1- أحواض النباتات ذات الجريان السطحي الحر(Free Water Surface(FWS:

إن أحواض المعالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي أو ما يعرف بالجريان الحر للماء قريبة جدا" من أحواض المعالجة الطبيعية(المستنقعات) وبحيث يتراوح عمق المياه بين 0.05 إلى 0.8 متر .وقد تم استخدامها لمعالجة مياه المجاري المجمعة مسبقا ."إن تكنولوجيا الأحواض ذات الجريان السطحي ظهرت مع بداية منتصف القرن الماضي حيث استخدمت المبادئ و التصاميم الهندسية في تحديد أبعاد وشكل هذه الأحواض .وتتراوح أبعاد هذه الأحواض من مساحة صغيرة تخدم منصرفات حوض تحليل إلى آلاف الهيكتارات.

إن أحواض المعالجة بالنباتات(الأرض الرطبة)ذات الجريان الحر للمياه تصمم بحيث يتضمن مقطعها العرضي حيزا "هاما " لمرور المياه المعالجة أوليا "بشكل حر، بينما توجد على أطرافها أوساط من الحصى أو الرمال أو التربة لتساعد على نمو النباتات .وبمعنى آخر تعتبر هذه الأحواض كمستنقعات كبيرة ذات عمق منخفض وتحوي على نباتات مائية متنوعة منها النباتات المغمورة كليا" بالماء أو النباتات الصغيرة الطافية على سطح الماء و ذات الجذور المائية ومنها النباتات الطافية ذات الجذور المغمورة بالتربة بحيث أن الأجزاء المغمورة من النباتات والأوراق الكبيرة الطافية على سطح كوسط داعم لنمو البكتريا على سطوحها والتصاقها لتشكل الطبقة البيولوجية وضمن هذ النظام المتنوع تتم عمليات ترسيب الجزيئات و أكسدة الملوثات أو استنفاذها كما تتم إزالة نسبة مرتفعة من المعادن الثقيلة مما يحسن نوعية المياه الخارجة منها.

إن هذا النوع من الأحواض يستعمل كمرحلة معالجة ثالثية فهي مناسبة جدا "لإزالة العوامل الممرضة بسبب تعرض المياه لأشعة الشمس كما أن المغذيات المتبقية في المياه الداخلة إليها تزال ضمنها إلى حد تمنع معه إمكانية حصول ظاهرة النمو الطحلبي في مياه الأنهار أو البحيرات المستقبلة للمياه المعالجة .و لأجل كل هذه الأمور فإن الأحواض ذات الجريان الحر السطحي تستخدم كمرحلة أخيرة من مراحل المعالجة . تتكون الأنظمة ذات الجريان السطحي وبشكل نموذجي من أحواض مزودة بحواجز طبيعية أو اصطناعية غير نفوذة لمنع الارتشاح .أما النباتات المزروعة (مثل القصب) فتكون سوقها مغمورة بالماء من .0,2الى 0,5 متر بينما تكون الجذور مثبتة ضمن طبقة رقيقة من التربة بسماكة0.15m تقريبا . كما يفضل استخدم عدة

أنواع من النباتات المائية و من أشهر النباتات المائية المستخدمة ضمن هذه الأحواض نذكر.

1- القصب (Phragmites Australis)

و يعتبر من النباتات الشرهة للماء كما أنه ينتشر جانبيا بسرعة .و تكون درجة الحرارة بين25 -15ºم وحموضة (2-8) يتحمل ملوحة حتى 45 غرام/لتر اي 45 جزء بالالف كما تمتد جذورة في الوسط الحصوي حتى 40 سم.

2- (Typha latifolia) درجة الحرارة المثلى لهذا النبات تتراوح بين 10 الى 30 درجة مئوية ومجال .pH بين (4-10) و و ملوحة حتى 30 غرام/لترتمتد جذوره ضمن الوسط الحصوي حتى 30 سم وهو ينمو بسرعة.

3- Scirpus spp or Bulrush لها أصناف عديدة و درجة الحرارة المثلى لهذا النبات ومجال pH يتراوح بين (4-9) و يتحمل ملوحة من 5-20 غرام/ليترحسب صنف النبات.

ينتقل الأوكسجين من الأوراق إلى منطقة الجذور، و قد تتسرب كمية محدودة من الأوكسجين خارج السوق المغمورة لتساعد على نمو البكتريا الملتصقة و التي تقوم بعملية المعالجة بالإضافة إلى العمليات الفيزيائية و الكيميائية الأخرى .يتراوح زمن المكوث بين 5-2يوم من أجل إزالةBOD 5 وحتى 10 أيام لإزالة النتروجين .إن وجود مياه الصرف ضمن هذه الأنظمة بشكل مكشوف يجعل من الضروري اتخاذ التدابير اللازمة من أجل السيطرة على تكاثر و انتشار البعوض . كما ان هذه الأحواض تتطلب مساحة أكبر من المساحة المطلوبة بحالة أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي بمرة و نصف.

تتكون هذه الأحواض عادة من:
1-حوض
2-مادة الوسط الفلتر (Media) غالبا من الحصى
3-النباتات المائية
4-منشآت المدخل و المخرج

2- أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقيSubsurface Horizontal Flow Wetlands

هذا النوع من أحواض المعالجة بالنباتات يحوي وسط ميديا من الرمل الخشن أو الحصى و تنموعلى سطح الوسط نباتات مائية مثل القصب و تعمل الكائنات الدقيقة على أكسدة الملوثات .حيث تتم في هذا الحوض بمياه المجاري المعالجة بشكل أولي ان أنظمة الجريان الأفقي أحواض القصب هي الأكثر ملائمة لمعالجة مياه المجاري الناتجة عن المعالجة الأولية حوض تحليل ، لأنه لا يوجد تداخل بين الماء والهواء المحيط وهذه الحقيقة تعني أن هذه الأحواض آمنة بيئيا من وجهة نظر الحفاظ على الصحة العامة . فالمياه يجب أن تبقى دائما أخفض من سطح الوسط الحصوي أو الرملي، و لذلك فان هذه الأنظمة مناسبة جدا للمعالجة بالمكان تكون هذه الأحواض قليلة العمق و مملوءة بالأوساط الحصوية أو بالرمال الخشنة .يجب أن تختارأحجام الوسط الحصوي أو الرملي بعناية من أجل ضمان الحصول على هيدروليكية مناسبة و لذلك ضمن الشائع استخدام الحصى الخشن و الناعم أو الرمل الخشن مما يعطي مساحات واسعة تنمو عليها الطبقة البيولوجية المؤكسدة للملوث(Biofilm).

يجب أن تكون أرضية الحوض سميكة لذلك فهي تفرش عادة بألواح من البولي ايثيلين عالي الكثافة الكتيم للماء أو بألواح من(PVC) , و يتم الجريان الأفقي للمياه بحيث تكون أرضية الحوض مائلة . بحدود % 1 تقريبا يتم تأمين الميلان عبر وضع طبقة من الرمل أسفل الأغطية العازلة لإعطاء الميل المناسب للأرضية. ان الجريان أسفل سطح الوسط الحصوي أو الرملي يمنع انتشار الروائح ويمنع انتشار الحشرات. وهذا النوع من الأنظمة ذات الجريان الأفقي فعالة بشكل خاص في ازالة المواد الصلبة المعلقة(SS) والمواد العضوية (BOD 5) والعوامل الممرضة بالإضافة إلى حدوث عمليات إزالة النترجة بينما عملية النترجة تكون محدودة جدا .إن عمق هذه الأحواض يتوقف على نوع النباتات المستعملة لكن الشائع يكون الارتفاع بين 0.6-0.7 متر بحيث يتراوح الطول بين 3 إلى 30 متر المدخل و المخرج يملآن بمواد حصوية كبيرة الحجم كالحجارة للتأكد من عدم انسدادها .إن المياه النهائية الخارجة من هذه الأحواض تتميز بغناها بالمغذيات لذلك فقد جرت العادة على استخدامها في الري.

إن مكونات الفلتر مثلا حصى "تعمل على حجز المواد الصلبة الموجود ضمن المياه الملوثة حيث يتحلل الجزء العضوي منها . كما أن مادة الفلتر تعمل على تأمين سطح التصاق ونمو للكائنات الدقيقة والتي تلعب دورا حاسما في تحليل وتحطيم الملوثات العضوية وحدوث عمليات تحول للمركبات النتروجينية. و بالاضافة الى ذلك فإن مادة الفلتر تمتد عبر جذور النباتات المائية . إن مستوى الماء ضمن هذا الحوض يحافظ عليها دائما "ليكون اخفض من سطح الحوض مادة الفلترببضعة سنتميترات و ذلك عبر ضبط منسوب فوهة أنبوب المخرج الجزء الشاقولي من انبوب المخرج بحيث تكون أخفض من السطح الوسط الحصوي ببضعة سنتمرات حوالي 10 سم .يتم استخدام الرمل الخشن جدا "او الحصى بأنواعه كمادة للفلتر ضمن الحوض .

مواصفات الميديا الحصوية والرملية ضمن أحواض النباتات الأفقية:

تتنوع مواصفات الميديا الحصوية و الرملية المستخدمة تبعا "للكودات العالمية الهندسية ذات الصلة ويمكن حصرها كما يلي:

1- مادة مدخل و مخرج الحوض يجب أن تحتوي على حجارة بأبعاد 10 –5سم بامتداد مترين للمدخل و متر واحد للمخرج.

2- وجود أكثر من صف من الأحواض الأفقية فإن الصف الأول من الأحواض الأفقية ستكون الميديا الحصوية ضمنها بأبعاد متوسطة16-30 مم و الميديا الحصوية للصف الثاني 8 - 16مم.

3- كما يجب غسل الميديا قبل وضعه ضمن الأحواض مما يطيل عمرها الاستثماري.

بحال كانت الميديا غير مدروسة بشكل جيد أو بحال استعمال الرمل بأقطار صغيرة و ناعمة سيؤدي الى انسداد الميديا و جريان المياه بعد فترة فوق سطح الحوض. حيث تبدأ المياه بالجريان على سطح الحوض و لذلك ينصح باستبدال منطقة الانسداد أو اخذ ذلك بعين الاعتبار أثناء التصميم بحيث يتم اختيار ارتفاع قليل للمياه ضمن الحوض وبجعل امتداد منطقة الدخول الحاوية على الحجارة أو الحصى الكبيرة حتى أربعة أمتار بحيث تتم إطالة المدة المتوقعة لظهور الانسدادات .وكلما كانت المعالجة الأولية فعالة كلما كانت فترة ظهور الانسدادات ضمن الحوض طويلة الأمد .من الأفضل أن لا يزيد عمق حوض المعالجة عن 1 m و تفضل الأعماق (0.3-0.7)%حتى نضمن وصول الأكسجين إلى المناطق السفلية من الحوض عن طريق وصول جذور النباتات إليها.

الية فصل المواد من الاحواض في كلا النظامين:

1- **المواد العالقة:** بالنسبة إلى الأراضي الرطبة ذات الجريان الحر فإن المواد الصلبة المعلقة تزال و تنتج بسبب العمليات الطبيعية التي تحصل ضمن الحوض .و لكن العمليات الرئيسية الفيزيائية التي تسهم في إزالة المواد الصلبة المعلقة هي التخثير/الترسيب و الفلترة/الحجز بينما يعود إنتاج المواد الصلبة المعلقة إلى موت اللافقاريات و تشتت بقايا النباتات وتواجد العوالق النباتية والميكروبات ضمن الماء أو تكون ملتصقة بسطوح النباتات وتنتج المواد الصلبة المعلقة أيضا "بسبب الترسيب الكيميائي مثل ترسب كبريت الحديد.

2- المواد العضوية

إن التحولات البيوكيميائية التي تحدث للمواد العضوية المترسبة و المحجوزة ضمن الحوض ذو الجريان الحر تؤثر بشكل فعال في معدل الإزالة الكلية للمواد للعضوية ضمن مياه الحوض.

3- النتروجين:

أما في أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي فإن النتروجين العضوي يتم احتجازه عبر حيث يتحول إلى (Biofilms) الوسط الحصوي أو الرملي الحاوية على الطبقات البيولوجية الرقيقة الأمونيا الذي يتحول إلى أمونيوم عند انحلالها بالماء و يتم استهلاكها عبر جذورالنباتات.

4- آليات فصل و تحول الفوسفور:

الفوسفور يتواجد إما على شكل منحل أو شكل دقائقي .وهو لا يتحول إلى الحالة الغازية فيميل ليتراكم ضمن القاع .يتم ترسب الفوسفور الدقائقي نحو القاع أو احتجاز عبر النباتات عبر الالتصاق بها حيث يتم امتزازه إلى داخل الطبقة البيولوجية الرقيقة المتشكلة على سطوح النباتات .أما الفوسفور المنحل فيتم استهلاكه من قبل الكائنات الدقيقة الموجودة ضمن الوسط المائي .