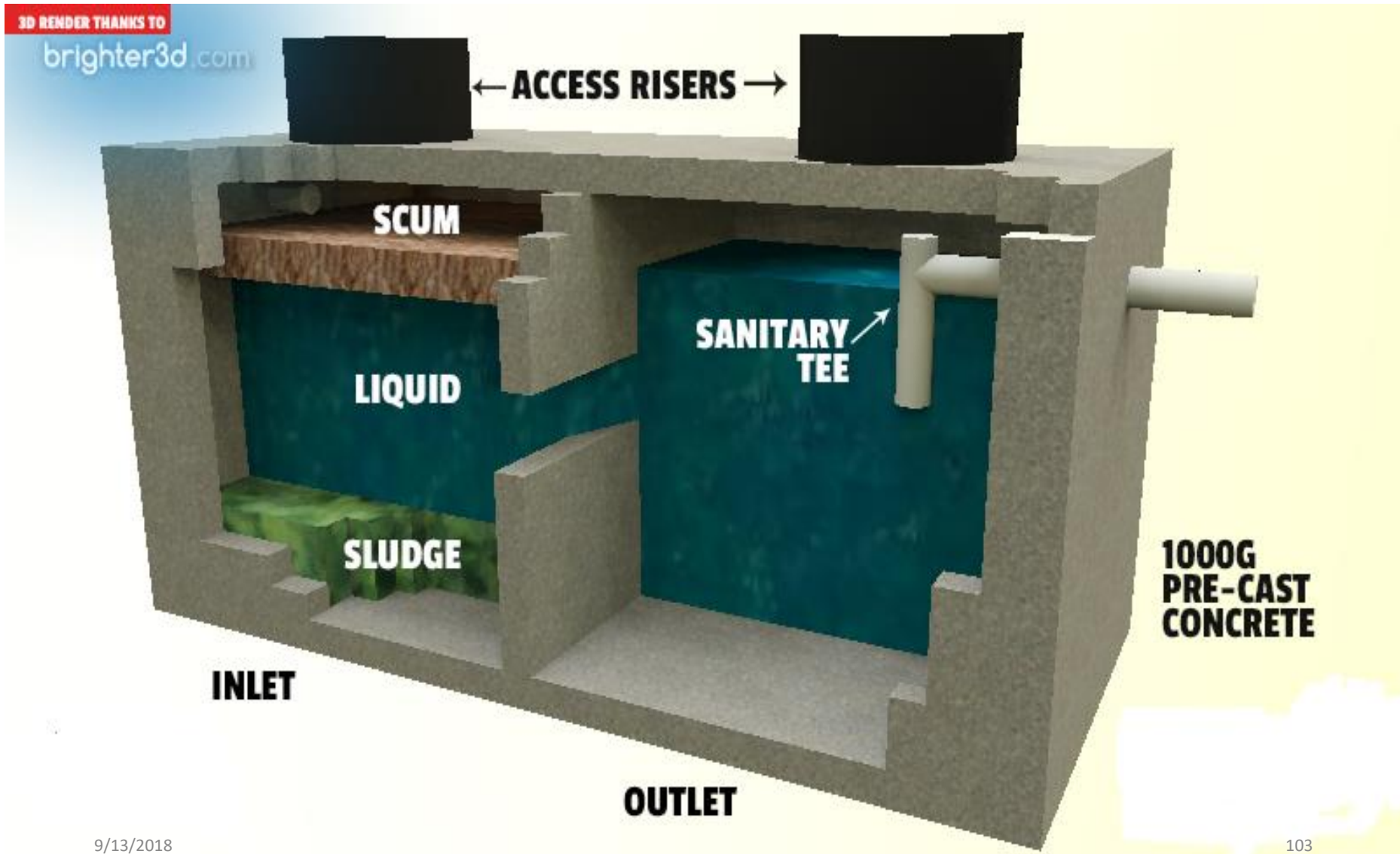
- BOD_5 الداخل إلى المعالجة البيولوجية بالنباتات هو : 120 ملغ/ل.
- BOD_5 الخارج من حوض المعالجة بالنباتات هو : 65 ملغ/ل بينما التي سوف تخرج من حوض الكلورة إلى المصب النهائي هي بحدود 55 ملغ/ل.
- نظام الجريان أفقي + شاقولي + إعادة تدوير جزء من التدفق المعالج.
- سوف نزيل كحد أدنى من قيمة الأحمال العضوية في المعالجة بالأراضي والنباتات فيكون BOD_5 الخارج من عملية المعالجة بالنباتات هو 65 ملغ وهو محقق لدفتر الشروط الفنية الذي ينص على وجوب تحقيق المواصفات السورية الخاصة بمياه الري المجال ب رقم 2752 لعام 2008.

المخطط الصندوقي لعمليات المعالجة

معالجة ثانوية



شكل حوض التعفن Septic tank



فوائد وجود حوض التعفن في محطات المعالجة بالأراضي الرطبة :

- 1- يمكن الاستفادة منه كحوض ترسيب اولي وبذلك نحمي الطبقة البحيية في أحوض المعالجة بالأراضي الرطبة من الانصطام .
- 2- يمكن الاستفادة منه لفصل الزيوت و الشحوم ومنع وصولها الى أحواض المعالجة ويمكن ان يتصل نسبة ازالة الزيوت و الشحوم حتى 80% .
- 3- يمكن استخدامه كحوض توازن لموازنة ومزج التدفقات الواردة الى محطة المعالجة.

4- يمكن استخدامه كغرفة ضخ مياه الصرف الصرف الى وحدات المعالجة.

5- يساهم في تخفيف الحمولة العضوية معبرا عنها بـBOD5 بمقدار 40-60% الواردة وحدات المعالجة.

6- يزيل المواد المعلقة القابلة للتسيب بمقدار 50-80% .

7- يستفاد منه في هضم الحمأة الأولية .

8- يمكن أن ينتج الغاز الحيوي و الذي يستفاد منه كمصدر للطاقة.

تصميم حوض التعفن

يُصمم حوض التعفن (Septic tank) : بناء على زمن مكون مقداره 5 أيام فيكون حجمة

$$V=Q \times T$$

V: حجم حوض التعفن ب م³

Q: التدفق الأعظمي اليومي لمياه الصرف بوحدة م³/يوم

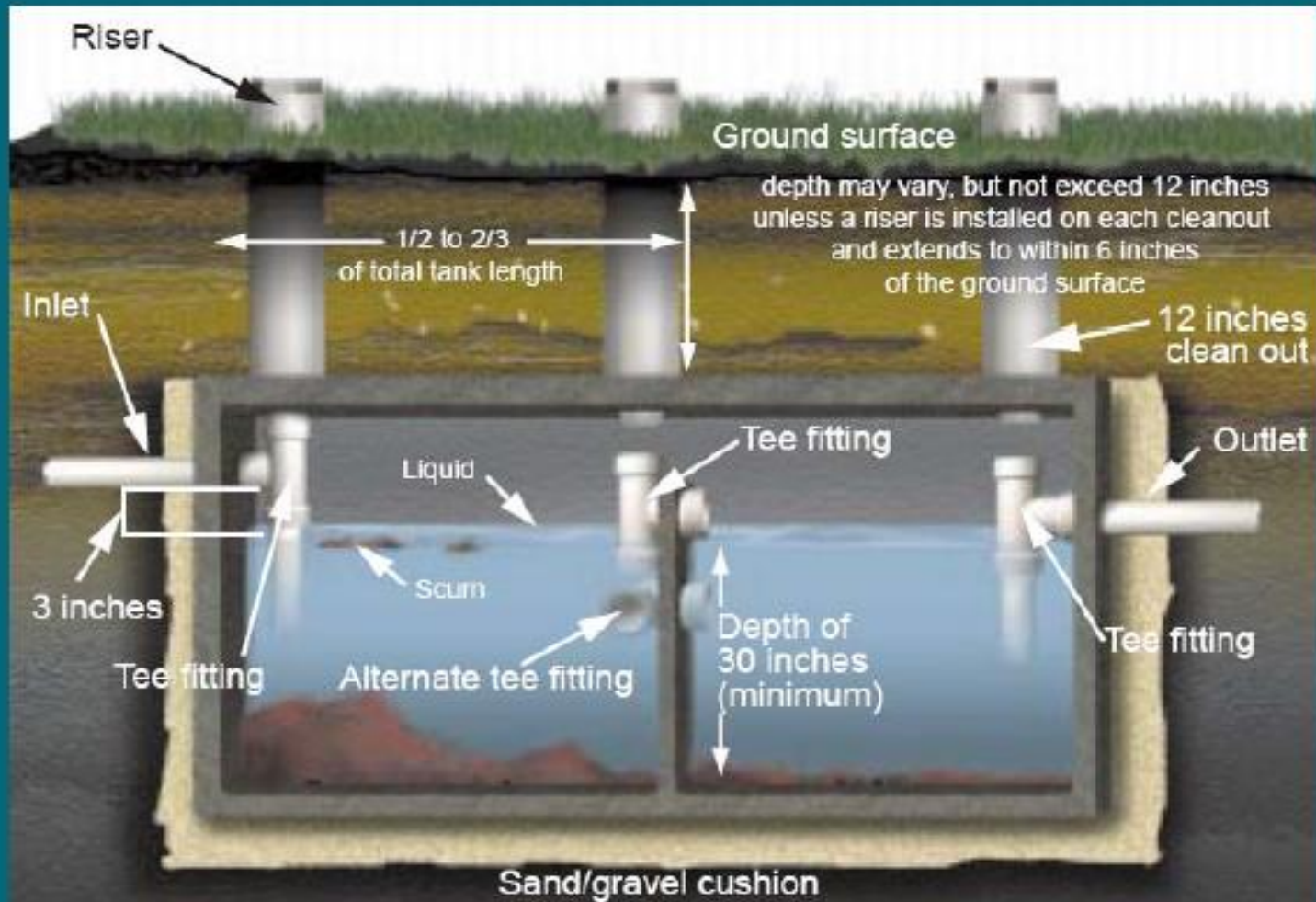
T: زمن المكوث ويؤخذ 5 أيام.

يقسم حوض التعفن الى حجرتين الاولى حجمها يتراوح من نصف الى ثلثي الحجم الكلي لحوض التعفن.

لمزيد من التفاصيل يمكن متابعة الرابط الآتي :

- <https://pdfs.semanticscholar.org/presentation/17f1/102f8e28943d7f9465d776d72fc9888e090b.pdf>

Typical Two-Compartment Tank



courtesy of Texas A&M University

تصميم حوض الاستقبال الأولي وهو حوض تعفن لا هوائي (septic tank)

- يتم تصميم خزان **septic tank** على زمن مكوث مقدراه 16 ساعة عند التدفق عام 2020 يفيد هذا الحوض يفيد تجفيف الأحمال العضوية وفي حدوث عملية تجانس لمياه الصرف الصحي الخام الواردة :

$$V=16 \times 1573 / 24 = 1049 \text{m}^3$$

- ويحدث في هذا الحوض أيضاً تجميع للحمأة وتثبيتها لا هوائياً تمهيداً لتكثيفها وتجفيفها.
- الارتفاع المائي 3.5 م الطول 25 م والعرض 12 م والحجم الفعلي هو :

$$V_{\text{active}} = 3.5 \times 25 \times 12 = 1050 \text{m}^3$$

- كفاءة إزالة BOD_5 في خزان **septic tank** هي بحدود 40%.

- إن BOD_5 التصميمي هو 400 ملغ/ل

- فيكون تركيز الـ BOD_5 الخارج من خزان **septic tank** :

$$= 0.6 \times 400 = 240 \text{ mg/l}$$

- يلي حوض **septic tank** مرشح بيولوجي لا هوائي بسيط بزمان مكوث 6 ساعات وبجريان من الأسفل إلى الأعلى فيكون حجم المرشح البيولوجي اللاهوائي :

$$V_2 = 6 \times 1573 / 24 = 393.4 \text{ m}^3$$

- نختار مرشح بيولوجي لا هوائي مغلق (منعاً لانتشار الروائح وانتشار الأوبئة والأمراض) دائري الشكل :
- الارتفاع المائي الفعّال 4 م فيكون قطر الحوض 11.25 م فيكون الحجم الفعّال هو :

$$V_{2\text{active}} = 4 \times 3.14 \times 11.25^2 / 4 = 397.4 \text{ m}^3$$

وعادة تكون كفاءة هذه المرشحات حوالي 40-80 % في إزالة BOD_5 وعملياً نصممه على كفاءة مقدارها 50 % وذلك كعامل أمان تصميمي من قيمة BOD_5 فتكون قيمة BOD_5 الخارجة من المرشح هي :

$$= 0.5 \times 240 = 120 \text{ mg/l}$$

ج - تصميم الأراضي الرطبة (المعالجة بالنباتات) :

- نظام الجريان أفقي + شاقولي.
- الحرارة التصميمية : 10 درجات مئوية.
- مادة الترشيح والامتزاز والنمو البيولوجي : بحص + رمل + زرداه .
- مسامية طبقة الترشيح : 0.3
- معدل التحميل العضوي على الهكتار 120 كيلو غرام BOD5 (مزال) / هكتار في نهاية العمر التصميمي للمرحلة و 100 كيلو غرام BOD5 (مزال) / هكتار في بداية العمر التصميمي للمرحلة.
- الارتفاع الوسطي لطبقة الترشيح هو : 0.8-1 م

معدل الحمولة العضوية المسموحة فوق كل هكتار يجب أن تكون أقل من
(100-120) كيلو غرام / هكتار باليوم
تكون المساحة اللازمة هي :

للمرحلة الأولى

$$A=Q \times \ln(BODI/BODE)/(K_t \times d \times n)$$

d: العمق الوسطي للماء ونأخذه 1 م , n: مسامية التربة وتؤخذ في حالتنا هذه
حوالي 30 % أي kt: ثابت يتعلق بدرجة الحرارة قيمته هي من 1.02-1.06 .

$$K_T=K_{20} \times \emptyset^{(T-20)}$$

$$K_{20}=1.104, \emptyset=1.06$$

$$T= 10 \text{ C}^0$$

• معطيات التصميم :

- BOD_5 الداخل إلى المعالجة البيولوجية بالنباتات هو : **120 ملغ/ل**
- BOD_5 الخارج من حوض المعالجة بالنباتات هو : **65 ملغ/ل** بينما التي سوف تخرج من حوض الكلورة إلى المصب النهائي هي بحدود **55 ملغ/ل**.
- نظام الجريان أفقي + شاقولي + إعادة تدوير جزء من التدفق المعالج

• سوف نزيل كحد أدنى من قيمة الأحمال العضوية في المعالجة بالأراضي والنباتات فيكون BOD_5 الخارج من عملية المعالجة بالنباتات هو 65 ملغ وهو محقق لدفتر الشروط الفنية الذي ينص على وجوب تحقيق المواصفات السورية الخاصة بمياه الري المجال ب رقم 2752 لعام 2008.

• - أبعاد المساحات اللازمة للمعالجة البيولوجية بالنباتات والأراضي للمرحلة الأولى حتى عام 2020 :

• المساحة اللازمة للمرحلة الأولى :

• التدفق = 1573 م³/يوم.

• الحمل العضوي اليومي في الفترة التصميمية الأولى هو :

$$=(120-65) \times 1573 / 1000 = 86.5 \text{ kg BOD/ day}$$

• الحمل العضوي اليومي في الفترة التصميمية الثانية هو :

$$=(120-65) \times 2339/1000=128.65 \text{ kg BOD/ day.}$$

• معدل الحمولة العضوية المسموحة فوق كل هكتار يجب أن تكون أقل من (100-120) كيلو غرام / هكتار باليوم تكون المساحة اللازمة هي :

• للمرحلة الأولى :

$$A=Q \times \ln(BODI/BODE)/K_t \times d \times n$$

• d: العمق الوسطي للماء ونأخذه 1 م , n: مسامية التربة وتؤخذ في حالتنا هذه حوالي 30 % أي kt: ثابت يتعلق بدرجة الحرارة قيمته هي من 1.02-1.06 .

$$K_T=K_{20} \times \phi^{(T-20)}$$

$$K_{20}=1.104, \phi=1.06$$

$$T= 10 \text{ C}^0$$

$$K_{15}= 1.104 \times 1.06^{(10-20)} =0.616$$

$$A_{2020}=1573 \times \ln(120/65)/(0.616 \times 1 \times 0.3) =5218 \text{ m}^2$$

• نتحقق من معدل التحميل العضوي :

$$86.5/.5218= 165.7 \text{ kg BOD}_5/\text{h.day} \text{ غير محقق}$$

• لذلك نصمم بناء على معدل تحميل عضوي مقداره 120 كغ BOD_5 / هكتار باليوم في نهاية الفترة التصميمية الأولى

• فتكون المساحة اللازمة هي : $A = 86.5 / 120 \times 10000 = 7208.3 m^2$

• فتكون نصيب كل فرد مخدم بالمحطة من المساحة في نهاية الفترة التصميمية :

$$7208.3 / 18728 = 0.39 m^2 / PE$$

• لكن عملياً نعتمد مساحة 0.5 م² لكل شخص من مساحة الحوض وذلك دفعاً للخلاف وكعامل أمان إضافي ولضمان حدوث إزالة للنيتروجين والفسفور .

- إذا المساحة اللازمة للمرحلة الأولى : $A=0.5 \times 18728 = 9364 \text{m}^2$
- عملياً نختار أربعة أحواض فيكون أبعاد كل حوض هي : $48.5 \text{ م} \times 48.5 \text{ م}$
- إذا أصبح لدينا سلسلتين متماثلتين تعملان بالتوازي وبعد عام 2020 يتم إضافة سلسلة أخرى مماثلة لأي منهما للقيام بالمعالجة حتى عام 2035م

- ويتم إعادة حزم من التدفق المعالج إلى بداية محطة المعالجة بمقدار 25-100 % من التدفق الأصلي لتحسين كفاءة المعالجة البيولوجية.
- والمساحة اللازمة بما فيها مساحة الطرق والبناء والمنشآت الأخرى حتى عام 2035 لا تزيد عن هكتار وتبقى مساحة مقدارها 1 هكتار شاغرة تحت تصرف الإدارة.

• وفق تصميمنا (آخذين بعين الاعتبار التوسع المستقبلي حتى عام 2035) لهذه المحطة فإنه يبقى لدينا مساحة هذه المساحة زائدة هذه المساحة يمكن الاستفادة منها على النحو الآتي :

• يمكن زرعها بمحاصل صناعية كالقطن والاستفادة من المحصول في تغطية جزء من النفقات التشغيلية لمحطة المعالجة حيث يمكن سقاية القطن بالمياه المعالجة المتوفرة في محطة المعالجة.

• يمكن زراعتها بأشجار الزيتون أو أي نوع من الأشجار المثمرة استفادة من المحصول في تغطية جزء من النفقات التشغيلية لمحطة.

• ويمكن أيضاً ان تستخدم للتوسعات المستقبلية بعد عام 2035 م (إن بقينا أحياء بإذن الله).

• وللإدارة الخيار في أي تصرف تتصرف به بالمساحات الشاغرة المبينة في مخططاتنا المرفقة دون ان يؤذر ذلك على جودة التصميم أو أداء المعالجة.

معالجة الحمأة :

• كمية الحمأة الناتجة :

• كمية الحمأة الناتجة يومياً في المرحلة الأولى : حيث تقدر بـ 25 % من BOD_5 المزال في حوض septic tank وذلك لأنها تتعرض لهضم لا هوائي وتثبيت

$$W_s = 0.25 \times 1573 \times 400 \times 0.6 / 1000 = 94.4 \text{ kg sludge / day}$$

• كمية الرمال المجموعة مع الحمأة :

• - نحسب كمية المواد المترسبة من الرمال بفرض أن الكمية تتراوح بين

($0.004 - 0.20 \text{ m}^3 / 10^3 \cdot \text{m}^3$) فيكون كمية الرمال المتوقعة يومياً للمرحلة الأولى:

$$q = 0.010 * (1573 / 1000) = 0.01573 \text{ m}^3 / \text{day}$$

- لذلك فإنّ هذه الكمية الصغيرة جداً تجمع مع الحمأة ولا حاجة لإنشاء حوض خاص لإزالة الرمال لضآلة الكمية , وعادة في المحطات الصغيرة التي لا يزيد تدفقها عن 3000 م³/يوم , لا ينصح بإنشاء حوض خاص لإزالة الرمال او إزالة الزيوت والشحوم.
- وفي حال رغبة الإدارة وطلبت منّا إنشاء قناة خاصة لإزالة الرمال فإنّنا ملتزمين بتنفيذ هذه القناة رغم أنّنا نعتبرها ليست ضرورية في هذه المحطة.

حجم الحمأة للمرحلة الأولى :

- بفرض أنّ رطوبة الحمأة هي 99 % ووزن المواد الصلبة الجافة في الحمأة هو 1%
- حجم الحمأة : كتلة أو وزن الحمأة الصلبة $\times (100 / \text{كتلة أو وزن المواد الصلبة الجافة}) \times (1 / \text{كثافة الحمأة الرطبة})$
- $Q_x = 94.4 \times (100/1) \times (1/1) = 9440 \text{ l/day} = 9.44 \text{ m}^3/\text{day}$
- هذه الحمأة مثبتة تقريباً ونتيجة تعريضها لأشعة الشمس في أحواض تجفيف الحمأة نضمن بذلك إتمام عملية التثبيت .
- قبل أن نقوم بنشر الحمأة في ساحات التجفيف نسعى لتثبيت الحمأة في أحواض تكثيف ثقالية ونضيف ماءات الكالسيوم (الكلس) لزيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة ولمنع انتشار الروائح وتعتبر معالجة الحمأة بالكلس من الطرق المفيدة التي تؤدي إلى زيادة محتوى الحمأة من المواد الصلبة .
- تدخل الحمأة إلى أحواض التكيف بمحتوى 1% من المواد الصلبة وتخرج بمحتوى 8% من المواد الصلبة فتكون كمية الحمأة الذاهبة إلى ساحات التجفيف هي للمرحلة الأولى :

$$9.44/8=1.18 \text{ m}^2$$

تصميم مكثف الحمأة :

- للمرحلة الأولى : التدفق 9.44 م³/يوم

- - حجم الحمأة المراد تكثيفها: 9.44 م³/يوم

- - بفرض التحميل السطحي الهيدروليكي:

$$\text{OFR} = 6 \text{ m}^3 / \text{m}^2.\text{day}$$

- - بفرض ارتفاع الحمأة ضمن أحواض التكثيف : 2.5 متر

$$A_s = 9.44 / 6 = 1.57 \text{m}^2$$

- -نختار عدد المكثفات : $n = 1$ فيكون القطر هو 1.5م

$$V = 1 \times 1.5 \times 1.5 \times 3.14 / 4 \times 2.5 = 4.4 \text{ m}^3$$

حجم المكثف هو

وفي المرحلة الثانية يضاف مكثف آخر بنفس الأبعاد .

- وتعاد المياه الملوثة الناتجة عن المكثفات إلى بداية محطة المعالجة

د- تصميم ساحات التجفيف :

- المرحلة الأولى :كمية الحمأة الواردة يومياً من المكثف هي : 1.18m³ , بفرض مدة التجفيف في ساحات هي 12 يوم فيكون عدد الساحات اللازمة هي 12 ساحة وبفرض أن سماكة الحمأة هي 20 سم فتكون أبعاد ساحة التجفيف الواحدة هو :

$$1.18/0.2 = 5.9\text{m}^2$$

- نقترح ساحات تجفيف وفقاً للمواصفات التالية : العدد 12

سماكة الحمأة المطروحة H=20cm

طول الساحة المقترح L=3 m

عرض الساحة المقترح B =2 m

- المساحة الكلية للمرحلة الأولى هي : $12 \times 3 \times 2 = 72\text{m}^2$

- نضيف خزان بسعة 20 م³ تتجميع في المياه الخارجة من المعالجة الثانوية من أجل إعادة تدوير

جزء منها أبعاد هذا الخزان هي : $1.5 \times 3.4 \times 4$ م

ي- تصميم حوض الكلورة على زمن :

• إن وجود حوض الكلورة يعتبر من الأمور الأساسية والهامة في أي محطة معالجة وخصوصاً إذا كانت المياه المعالجة سوف تسقى بها النباتات بشكل مباشر وتعتبر عملية التطهير بالكلور من الأمور الهامة جداً من أجل إنقاص عدد الجراثيم الموجودة في مياه الصرف ومنعاً لانتشار الأمراض, ومن الخطأ في هذه الحالة أن نلغي عملية الكلورة بحجة أن BOD5 مياه المعالجة مرتفع لا بل إن الكلورة من الأمور الأساسية في محطات المعالجة حرصاً على صحة الفلاحين الذين سوف يسقون محاصيلهم بهذه المياه المعالجة والذين سوف يكونون على تماس مباشر مع هذه المياه المعالجة والمفترض أن تكون أمينة صحياً وصالحة للري .

• -يصمم على زمن مكوث مقداره 20 دقيقة للتدفق في نهاية المرحلة الأولى :

• وبالتالي الحجم هو: $v = 1573/24 \times (20/60) = 21.8 \text{ m}^3$

• أبعاد حوض الكلورة هي ارتفاع المياه 1.1 م والطول 5 والعرض 4 م , توضع ثلاث مضخات نبضية اثنتان عاملتان بالتناوب وواحدة احتياط من اجل تجريع هيبوكلوريت الصوديوم في حوض

الكلورة.

تصميم محطات الضخ



تصميم محطات الضخ

في تصميم محطة المعالجة بالأراضي الرطبة لدينا محطات الضخ الآتية

تصميم مضخات مياه الصرف الخام

تصميم مضخات إعادة المياه المعالجة

تصميم محطة ضخ الحمأة الزائدة إلى المكثفات

ويمكن تصميم محطة ضخ للمياه المعالجة (اختياري بحسب الموقع والحاجة) .

تصميم محطات الضخ

- - تصميم محطة ضخ مياه الخام : تصمم على التدفق الحالي وتوضع قبل حوض التعفن أو بعد المرشح البيولوجي وسوف يتم اتخاذ القرار الاقتصادي المناسب في الدراسة التفصيلية
- التدفق عام 2020 :
- $1573 \text{ م}^3/\text{يوم} = 65.5 \text{ م}^3/\text{ساعة}$ نختار ثلاث مضخات عاملات بالتناوب بحيث يكون تدفق كل مضخة هو $33 = 65.5/2 \text{ م}^3/\text{ساعة}$ عند رفع مقداره (7-8) م و تعمل اثنتان وواحدة يكون في طور الراحة وبالتناوب , إذاً : عدد المضخات العاملة اثنتان بالتناوب , عدد المضخات الاحتياطية واحدة .

• - تصميم محطة إعادة المياه المعالجة : تصمم على التدفق مقداره 100% من التدفق عام

: 2020

• 1573 م³/يوم = 65.5 م³/ساعة نختار خمس مضخات أربعة تعمل بالتناوب وواحدة

احتياط بحيث يكون تدفق كل مضخة هو $16.4 = 65.5/3$ م³/ساعة عند رفع مقداره (6-8)

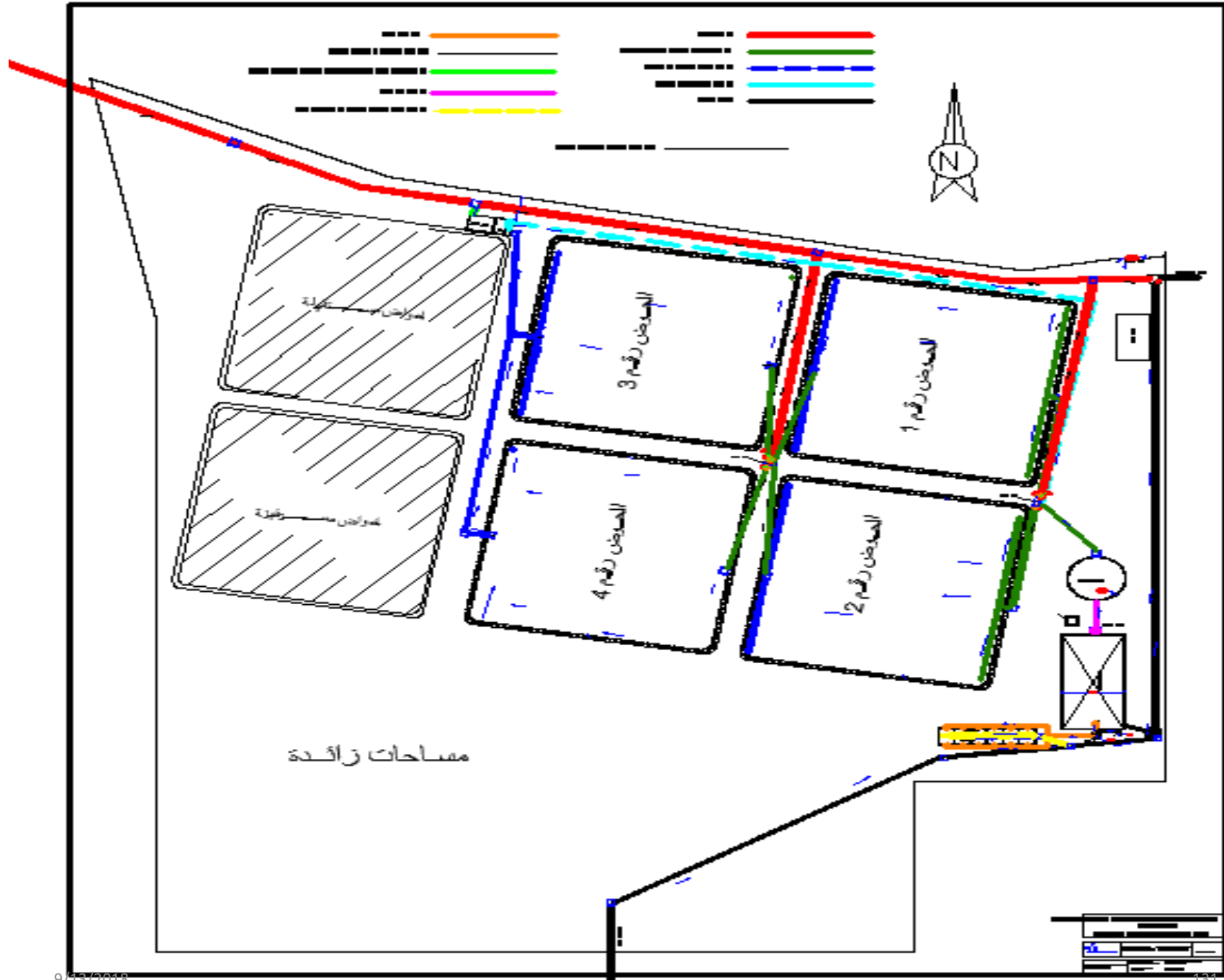
م وهذه المضخات تعمل بشكل متقطع ومتناوب مما يوفر راحة لها .

إذاً : عدد المضخات العاملة 4 بالتناوب , عدد المضخات الاحتياطية واحدة •

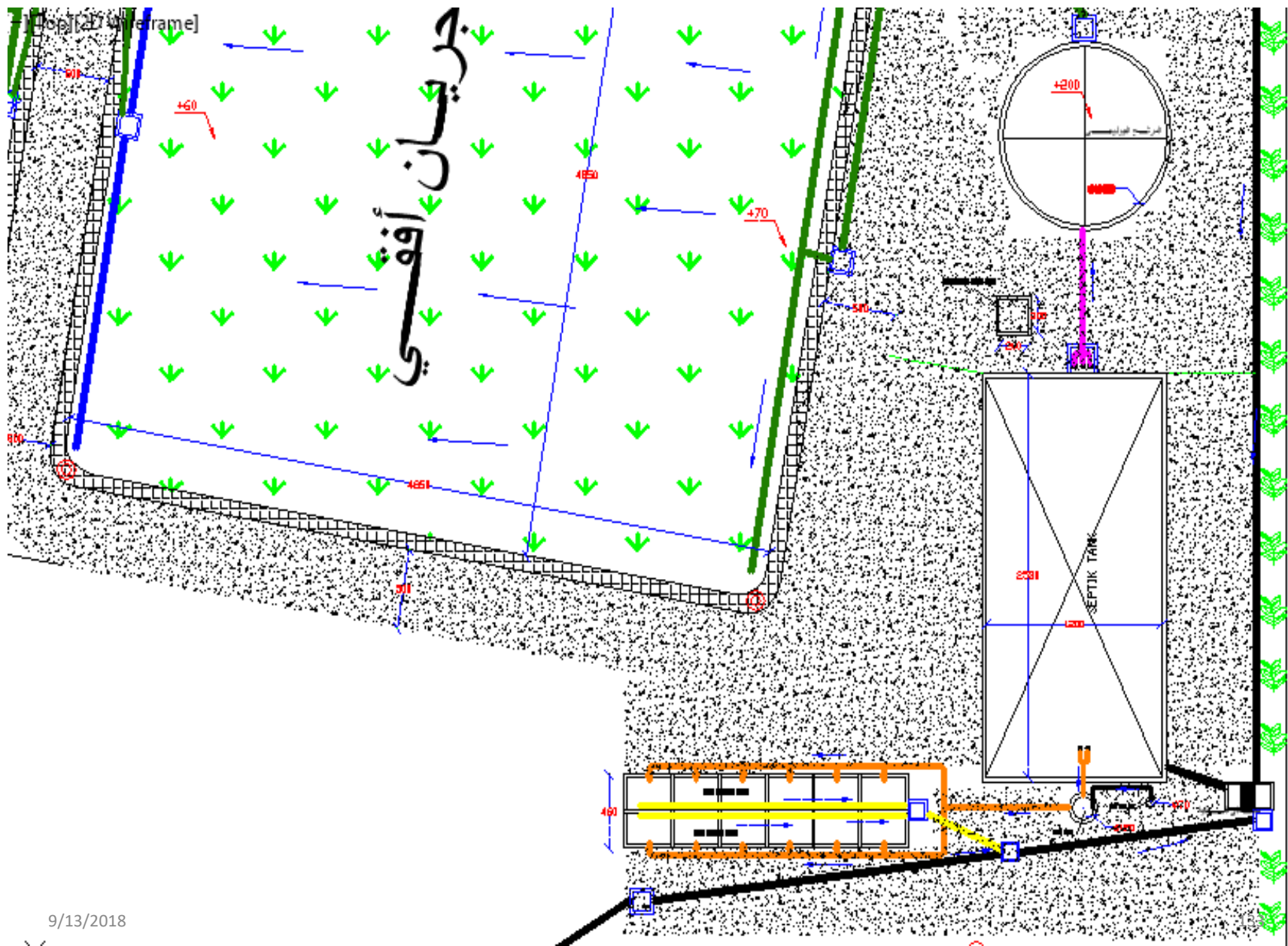
• - تصميم محطة ضخ الحمأة الزائدة إلى المكثفات : حجم الحمأة اليومي هو 9.44 م³ نفترض أنّها تضخ 3 مرات يومياً وكل مرة بزمان مقداره 1 ساعة فيكون تدفق المضخة الواحدة 3.14 م³/ ساعة و برفع 8 م وهي من النوع الغاطس.

• نختار مضختين واحدة عاملة والثانية احتياط , إذاً : عدد المضخات : واحدة عاملة , عدد المضخات الاحتياطية واحدة

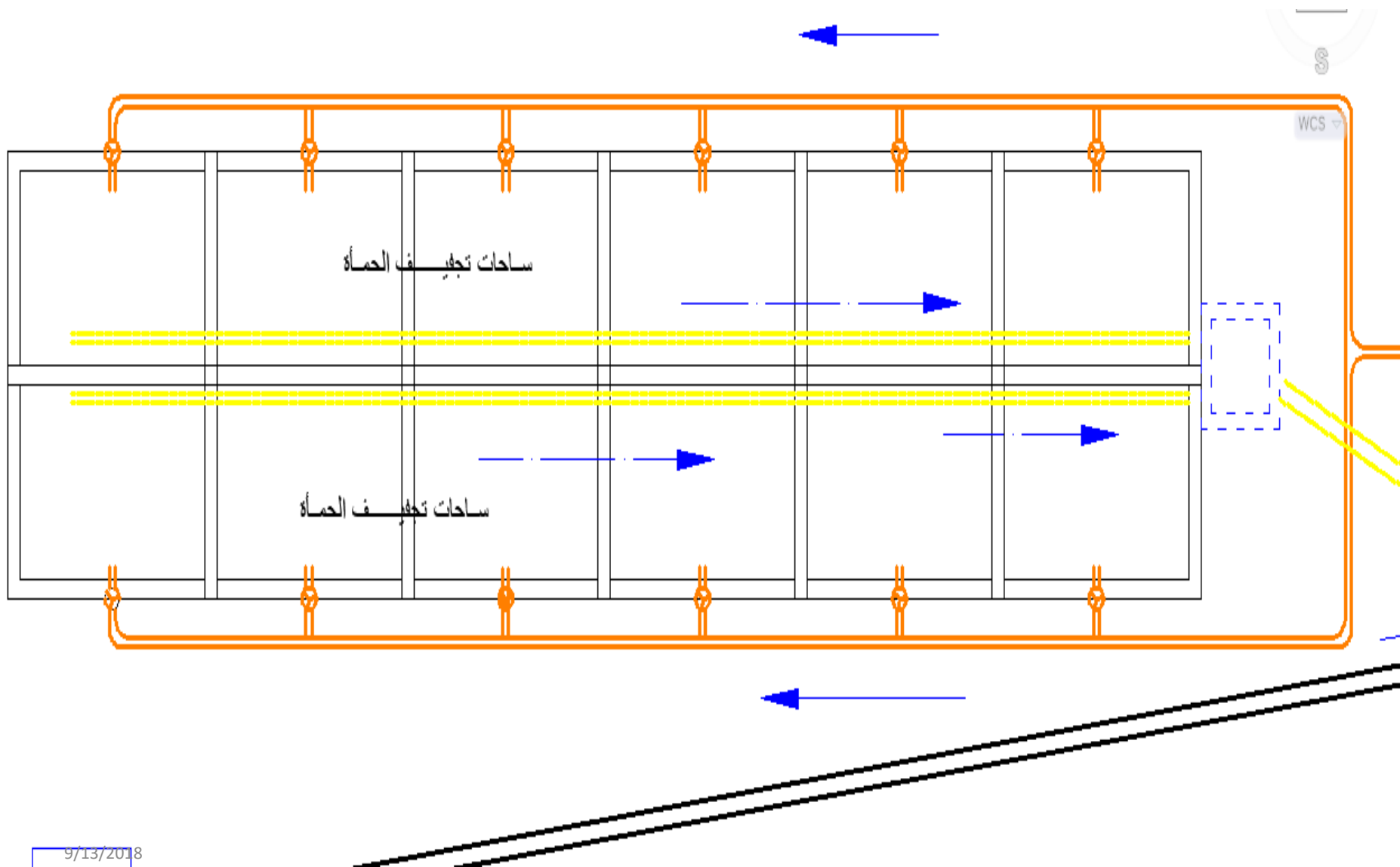
المخطط العام المقترح لمحطة معالجة بالأراضي الرطبة لمدينة الراعي /حلب







حوض تجفيف الحمأة



المقترحات والتوصيات

- 1- ضرورة معالجة مياه الصرف الصحي وذلك لتقليل الاصابة بالاشمانيا ولضرورة اعادة استخدام المياه المعالجة في ري المزروعات بشكل امن.
- 2- ان طريقة المعالجة بالأراضي الرطبة تناسب الحالة السورية , ويمكن تطبيقها في سوريا ولا تحتاج الى تجهيزات كثيرة وتكاليفها التشغيلية منخفضة.
- 3- يوجد محطة معالجة بالأراضي الرطبة نفذت في مدينة الراعي ولم تستثمر بعد يمكن إعادة تأهيلها و استثمارها واقترح أن تكون بداية الانطلاق في العمل.
- 4- ضرورة عقد ورشة عمل موسعة لمناقشة أسس تصميم وتنفيذ طريقة المعالجة بالأراضي الرطبة.
- 5- أنصح بالاكثفاء حالياً بتصميم محطات المعالجة بالأراضي الرطبة بحيث تحقيق المواصفة القياسية السورية رقم 2752 الفئة ب.

أهم المصادر العربية

- -هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية, 2008, "مواصفات مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري- المراجعة الأولى رقم 2752", الجمهورية العربية السورية وزارة الصناعة.
- صغير . عبد الله , معالجة مياه الصرف الصناعي في الوطن العربي , 2017 , دار العربية ناشرون , لبنان
- الهيئة العامة للبحوث العلمية و الزراعية , "استعمال مياه الصرف الصحي في الزراعة", 2014.
- <http://gcsar.gov.sy/ar/wp-content/uploads/wBook.pdf>
- جامعة الاخوين , " DESIGN OF A CONSTRUCTED WETLAND FOR TROUT WASTEWATER TREATMENT" , EGR 4402-Capstone Design ,
<http://www.aui.ma/sse-capstone-repository/pdf/fall2017/DESIGN%20OF%20A%20CONSTRUCTED%20WETLAND%20FOR%20TROUT%20WASTEWATER%20TREATMENT.pdf>
- مؤتمر الاصحاح البيئي في سوريا , GTZ "محطات المعالجة باستخدام النباتات للتزويد بمياه الري وإعادة الاستخدام من أجل انتاج المواد الأولية المتجددة", 2005.
- تركماني , عبد الرزاق ' محطات المعالجة بالنباتات , 2009 , موقع الهندسة البيئية.

English references :

- City of Saskatoon, “Wetland Design Guidelines” 2014,
https://www.saskatoon.ca/sites/default/files/documents/transportation-utilities/construction-design/new-neighbourhood-design/wetlands_design_guidelines.pdf
- Water Environment Research Foundation (WERF),Septic Tank Design, Function and Performance,
<https://pdfs.semanticscholar.org/presentation/17f1/102f8e28943d7f9465d776d72fc9888e090b.pdf>
- Edith Cowan University ,” Constructed Wetland Design Criteria : A Study of Their Role in Contaminant Removal From Urban Stormwater Runoff”, 1995.
- U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development, “Design Manual Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment”,1988.
- United Nations Human Settlements Programme,” CONSTRUCTED WETLANDS MANUAL”, 2008.
- Wetlands International ,” The use of constructed wetlands for wastewater treatment”,2003.
- United States Environmental Protection Agency,” Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters”,2000.
- Giuseppe Bendoricchio, Luigi Dal Cin & Jesper, Persson (2000). ”Guidelines for free water surface wetland design”, <http://www.pixelrauschen.de/wet/design.pdf>