الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة

إعداد

د.م عبد الرزاق محمد سعيد التركماني

2009

دكتوراه في الهندسة البيئية

وزارة الإدارة المحلية و البيئة – المدينة الصناعية بحسياء

عضو لجنة الخبراء السوريين لقطاع الصرف الصحي

مدير موقع الهندسة البيئية

www.4enveng.com

المحتويات:

١ - مقدمة ص ٣

٢ - مياه الصرف الصحي و مصادرها ص ٤

٣ - نوعية و كمية مياه الصرف الصحي في التجمعات الصغيرة ص ٧

٤ - إدارة المياه الملوثة في المناطق القروية و المنعزلة ص ١٤

٥ - طرق معالجة المياه الملوثة الناتجة عن التجمعات الصغيرة ص ٢١

٦ - المقارنة بين أنظمة المعالجة بالموقع و أنظمة المعالجة المركزية ص ٤٠

٧ - المراجع العلمية ص ٤٦

الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة

إعداد د.م عبد الرزاق محمد سعيد التركماني

١ - مقدمة:

ان التوسع السريع بالخدمات المقدمة للتجمعات القروية و المناطق المنعزلة في مجال الصرف الصحي رافقه تزايد القلق بسبب التلوث الناجم عن المياه الملوثة و خصوصاً في ظل ندرة المياه و القلق الناجم عن الأحواض الصحية (أحواض التحليل) المرافقة لصرف مياه المجاري المعاشية من دون معالجة . و إن المياه الملوثة اللامركزية يمكن أن تنتج عن بيت واحد أو تجمع تجاري و سياحي أو ربما ينتج عن تجمع لعشرات المنازل المخدمة أو غير المخدمة بشبكة صرف صحي كما في القرى .

في العديد من البلدان النامية هناك نقص في شبكات الصرف الصحي و بالتالي يكون صرف مياه المجاري عشوائيا" على الأغلب، و حتى يتم تفادي النتائج السلبية لهذه المياه الملوثة على البيئة و الصحة العامة فمن الواجب معالجة هذه المياه الملوثة قبل تصريفها الى الطبيعة .

ان السعي نحو الربط الشامل للقرى و التجمعات الصغيرة المتباعدة بشبكات الصرف الصحي يعني إنفاق موارد مالية كبيرة حداً على هذه الشبكات بغض النظر عن كلفة المعالجة . ان المعالجة المطبقة بمكان و مصدر التلوث أو الاعتماد على وسائل بدلة عن نظام الصرف التقليدي (شبكات الصرف الثقالية) أعطى حلولاً عملية لتفادي الإنفاق الهائل على مشروعات الصرف الصحي و محطات المعالجة حيث بلغت نسب التوفير المالية بحدود ٤٠-٧٠ بالمائة.

ان التصدي لمعالجة مياه الصرف الصحي في التجمعات الصغيرة و الحلول المستدامة أضحى من المشكلات الكبيرة التي تواجه السلطات المحلية بالبلدان النامية ومنها سورية . ان الحلول التقليدية لجمع مياه الصرف الصحي و نقلها عبر شبكات صرف صحي الى محطات المعالجة امر مكلف و غالباً لا تتوفر الأموال اللازمة لتفيذ هذه المشروعات . ان الحلول المستدامة للتجمعات الصغيرة اللامركزية يعني توفير الكلفة و تجنب تلوث المياه السطحية و تلوث مصادر الشرب و تعني توفير الجهد و توفير المخاطر البيئية المحتملة . هناك مجموعة من العوامل التي تحدد ادارة المياه الملوثة في التجمعات الصغيرة و منها العوامل الاجتماعية و الثقافية و البيئية و الجغرافية .

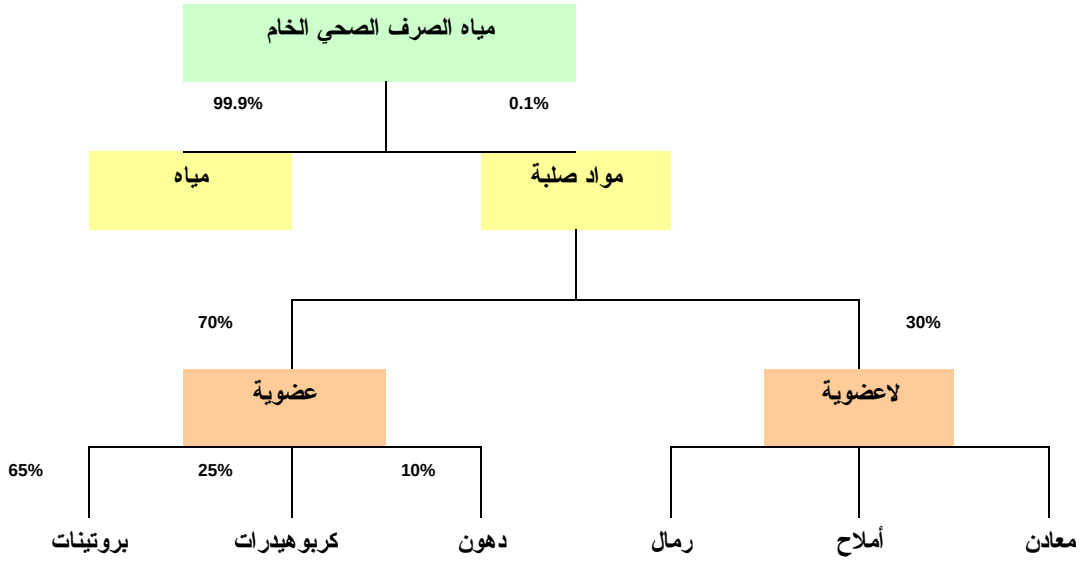
إن محطات المعالجة عادة ما يتم تقييمها على أساس الحفاظ على الصحة العامة و حماية البيئة أكثر من تقييمها على اعتبارات إقتصادية وهذا لا يعفي الدارس من البحث عن أسلوب المعالجة الأكثر إقتصادية والذي يحقق المعايير البيئية المطلوبة . إن الحديث عن معالجة مياه الصرف للمناطق اللامركزية يعني بساطة طرق المعالجة و سهولة التشغيل و الصيانة

إن الحديث عن معالجة مياه الصرف الصحي الناتجة عن المنازل المنعزلة أو التجمعات الصغيرة أو المنشآت السياحية و القرى الصغيرة يترافق مع البحث عن وسائل معالجة غير ميكانيكية قدر الامكان.
إن أمور التشغيل و الصيانة يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في التوجه نحو تطبيق تقنيات معالجة لمياه الصرف بحيث نتجنب الحاجة الى خبرات ماهرة في التشغيل و الصيانة و التي عادة لا تكون متوفرة في البلدان النامية كبلدنا.. و إن اختيار الحل التكنولوجي للمعالجة يعتمد على توافر الأرض و الاعتمادات المالية اللازمة.
إن المياه الملوثة اللامركزية يمكن أن تنتج عن بيت واحد أو تجمع تجاري و سياحي أو ربما ينتج عن تجمع لعشرات المنازل المخدمة أو غير المخدمة بشبكة صرف صحي كما في القرى .
إن قرب مكان معالجة مياه الصرف الصحي عن منشأ هذه المياه يوفر أموالاً طائلة بسبب تجنب انشاء شبكات صرف صحي ذات أطوال كبيرة .
ان ادارة المياه الملوثة اللامركزية تعني تجميع و معالجة و اعادة استخدام المياه الملوثة الناتجة عن المنازل و التجمعات الصغيرة و المنشآت التجارية و الصناعية قرب مصدر التلوث . و على العموم فإن أهداف من ادارة المياه الملوثة في المناطق الصغيرة و المنعزلة يمكن تلخيصها كما يلي:
- حماية الصحة العامة .
- حماية البيئية المحيطية من التلوث .
- تخفيض تكاليف المعالجة بواسطة حجز مياه الصرف المنزلية قرب مصدر التلوث و بالتالي التخفيف من الحمولات الملوثة .

٢ - مياه الصرف الصحي و مصادرها:

٢ - ١ تعريف مياه الصرف الصحي

يطلق تعبير مياه الصرف الصحي على كافة أنواع المياه المبتذلة الناجمة عن مختلف الفعاليات المنزلية والتجارية وتضاف إليها في المدن الكبرى مياه الفضلات الصناعية المعالجة بشكل أولي. تتشكل مياه الفضلات عامة من حوالي (٩٩٪) من الماء وحوالي (١ ٪) من الشوائب والملوثات الضارة ويطلق تعبير مياه المجاري (Sewage) عادة على مياه الفضلات المنقولة بشبكة المجاري العامة إلى محطة المعالجة أو إلي أي مصب طبيعي بعيداً عن المدينة. الشكل (١) يوضح بشكل مبسط التركيب النموذجي لمياه الصرف الصحي الخام.



الشكل (١) التركيب النموذجي لمياه الصرف الصحي الخام (***Butler D. and Smith S., 2003***)

٢ - ٢ مصدر مياه الصرف:

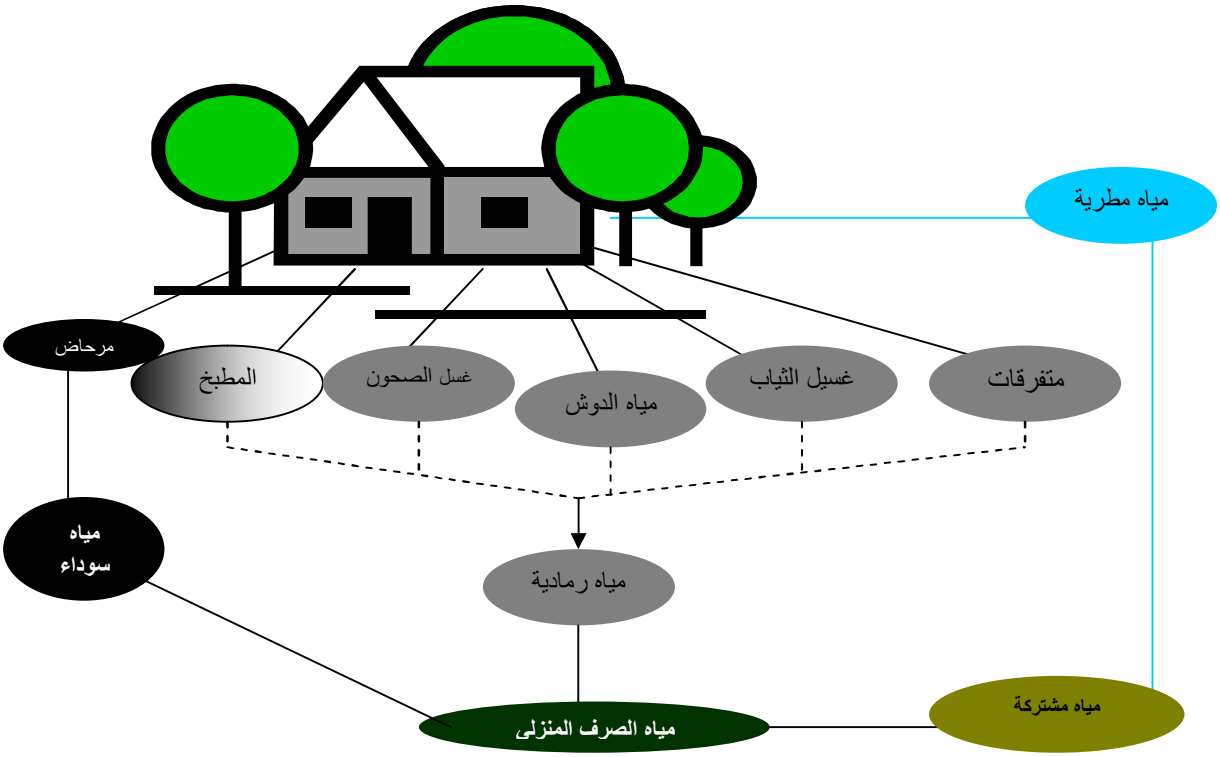
٢ - ٢ - ١ المياه المنزلية:

وهي تحوي على مركبات مختلفة ناتجة عن مختلف أشكال الأعمال المنزلية (الشكل ٢):

أ – مياه المطابخ: تحوي نواتج تحضير الطعام، أتربة، عناصر معدنية ناتجة عن غسيل الخضار وفضلات نباتية وحيوانية مختلفة، ومياه الغسيل الغنية بالشحوم المستحلبة بالمنظفات بنسب مختلفة.

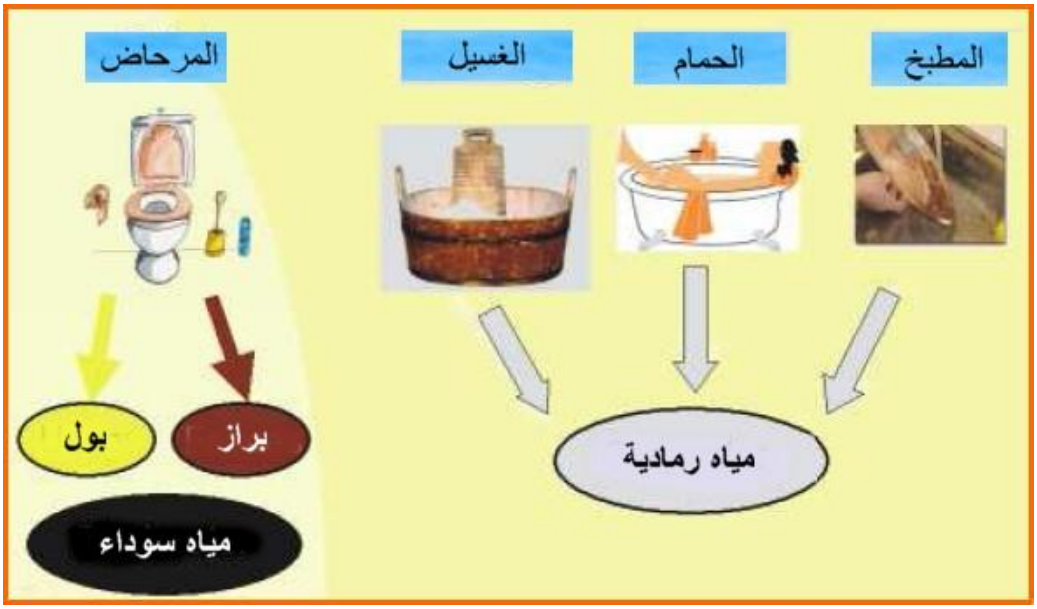
ب – مياه المغاسل والحمامات ومياه التنظيف المنزلية: إضافة إلى المواد المعدنية أو المعلقة التي تحتويها فإن هذه المياه تتكون من صابون مستحلب وشحوم ومخلفات بترولية مختلفة، منظفات و أملاح معدنية مختلفة تختلف تركيباتها بتأثير المواد المنظفة . وإن استعمال الغسالات والجلايات الآلية يشكل مصدراً هاماً لتلوث المياه.

ج – مياه المراحيض: وهذه المياه غنية بالمواد العضوية ، وتحتوي أيضاً على الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم ، وتشكل بمجموعها مكونات أساسية للمعالجة الحيوية لمحطات المعالجة، وهي غنية أيضاً بمختلف الكائنات الدقيقة كالبكتريا والفيروسات والطفيليات المختلفة التي تسبب مشاكل صحية نتيجة طرحها في البيئة. على سبيل المثال فإن الشخص يصرف سنويا" عبر التبول ٤ كغ نتروجين و ٠.٤ كغ فوسفور و عبر الفضلات الصلبة البشرية ٠.٥٥ كغ نتروجين و ٠.١٨ كغ فوسفور.



الشكل (٢) يوضح بشكل مخططي مصدر مياه الصرف المنزلية

و بشكل مبسط فإنه يمكننا القول بأن المياه الناجمة عن الاستخدامات المنزلية ضمن المطبخ و الحمام و أعمال الغسيل فيطلق عليها بالمياه الرمادية، و أما الناتجة عن البول فيطلق عليها بالمياه الصفراء و المياه الناتجة عن المرحاض عموما" فيطلق عليها بالمياه السوداء(الشكل ٣).



الشكل (٣) يبين المياه الملوثة الناجمة عن الاستخدامات المنزلية

٢ - ٢ - ٢ المياه الناتجة عن المهن التقليدية أو الصناعات:

تتكون هذه المياه من كثير من الأجسام المختلفة الناتجة من النشاطات الصناعية الصغيرة المنتشرة في المدن وتصرف مباشرة إلى الشبكة ، وهذه المخلفات تتحول تدريجياً من مخلفات ذات طابع منزلي إلى مخلفات صناعية ، ويمكن أن تحتوي على التالي : مواد مختلفة ذات طبيعة عضوية أو معدنية، سموم، المنظفات، نواتج محروقات وأملاح منحلة ومعدنية، مواد ذات فعالية ملحوظة كالأحماض والأسس ، عناصر ثقيلة . أهمية هذه المواد وتطورها تكون مرتبطة بدرجة التطور ونوعية النشاطات الصناعية وتكون مياه بعض المعامل مياه معدنية التركيب كمياه بعض المصانع (مصانع التعدين).

٢ - ٢ - ٣ المياه الجارية السطحية:

وهي بشكل رئيسي تتكون من مياه الأمطار ومياه غسيل الطرقات . وتؤدي الغزارة المتغيرة جداً لمياه الأمطار، والتي تختلف في معدلاتها حسب فصول السنة، إلى عدم انتظام الجريان ويكون التلوث أعظمياً في البداية حيث يتم تنظيف الشوارع و الأسطح إضافة إلى تعزيل المواد المترسبة في الشبكة. تكون المواد الملوثة في الغالب من المواد العالقة من مصادر معدنية كذلك المحروقات الناتجة عن حركة السير ومن مصادر نباتية حسب فصول السنة والتي تشكل تلوثاً بالآزوت على صيغة النترات وبالنتيجة وخلافاً لما كان يعتقد سابقاً بدون تحقق، فإن المياه الجارية تحدث تلوثاً من غير الممكن تجاهله. أما مياه غسيل الطرقات فتكون ذات غزارات متغيرة، ولكن دورية وذات دفقات ضعيفة، و يكون التلوث عملياً مماثلاً لمياه الأمطار ولكن مع احتوائها على المنظفات وفي بعض المدن فإن هذه المياه تجمع بواسطة شبكة لمياه الأمطار مستقلة عن شبكة مياه الصرف المنزلي (شبكة منفصلة) وفي البعض الآخر يتم تجميع هذه المياه بواسطة شبكة المياه المنزلية في شبكة مشتركة.

٣ - نوعية و كمية مياه الصرف الصحي في التجمعات الصغيرة:

يعتبر التعداد السكاني للتجمعات السكانية الصغيرة و أسلوب التزود بالمياه العذبة و كميتها من العوامل الرئيسية المؤثرة في معدلات تدفق مياه الصرف الصحي ومواصفاتها . ولذلك يجب جمع كافة البيانات السكانية اللازمة من أجل تحديد عدد السكان المستقبلي للتجمع وكلما كانت التقديرات قريبة من الواقع كلما كانت الدراسة سليمة .

٣ - ١ نوعية مياه الصرف و أثرها البيئي:

على الرغم من أن نسبة الملوثات و الشوائب المختلفة الموجودة في مياه المجاري لا تشكل أكثر من (١ ٪) من إجمالي هذه المياه إلاّ أنها تعتبر مصدراً هاماً للتلوث البيئي ومعظم الأمراض السارية تشكل خطراً على القمة العامة ومن هنا وجب التخلص من هذه المياه بنقلها بعيداً عن التجمعات السكانية ومن ثم معالجتها ضمن محطات المعالجة لإزالة التلوث العضوي والجرثومي وللحصول على مياه يمكن إعادة استعمالها مرة أخرى . وتنحصر الملوثات الموجودة في مياه المجاري بشكل عام فيما يلي :

آ - **الملوثات الفيزيائية :** وهي الملوثات التي يمكن إزالتها بعمليات بسيطة كالترسيب ومن أهمها (الرمال والحصويات الناعمة) وهه الملوثات لاتتسبب عادة بأي أضرار بيئية ويمكن التخلص منها دون اتخاذ إجراءات وقائية هامة .

ب - **الملوثات الكيميائية :** وهي أحد العناصر الهامة من عناصر التلوث في مياه الفضلات و تعتبر الجزء الأساسي والأهم في مياه الفضلات الصناعية ويصعب التخلص من قسم كبير منها بعمليات معالجة بيولوجية تقليدية . وتنحصر هذه الملوثات بالأصناف التالية :

* المواد العضوية: وهي المواد الناجمة عن فضلات الطعام والصناعات المختلفة ومن أهم هذه المواد : (الهيدروكربونات ، الدسم ، الزيوت ، الشحوم ، المبيدات الحشرية ، الفينول ، البروتينات) .
* المواد اللاعضوية: وتنجم عن بعض المركبات الكيميائية اللاعضوية ومنها : (القلوية ، الكلوريدات ، المعادن الثقيلة ، النتروجين ، الفوسوفور ، الكبريت) .
* الغازات: وتنجم عن بعض التفاعلات البيوكيميائية ومنها كبريتيد الهيدروجين – الأمونيا – الميثان .

ج - **الملوثات البيولوجية :** وتعتبر من أهم أنواع الملوثات الموجودة في مياه الفضلات وبعضها يسبب أمراض خطيرة ومن أهم الملوثات البيولوجية :

* الحيوانات الميتة: والتي تتواجد في مياه الفضلات مثل القطط .
* النباتات: وتشمل مياه الفضلات ورغم أن معظمها غير ضار (أوراق الأشجار ..) إلا أنه يجب التخلص منها قبل طرح المياه في المصبات المائية .
* العضويات الدقيقة: والتي توجد عادة في المياه والتربة وبعضها يعتبر ضاراً مثل الجراثيم والديدان .

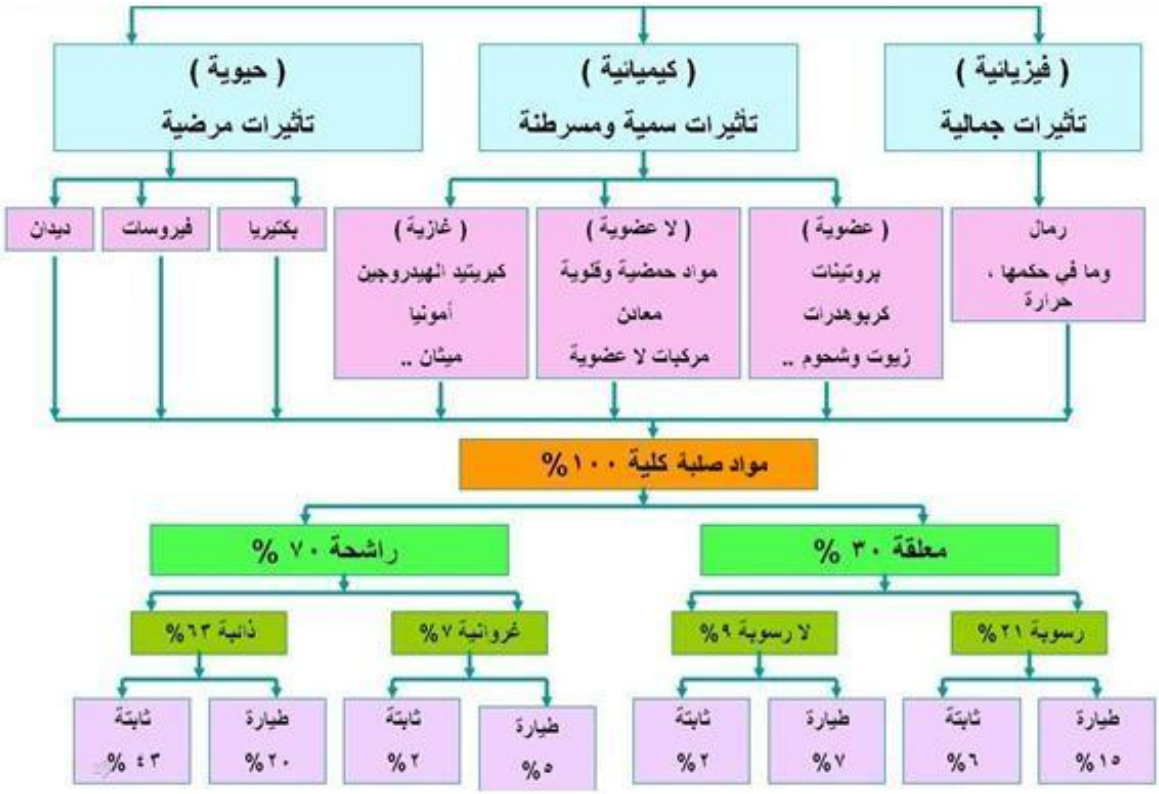
و أما **المواد الصلبة الكلية** فيقصد بها كافة المواد والشوائب المحمولة بمياه الفضلات سواء كانت رمالاً أو مواد عضوية أو لاعضوية أوجراثيماً ..الخ . ويرمز لها عادة (TS) وتتألف من جزئين :

* **مواد صلبة كلية معلقة (TSS)** : وهذا الجزء يحجز فوق ورقة الترشيح عند ترشيح عينة من ميـــاه المجاري وتتألف عادة من قسم قابل للترسيب المباشر في أحواض الترسيب العادية. وقسم غيـــر قابـــل للترسيب إلا بإضافة مواد مخثرة .

* **مواد صلبة كلية راشحة (TFS)** : هذه المواد تمر عبر ورقة الترشيح وعادة تكون إما بحالة غروية أو ذائبة أو كليهما

ويتألف أي جزء من المادة الصلبة من قسمين: قسم عضوي ويدعى المواد المتطايرة، قسم لاعضوي ويدعى بالقسم غير الطيار . وكلما كان القسم العضوي أكبر من القسم اللاعضوي كان ذلك دليلاً على شدة تلوث مياه الفضلات وعلى أن مصدر هذه المياه الملوثة هو منزلي على الأغلب وليس مصدره صناعياً .

و الشكل (٤) التالي يتناول مختلف أنواع الملوثات و تركيبها مع توضيح تأثيرها العام.



الشكل (٤) التالي يتناول مختلف أنواع الملوثات و تركيبها مع توضيح تأثيرها العام.

وبشكل عام فإن مياه الصرف المنزلية الخام تتضمن الملوثات الهامة الموضحة بالجدول التالي (١):

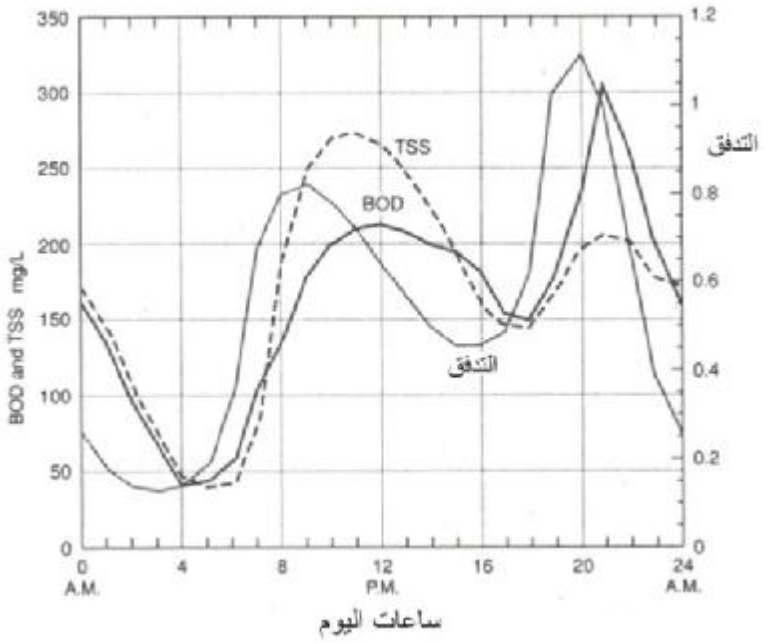
الجدول (١) يوضح تركيز الملوثات الهامة في مياه المجاري المنزلية

العنصـــر المـــــلوث	الوحـدة			
		ضعيف	متـوسط	شديد
* المواد الصلبة الكلية TS :	mg/L	350	720	1200
- الذائبة TDS :	mg/L	250	500	850
* ثابتة (غير طيارة) .	mg/L	145	300	525
* طيارة .	mg/L	105	200	325
- المعلقة TSS :	mg/L	100	220	350
* غير طيارة .	mg/L	20	55	75
* طيارة .	mg/L	80	165	275
* المواد الصلبة القابلة للترسيب	mg/L	5	10	20
* الإحتياج الأكسجيني الكيمياحيوي (BOD5)	mg/L	110	220	400
* الكربون العضوي الكلي (TOC) .	mg/L	80	160	290
* الإحتياج الكيميائي للأكسجين (COD)	mg/L	250	500	1000
* النتروجين الكلي (TN) :	mg/L	20	40	85
- العضوي .	mg/L	8	15	32
- أمونيا حرة (NH3 - N) .	mg/L	12	25	50
- نتريت .	mg/L	0	0	0
- نترات .	mg/L	0	0	0
* الفوسوفور الكلي :	mg/L	4	8	15
- العضوي .	mg/L	1	3	5
- اللاعضوي .	mg/L	3	5	10
* الكلوريدات زيادة عن الموجودة بالماء العذب .	mg/L	30	50	100
* السلفات زيادة عن الموجودة بالماء العذب .	mg/L	20	30	50
* القلوية (CaCO3) .	mg/L	50	100	200
* الزيوت والشحوم .	mg/L	50	100	150
* المركبات العضوية الطيارة (VOC) .	mg/L	< 100	100 - 400	>400
* إجمـــالي العصيات الجرثومية	العدد /MPN 100 مل	$10^6 - 10^7$	$10^7 - 10^8$	$10^8 - 10^9$

إن العوامل الأساسية المسؤولة عن التغير في تركيز الملوثات هي :

١ - العادات الراسخة للسكان والتي تسبب التغيرات القصيرة الأجل (الساعية – اليومية – الأسبوعية) .

٢ - الظروف الفصلية والتي عادة تسبب التغيرات القصيرة والطويلة الأمد. وإن وجود مياه راشحة ضمن شبكات الصرف تؤدي إلى تخفيض تراكيز الـ BOD والـ TSS ولكن التخفيض الفعلي لتراكيز الملوثات يتبع لخواص المياه الراشحة بحد ذاتها. ففي بعض الحالات فإن تراكيز بعض المكونات اللاعضوية تزداد عندما تحوي المياه الجوفية على مستويات عالية من المكونات المنحلة. وأما التغيرات الفصلية فهي تتبع كمية المياه الأمطار الداخلة لشبكات الصرف الصحي. و عموما" فإن قيم BOD و TSS هي أخفض من المعدل العام أثناء الربيع وأثناء فترات الهطول المطري المرتفع. وأما الحمولة الكتلية الساعية الأعظمية للـ BOD فهي تزيد ثلاث أو أربع مرات عن قيمة الحمولة الكتلية الدنيا للـ BOD المسجلة خلال 24 ساعة (الشكل ٥). و من أجل تأدية محطات المعالجة وظيفتها على نحو ملائم فإن تغيرات معدلات التحميل الكتلي يجب أن يحسب وهذا مهم أيضاً لتصميم أنظمة المعالجة البيولوجية .



الشكل (٥) تغير تراكيز الملوثات طوال ساعات اليوم

ملاحظة: واحدة التدفق مليون غالون باليوم. مليون غالون = ٣٧٨٥.٤ مترمكعب "

والجدول (٢) يوضح كمية الملوثات المصروفة من الأشخاص على أساس الوزن الجاف وذلك من أجل إستهلاكات مياه تراوحت بين (180 - 350) ليتر للشخص باليوم :

الجدول (٢) يبين كمية الملوثات المصروفة من الأشخاص على أساس الوزن الجاف

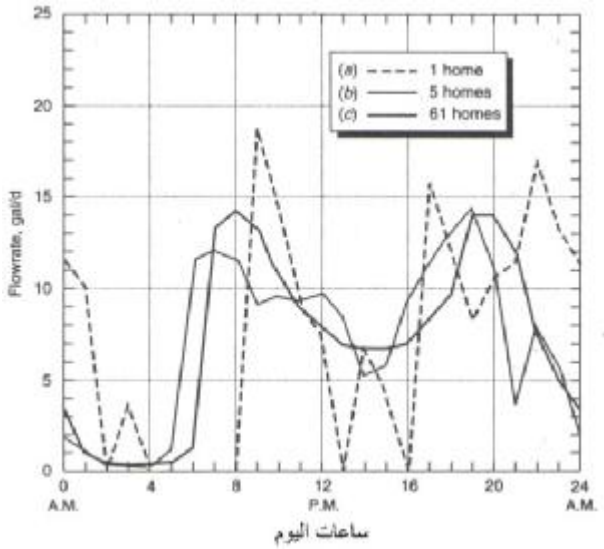
المؤشر	القيمة غرام / شخص . يوم	
	المجـــال	القيمة النموذجية
BOD_5	50 - 120	80
COD	110 - 295	190
TSS	60 - 150	90
NH_3 as N	5 - 12	7,6
Organic N as N	4 - 10	5,4
TKN	9 - 21,7	13
Organic P as P	0,9 - 1,8	1,2
Inorganic Pas P	1,8 - 2,7	2
Total P	2,7 - 4,5	3,2
Oils & Grease	10 - 40	30

٣ - ٢ كمية مياه الصرف:

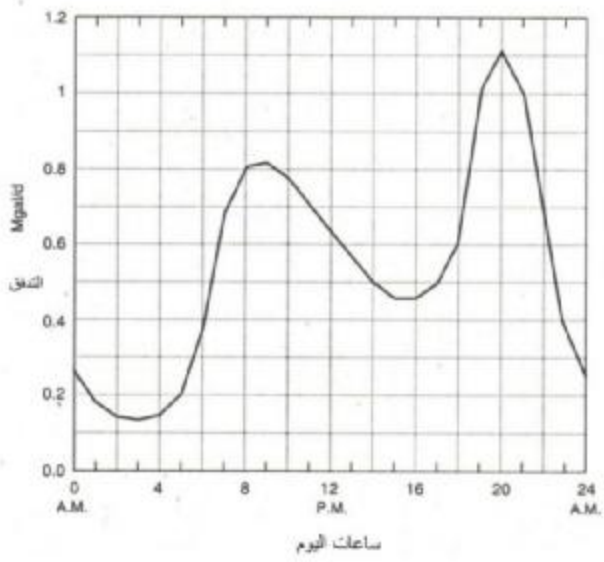
حتى يتم تحديد معدلات تدفق المياه الملوثة بشكل صحيح فإنه يجب جمع البيانات المتعلقة بالمياه العذبة المستعملة في التجمعات الصغيرة وذلك لفترات زمنية مختلفة من أجل القدرة على توقع الإستهلاكات المستقبلية وكذلك يجب حصر المباني السكنية و المناطق التجارية والمؤسسات التعليمية والصناعية وكميات المياه المطرية وذلك من أجل تحديد التدفق الكلي . وكلما كان معدل إستهلاك الفرد من المياه العذبة قليلاً كلما زادت شدة تلوث مياه الصرف الصحي (تؤخذ مياه الصرف الصحي عادة حوالي 80% من المياه العذبة المستهلكة) ويتغير تدفق مياه الصرف الصحي أثناء ساعات اليوم تبعاً لأيام الاسبوع ولأشهر السنة ذلك لتغيرات المياه المستهلكة من مختلف النشاطات السكانية والتجارية والصناعية . وإن النسبة بين التدفق الأعظمي إلى التدفق الأدنى تتراوح بين (4 - 10) وذلك لتجمع سكاني بحدود (10000) نسمة وخاصة إذا كانت مياه الصرف المنزلية تشكل الكمية الرئيسية من مياه الصرف الإجمالية . وإن التفاوت الكبير في قيم التدفقات (الشكل ٣)، وبالتالي في مواصفات المياه الملوثة الداخلة لمحطة المعالجة يعتبر المشكلة الأبرز التي تواجه عند تصميم محطة المعالجة لأحد التجمعات السكانية الصغيرة كون المحطات الصغيرة تتأثر كثيراً بالحمولات الهيدروليكية الكبيرة المفاجئة على عكس المحطات الكبيرة .

وخلال مرحلة التصميم لأعمال محطة المعالجة فإن التدفقات التي تلعب دوراً في اختيار طريقة المعالجة والمعدات اللازمة وأبعاد المنشآت وعمليات التشغيل هي: التدفق الأعظمي الإجمالي ، التدفق

الأصغري خلال (24) ساعة ، التدفق الأعظمي خلال (24) ساعة ، التدفق اليومي الوسطي خلال (24) ساعة. فمثلاً التدفق الأعظمي يلزم لتصميم منشآت الضخ وتحديد الأبعاد الهيدروليكية لبعض المنشآت وأما التدفق الأصغري فهو هام للتحقق من أبعاد الأنابيب والمنشآت لمنع ترسب المواد الصلبة أثناء فترات التدفق الأدنى وأما التدفق الوسطي فهو يستخدم لتحديد أبعاد منشآت معالجة الحمأة. الشكل (٦) يبين تغير التدفق الساعي طوال اليوم حسب عدد المساكن بينما الشكل (٧) فيبين تغير التدفق الداخل لاحدى محطات المعالجة الصغيرة طوال اليوم.



الشكل (٦) تغير التدفق اليومي لمياه الصرف المنزلي حسب عدد المنازل



الشكل (٧) تغير التدفق اليومي لمياه الصرف الداخل لاحدى محطات المعالجة الصغيرة

ملاحظة: غالون = ٣.٧٨٥٤ ليتر

الجدول (٣) التالي يبين المياه الملوثة الناتجة عن بعض النشاطات التعليمية و التجارية علما" أن هذه الكميات ربما تختلف من بلد الى آخر.

الجدول (٣) تقدير المياه الملوثة الناتجة عن بعض النشاطات التجارية و التعليمية

المنشأة	الوحدة	معدل التدفق (l/d)	
		المجال	النموذجي
مطار	مسافر	٨-١٥	١١
شقة سكنية	شخص	٨٠-١١٠	٩٥
		١٥٠-٣٠٠	١٩٠
غسيل سيارات	سيارة	٣٠-٥٧	٤٥
	موظف	٣٤-٥٧	٤٩
بار	زبون	٤-١٩	١١
	موظف	٣٨-٦١	٤٩
فندق	زبون	١٥٠-٢٣٠	١٩٠
	موظف	٣٠-٤٩	٣٨
مبنى صناعي- صرف صحي فقط	موظف	٢٦-٦١	٤٩
مكتب	موظف	٢٦-٦١	٤٩
مطعم	وجبة	٨-١٥٩	١١
	زبون	٣٠-٣٨	٣٤
مركز تسوق	موظف	٢٦-٤٩	٣٨
مشفى	سرير	٢٨٠-٥٣٠	٣٨٠
	موظف	١٩-٥٧	٣٨
السجن	سجين	٣٠٠-٥٧	٤٥٠
	موظف	١٩-٥٧	٣٨
مدرسة	طالب	٣٨-٧٦	٥٧
كافتريا	زبون	٤-١١	٨
	موظف	٣٠-٤٥	٣٨

٤ - إدارة المياه الملوثة في المناطق القروية و المنعزلة

تعاني التجمعات الصغيرة بشكل عام من قلة الموارد المائية لتغطية نفقات مشاريع إدارة المياه الملوثة. و المشاكل الشائعة تتعلق في أمور التصميم، العقود، البناء، الإشراف، التمويل، التشغيل و الصيانة. لذلك فمختلف هذه التحديات تواجه أي فريق يتصدى لا دارة مثل هذه المشاريع . و حالما يتوفر التمويل فان التخطيط الهندسي يبدأ في مجابهة هذه التحديات و لذلك فعلى المصمم أن يكون ملماً بمختلف الحلول الممكنة من أبسط الحلول (أحواض تحليل) إلى محطات المعالجة الممكن استخدامها للتجمعات الصغيرة .

الأمور النموذجية التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار أثناء إدارة المياه الملوثة اللامركزية تتضمن:

١- هل تتوفر إمكانية تشغيل منشأة المعالجة للتجمعات الصغيرة ؟
٢- هل هناك فشل في إدارة وحدة معالجة موجودة مسبقاً و هل إمكانية التوسع موجودة.
٣- هل تتوفر الإمكانات المادية لإقامة محطة معالجة صغيرة ؟
٤- كيف سيتم إعادة استخدام المياه المعالجة ؟
٥- هل التزود بمياه الشرب يكون بشكل مستمر أو متقطع ؟
٦- ما هي درجة المعالجة المطلوبة ؟
٧- هل هناك قبول من قبل سكان التجمع لوجود محطة معالجة في منطقتهم ؟

و الحالات الشائعة لإدارة المياه الملوثة في المناطق المنعزلة و معالجتها تتضمن:

١- هناك شبكة صرف صحي و عليه ما هو الحل المقترح لتنفيذ منشأة لمعالجة المياه الملوثة.

٢- توجد كثافة سكانية و لكن لا توجد هناك شبكة صرف صحي و لذلك يتم اللجوء لإنشاء شبكة و منه إلى أحواض التحليل و تتبعها فلاتر حجرية.

٣- لا توجد شبكة صرف صحي و ليس هناك كثافة سكانية (اقل من عشرة مساكن بالهكتار) فلا ينصح أبدا" إنشاء محطة معالجة لهكذا تجمعات سكانية و إنما يجب الاعتماد على أحواض التحليل.

٤ - ١ إمكانية تطبيق إدارة المياه الملوثة للمناطق اللامركزية:

إن التخطيط المتكامل للمياه الملوثة في التجمعات الصغيرة يعني استخدام كافة الخيارات و الأدوات الممكنة لمعالجة و إدارة هذه المياه الملوثة. و ذلك في كل ما يتطلب من تجميع و نقل و معالجة المياه الملوثة و التخلص من المياه المعالجة و المخلفات الصلبة . و تتنوع إمكانيات و أساليب الإدارة الخاصة بالمياه الملوثة للمناطق اللامركزية و يمكن إيجازها كما يلي:

- البيوت المنفصلة عن بعضها و بشكل متباعد المعالجة بالمكان عبر أحواض التحليل .
- التجمعات السكنية المتقاربة: يتم جمع مياهها الملوثة و معالجتها عبر حوض تحليل كبير او سلسلة من أحواض التحليل المتسلسلة .
- التجمعات التجارية (استراحات – مطاعم ....): تحتاج إلى معالجة أولية لإزالة الدهون والشحوم من المياه الملوثة و تنقها فلاتر حصوية و ربما برك أكسدة او الأحواض الرطبة او المعالجة بالأراضي .

- التجمعات الصناعية: يمكن تطبيق مختلف أنواع طرق المعالجة للحصول على المواصفات المطلوبة للمياه المعالجة التي يمكن صرفها أو إعادة استخدامها.
- المناطق السكانية الصغيرة

من الأهمية بمكان إمرار مياه الصرف المنزلية على أحواض تحليل قبل وصولها لخط الصرف الرئيسي مما يسهم في التخلص من قسم كبير من المواد القابلة للترسيب وبالتالي إنقاص قطر الأنابيب الناقلة للمياه الملوثة وبالتالي تخفيض تكاليف خطوط الصرف الصحي وتكاليف محطات المعالجة أيضا.

إن الإستراتيجية العامة لإدارة أنظمة المياه الملوثة في المناطق اللامركزية تتضمن مجموعة من العناصر الأساسية لنجاح هذه الإدارة و يمكن اختصارها بشكل عام كما يلي:

١- المعالجة الأولية لمياه المجاري: تهدف للتخلص من الدهون والشحوم والمواد الصلبة القابلة للترسيب وهي جزء من الإدارة المتكاملة

٢- شبكة نقل مياه المجاري: تهدف لنقل مياه المجاري إلى خارج التجمعات السكنية لمعالجتها.

٣- معالجة مياه المجاري: تهدف عملية المعالجة لإزالة الملوثات

٤- إعادة استخدام المياه المعالجة أو التخلص منها: يمكن إعادة استخدام المياه المعالجة بري المزروعات او تصريفها على الأراضي .

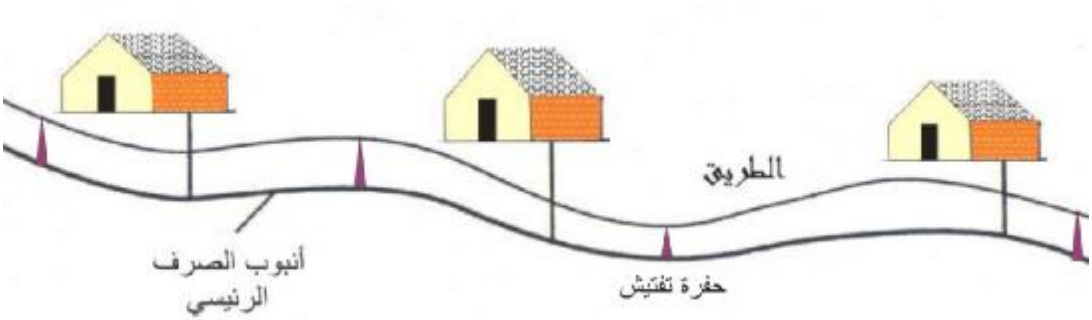
٥- إدارة المخلفات الصلبة (الحمأة): بعد تثبيتها يمكن إعادة استخدامها كمحسن للتربة .

وعلى العموم فيجب ان تكون مختلف وحدات المعالجة في المناطق المنعزلة و القليلة ذات حاجة منخفضة لأعمال الصيانة و ذلك لصعوبة مراقبتها المستمرة . ولذلك جرت العادة في التجمعات السكانية التي لها محطة معالجة صغيرة ان يوضع جدول للصيانة الدورية و التشغيل الجيد للمحطة. لا يسمح بإنشاء محطة معالجة كبيرة نسبياً للمناطق القروية إلا بحالة توفر الكادر الخبير و الماهر بالتشغيل و بحال وجود إدارة مخصصة لمحطات المعالجة هذه. و من الممكن أتمتة المحطات الصغيرة و مراقبتها عن بعد كما يحدث في العديد من البلدان المتطورة في أيامنا هذه.

٤ - ٢ أنظمة نقل مياه المجاري في التجمعات الصغيرة:

تقوم أنظمة نقل مياه المجاري بإيصال هذه المياه الملوثة من مصدر نشؤها الـــى مكـــان معالجتهـــا أو التخلص منها . و هناك عدة طرق لنقل مياه المجاري نذكر منها :

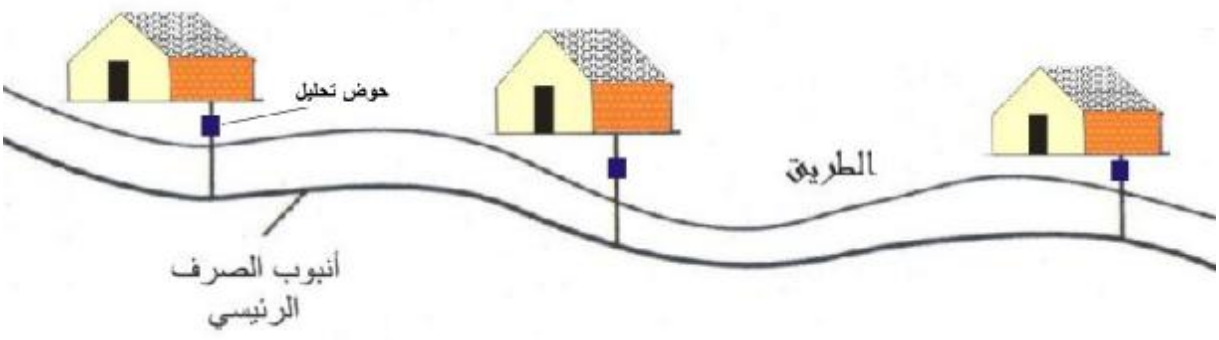
١ - شبكة الصرف الصحي التقليدية: وهي عبارة عن أنابيب تجري بالثقالة (الشكل ٨) بحيث لا تقـــل سرعة المياه ضمن الأنابيب عن ٠.٦ م/ثا حتى لا تترسب المواد ضمن الانابيـــب. و القطـــر الادنـــى للانابيب ٢٠سم .



الشكل (٨) شِبكة مجاري تقليدية تجري بالثقالة

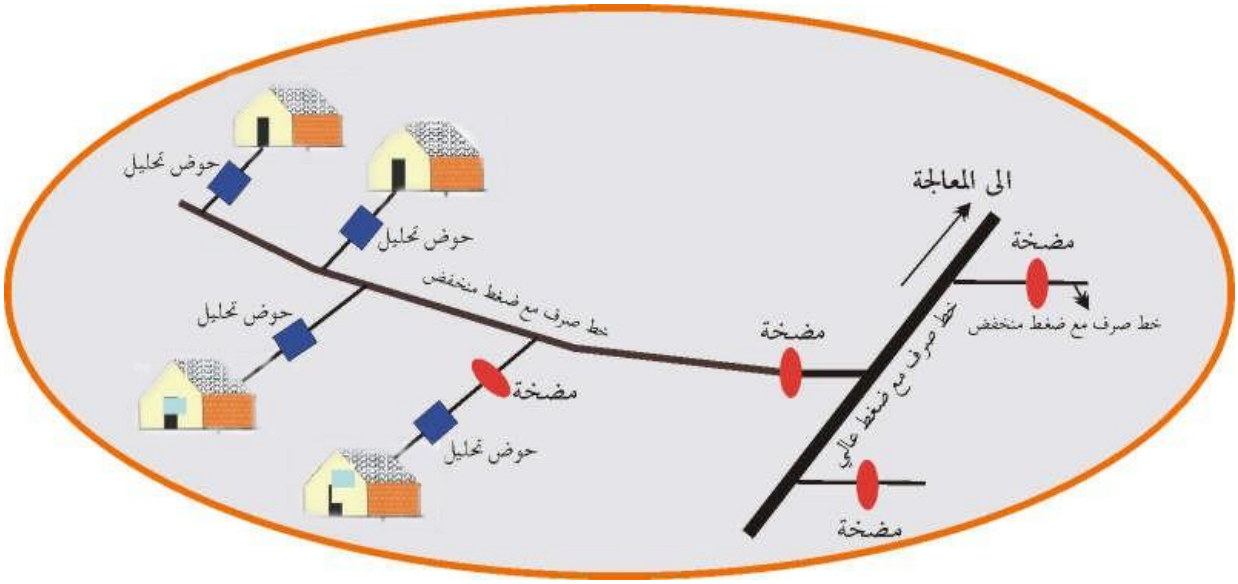
٢ - حوض تحليل مجهز بفلتر و يتصل بشبكة أنابيب تجري بالثاقلة:

تصب مياه الصرف المنزلية الى حوض تحليل حيث يتم التخلص من المواد القابلة للترسيب و مجهـــز بنهايته فلتر يساعد على تنقية المياه الخارجة منه عبر انبوب بلاستيكي PVC بقطر /٢٥/الى /٥٠/ مـــم يصل لشبكة المجارير الرئيسية (الشكل ٩). و القيمة الدنيا للسرعة ضمن شبكة المجاري هنا هو ٠.٤٥ م/ثا و انبوب التجميع يبدأ بقطر /١٠٠/ مم . و عادة" ما تنفذ هذه الشبكة بلا حفر التفتيش.



الشكل (٩) شبكة مجاري تقليدية تجري بالثقالة

٣- حوض تحليل مجهز بفلتر مع شبكة أنابيب مضغوطة: يتم سحب المياه الخارجة من حوض التحليل بعد فلترتها بواسطة مضخة وعبر أنبوب قطره /٢٥-٣٨/ مم الى انبوب رئيسي مضغوط و بقطر أدنى /٥٠/ مم (الشكل ١٠). و ميزة هذه الشبكة صغر أقطارها و حاجتها الدنيا لعمق الطمر . و هذا الحـــل مناسب جداً في المناطق ذات المياه الجوفية القريبة من سطح الأرض و بالمناطق الصخرية.



الشكل (١٠) شبكة مجاري مضغوطة مع أحواض تحليل

و من ميزات هذا النظام نذكر:

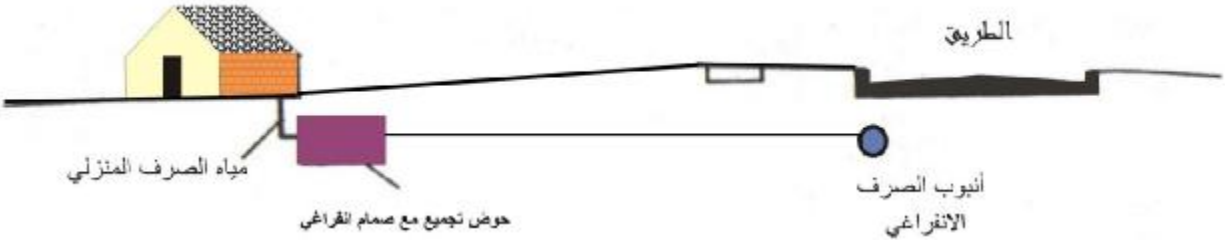
- استخدام أنابيب PVC صغيرة القطر و متينة بدلا" من الأنابيب البيتونية.
- سهولة التركيب مع عدم الحاجة لأعماق حفر كبيرة
- التخلص من المواد القابلة للترسيب ضمن أحواض التحليل مع ازالة الدهون و الشحوم.
- تخفيف العبء الى حد كبيرعلى محطة المعالجة المقترحة.
- عدم وجود مياه راشحة أو غريبة المنشأ.
- عدم تسرب مياه المجاري الى المياه الجوفية.
- عدم الحاجة الى حفر تفتيش.
- مناسبتها للمناطق الجبلية و المناطق الصخرية و المناطق ذات منسوب المياه الجوفي المرتفع.

٤- شبكة مضغوطة مع مضخة طاحنة:

و هنا لا يستخدم حوض تحليل و لكن توجد مضخة ضمن حفرة صغيرة و هي عبارة عن مضخة طاحنة تعمل على نقل مياه المجاري إلى شبكة مجاري مضغوطة. و تتميز هذه الشبكة بصغر الأقطار و بقلة أعماق الحفر.

٥- شبكة انفرا غية:

و هنا يوجد جهاز انفراغي مركزي للمحافظة على انفراغ ٣٨٠-٥٠٠ مم زئبق ضمن الشبكة ذات القطر الصغير . يقوم الجهاز المركزي الانفراغي بسحب مياه المجاري الى نقطة تجمع مركزي. و هنا لا تكون هناك أي مياه راشحة بسبب كثافة الشبكة و تتراوح و صلات الشبكة بين ٢٠٠-٣٠٠ وصلة و لا حاجة لحفر التفتيش في هذا النظام (الشكل ١١).



الشكل (١١) شبكة صرف صحي انفراغية

إن نظام المياه الملوثة لأجل أي تجمع سكاني يقصد به نظام تجميع المياه الملوثة و سلسلة من الأنابيب لنقل مياه المجاري الخام إلى محطة المعالجة بالإضافة إلى نظام المعالجة المطبق من أجل التخلص الأمن من المياه المعالجة عن طريق إعادة استخدامها أو إلقائها في المسطحات المائية أو الأنهار .... الخ .

إن التحدي الأكبر الذي يواجه تنفيذ أي نظام مياه ملوثة هو **الكلفة الباهظة لشبكة مجاري الصرف الصحي التقليدية** لتجميع المياه الملوثة. إن هذه الكلفة قد تصل إلى ٨٠ % من كلفة مشروع الصرف الصحي و محطة المعالجة المركزية. إن البحث عن بدائل لشبكة الصرف الصحي التقليدية و خاصة للتجمعات الصغيرة و القروية هو من الخيارات الهامة جداً في خفض التكاليف، خصوصاً إذا علمنا أن النظام التقليدي لشبكة الصرف الصحي الثقالية يطبق من أجل التجمعات السكانية الكثيفة . فهذه

الشبكات تحتاج إلى أقطار أنابيب كبيرة و حفرة التفتيش و أعماق حفر كبيرة نسبياً و ربما تكون عميقة جداً و هي مصممة أساساً لنقل المياه مع المواد الصلبة و بسرعة مياه دنيا ضمن الأنابيب بحيث لا تترسب المواد الصلبة ضمنها و ربما احتاجت هذه الشبكات إلى محطات ضخ لرفع منسوب الجريان أو لنقلها إلى محطة المعالجة.

إن كل ما سبق يترتب عليه نفقات مالية كبيرة لا يمكن توفيرها بسهولة عند التحدث عن المناطق القروية الصغيرة و المنعزلة . كما أن تنفيذ مشاريع الصرف الصحي يحتاج إلى وقت طويل و جهد كبير. كل هذه الأمور دفعت الباحثين إلى التفكير بوسائل جديدة لخفض تكاليف نقل مياه المجاري في التجمعات الصغيرة ذات الكلف المنخفضة. و على سبيل المثال فقد أعدت دراسات معمقة في الولايات المتحدة الامريكية لتفادي الكلف المرتفعة جدا" لنقل مياه المجاري عبر شبكات صرف تقليدية بشبكات بديلة تعتمد على مبدأ وضع حوض تحليل ليستقبل مياه المجاري المنزلية و من ثم معالجة المياه الناتجة عنه مع انشاء شبكات ذات اقطار صغيرة (كما تم شرحه سابقا") و الجدول (٤) التالي يبين نسبة انخفاض الكلف لثلاثة مشاريع فعلية.

الجدول (٤) مقارنة اقتصادية لبعض التجمعات /١٩٩٩/ بين أنظمة نظام الصرف التقليدية و الحديثة

اسم التجمع	التجمع	نظام الصرف البديل	الكلفة الاجمالية		انخفاض الكلفة %
	عدد المنازل		تقليدي	بديل	
BROWNS	٩٩	حوض تحليل مع مضخة + نظام المعالجة فلتر حصوي	٩٧٨٩٣٤	٨٢٣٥٢٧	%١٦
EDDYRILLE	٨١	حوض تحليل مع جريان بالثقالة للشبكة + أحواض مهواة	١٢٦٥٠٠٠	٧٦٥٠٠٠	%٤٠
Newminden	١٠٥	حوض تحليل مع مضخة + نظام فلتر حصوي	٢٠٩٠٠٠٠	١٠٩٠٠٠٠	%٤٨

٥ - طرق معالجة المياه الملوثة الناتجة عن التجمعات الصغيرة:

إن المخلفات البشرية تحتوي على عوامل ممرضة كثيرة و متنوعة تسبب الأمراض. و لهذا السبب فإن مراقبة و ضبط هذه المخلفات الموجودة في مياه الصرف الصحي المنزلي تمنع وصول العوامل الممرضة إلى المياه، حيث أنها تعيش هناك (ضمن المياه) لفترة طويلة مقارنة مع فترة حياتها على اليابسة و بذلك تشكل خطراً على صحة الإنسان لفترة أطول. إن فصل هذه المخلفات و تجنب تمديدها ضمن المياه الناقلة يعتبر ميزة كبيرة. حيث أن تحلل هذه المواد الصلبة المفصولة يكون سهلاً و بذلك يمكن معالجتها بيولوجياً. أثناء التحلل الهوائي للمادة العضوية بوجود الأوكسجين تنتج حرارة، و هذه الحرارة المنتجة ذاتياً تؤدي بدورها إلى قتل الميكروبات الموجودة في المخلفات الصلبة .

إن الطرق الأكثر تطبيقاً في معالجة النفايات الصلبة في التحلل الهوائي (عملية إنتاج الكومبوست) و طريقة فصل المياه (التجفيف). إن طرق المعالجة بالتجفيف تؤدي إلى تخفيض تركيز الميكروبات بفعالية. و ذلك لأن موت الميكروبات يكون أسرع في الوسط الذي تكون رطوبته أقل من ٢٥%.

٥ - ١ المعالجة عن طريق إدارة المصدر (مصدر الملوثات):

المخلفات البشرية تحتوي على مواد مغذية ذات قيمة غذائية للنباتات و كذلك مادة عضوية يمكن تحويلها إلى سماد و مواد محسنة للتربة. و هكذا فإن إعادة استخدام هذه المخلفات يؤدي إلى تخفيض الحاجة لإنتاج الأسمدة الصناعية التي تحتاج بدورها إلى طاقة و تؤدي إلى مشاكل بيئية. بالإضافة إلى ذلك تؤدي معالجة هذه المخلفات إلى حماية المياه السطحية من التلوث. و نظرا للتمديد و الانتشار لهذه المواد الملوثة في الطريقة التقليدية فإنه من الصعوبة بمكان الحصول على كميات كبيرة من المواد المغذية للنبات. و حتى في محطات معالجة مياه الصرف الصحي الحديثة و التي تعتبر مطلبا" صعب المنال في الدولة النامية ، فإنه يحصل انتقال للمواد المغذية مع المياه المعالجة الى المياه السطحية و المصبات مما يؤدي إلى نشوء الحالة الطحلبية /Eutrophication/. و أيضا تسبب الميكروبات الموجودة في النفايات البشرية الصلبة أمراضا" للإنسان عند وصولها للبيئة المائية.

إن كمية كبيرة من المواد المغذية للنباتات يمكن الحصول عليها في حالة ضبط مصدر التلوث في المنازل. فالمعالجة من خلال تطبيق ادارة المصدر تجعل التحكم في تخفيف النفايات البشرية ممكنا و

هذا يؤدي إلى تنفيذ عملية المعالجة بفعالية بالإضافة إلى دوره في الحصول على كميات عالية من المواد المغذية للنبات.

٥-١-١ المواد الموجودة في مياه الصرف الصحي المنزلي

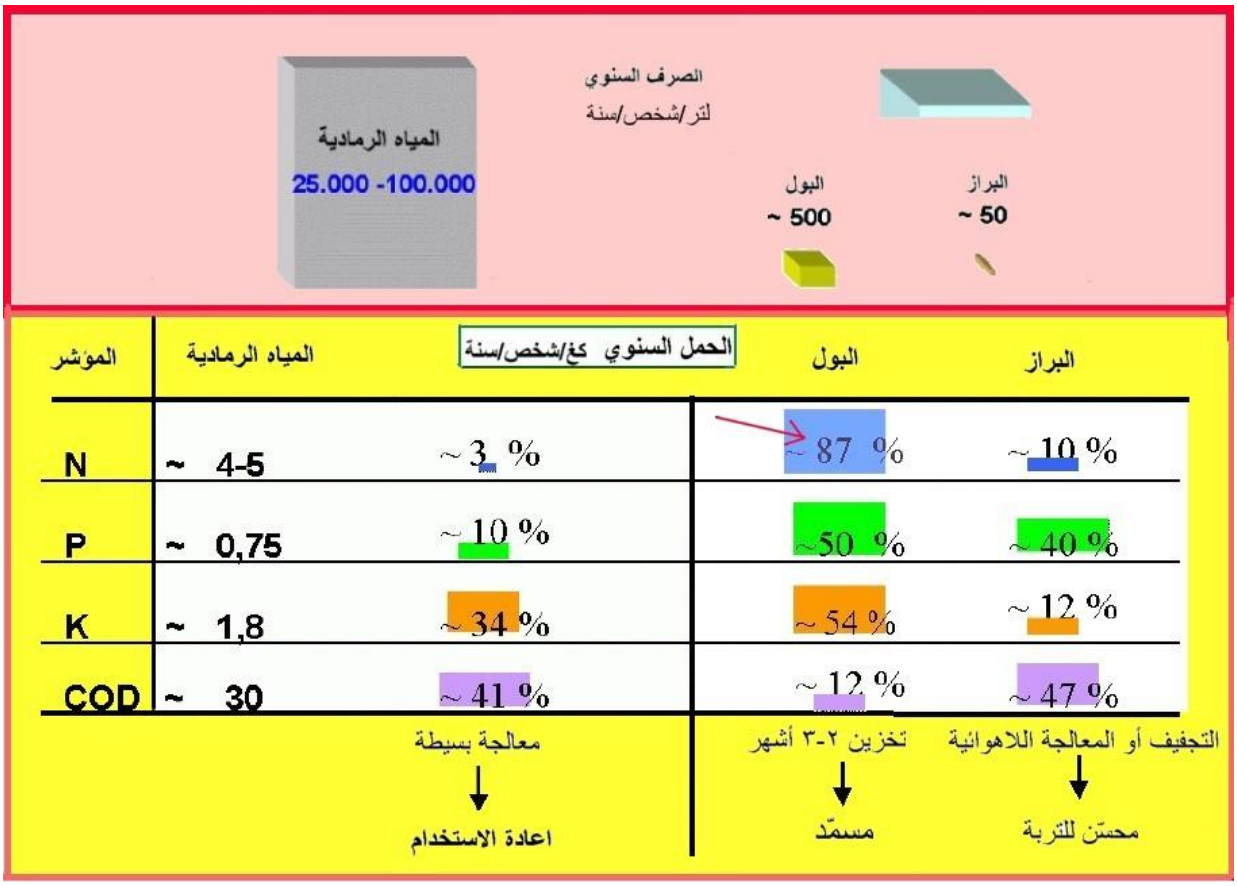
تحتوي مياه الصرف الصحي المنزلي على مكونات مختلفة متعددة المصادر حسب نوع استخدام المياه (انظر الشكل ٣). فمياه الصرف الصحي الناتجة من المراحيض تدعى المياه السوداء و هذه بدورها تقسم إلى مياه صفراء (البول بدون مياه التنظيف) و المياه البنية (مياه صرف المراحيض بدون بول). إضافة للمياه الرمادية وهي تضم مياه الصرف الصحي الناتجة من المطابخ و الحمامات و أحواض الغسيل و غسالات الملابس .

الصفات النموذجية لمياه الصرف الصحي كما يوضحها الجدول (٥) تبين بأن الماء الأصفر (البول) يحوي على الجزء الأكبر من المواد المغذية للنبات (٨٠ % من النتروجين و ٥٠ % من الفوسفور) و بما أن هذه المياه تصب في شبكة الصرف الصحي وفق الطريقة التقليدية فإن هذه المواد ستسبب مشاكل بيئية بحال عدم إزالتها مع العلم أن الإزالة التقليدية (نترجة + إزالة نترجة) هي عملية مكلفة ماديا".

وبسبب المكروبات المسببة للأمراض فإن المياه البنية (البراز) ستكون مصدرا" خطرا على الصحة العامة، مع أنها تشكل حجما صغيرا من كمية مياه الصرف الصحي المنزلي (٥٠ ليتر لكل شخص في العام) و في شبكات الصرف التقليدية يمتزج هذا الحجم الصغير مع بقية مياه الصرف الصحي المنزلي الأخرى التي تشكل عادة الجزء الأكبر(الماء الأصفر و الماء الرمادي).إن كمية المياه الصفراء تعادل ١٠ أضعاف حجم المياه البنية)، بينما المياه الرمادية و التي تتعلق بأسلوب المعيشة للمستهلكين فتتراوح بين ٢٥٠٠٠ ألف الى ١٠٠٠٠ ليتر لكل شخص في العام الواحد.

يبين الجدول (٥) التالي ملخصا" عن كمية المغذيات و الملوثات المصروفة ضمن مياه المجاري للشخص الواحد سنويا".

الجدول (٥) يبين كمية المغذيات و الملوثات المصروفة للشخص الواحد سنويا" ضمن مياه المجاري



يتبين لنا من الجدول أن المياه الرمادية (أكثر المياه حجما") تحوي على أقل من ٣ % من النتروجين و أقل من ١٠ % من الفوسفور. و بالتالي فإن إعادة استخدامها ممكن مع القليل من الكلفة و المعالجة.

٥-١-٢ الماء الأصفر(البول) و صلاحيته كسماد:

ان عملية فصل الماء الاصفر (البول) مباشرة عن الفضلات الصلبة يعتبر من السهولة بمكان عبر استخدام مراحيض العزل المخصصة للقيام بعملية الفصل (الشكل ١٢).

الشخص الواحد يصرف سنويا" من المغذيات ما يعادل ٣.٩٢ كغ نتروجين(يوريا) و ٠.٣٨ كغ فوسفور(سوبر فوسفات) و ٠.٩٧ كغ بوتاسيوم (على شكل شاردي) وهذه الأنواع من المغذيات هي الأكثر تفضيلا" للاستهلاك النباتي. كما أن البول يحوي كمية منخفضة جدا" من العوامل الممرضة و المعادن الثقيلة. و على سبيل المثال فالبول يحوي ٣.٢ مع كادميوم مقابل كل كغ فوسفور بينما السماد التجاري فيحوي ٢٦ مع كادميوم مقابل كل كغ فوسفور بينما في الحمأة فيوجد ٥٥ مع كادميوم مقابل كل كغ فوسفور. إن صرف هذه المغذيات إلى شبكة الصرف الصحي التقليدية يعني مواجهة العديد من

المشاكل لاحقا". مع العلم أن أفضل محطات المعالجة تصرف مع السيب النهائي حـــوالي ٢٠ % مـــن النتروجين الداخل و ٥ % من الفوسفور و أكثر من ٩٠ % من البوتاسيوم، و قد بينت الدراسات فـــي ألمانيا أن عملية ازالة المغذيات ضمن محطة المعالجة سيزيد استهلاك الطاقة بمقدار ٥٠ %. كمـــا أن المغذيات التي تبقى ضمن الحمأة تكون قد امتزجت بمحتويات عالية من المعادن الثقيلـــة و المركبـــات العضوية مثل ثنائي الفينيل متعدد الكلور و التي تسبب مشاكل للنباتات و الحيوانات و حتـــى الإنســـان. لذلك تعتبر عملية فصل البول من المصدر من العوامل التي تسهم في التنمية المستدامة.

إن مرحاض العزل هو تقنية مناسبة يتم فيها عزل البول عن المخلفات الصلبة فـــي المكـــان نفســـه. و بشكل عام يتكون هذا المرحاض من وعائين الأمامي للبول و الخلفي للمخلفات الصلبة ، و لكل و عـــاء مخرجه الخاص لسحب المخلفات. و عملية كسح البول تحتاج إلى كمية قليلة من المـــاء (٠.٢ ليتـــر) لكل عملية، بينما كسح النفايات الصلبة يحتاج لكمية تتراوح بين ٤ الى ٦ ليتر ماء لكل عملية.

لشكل (١٢) يبين بعض أشكال مرحاض العزل

الشكل (١٣) يبين حوض تخزين البول المستخدم في السويد حيث يصبح البول المخزن لحوالي ثلاثة أشهر جاهز للاستخدام كسماد مثالي للنباتات.

الشكل (١٣) يبين حوض مطمور لتخزين البول

٥-١-٣ محتوى الماء البني (البراز) كمحسن للتربة:

إن المياه البنية (المياه الحاوية على البراز فقط) يمكن فصلها أيضاً" بواسطة مرحاض العزل. إن الفضلات البشرية الصلبة هي السبب الرئيسي للعوامل الممرضة في مياه الصرف الصحي لذلك و بسبب خواصها المرغوبة كمحسّن للتربة بسبب النسبة العالية التي تحتويها من المواد العضوية فإنه يجب إزالة هذه العوامل الممرضة قبل إعادة استخدامها كمحسّن للتربة.

إن عملية قتل العوامل الممرضة هي من السهولة بمكان إذا ما تم فصل و عزل المياه البنية كما يحصل في مرحاض العزل مثلاً" (الشكل ١٤). إن التقنيات الشائعة المستخدمة لهذه الغاية تتضمن عمليات التجفيف بواسطة الطاقة الشمسية (Dehyration) أو عملية التسميد (Compositing). إن استخدام الماء البني كمخصب للتربة يلعب دوراً اساسيا في حماية التربة (من حيث انه يقلل عمليات الهدم فيها) في الدول التي تعاني من تدهور نوعية التربة مثل سورية حسب دراسات منظمة الفاو، و ذلك نظراً" لاحتوائه على معظم المواد الصلبة بالمقارنة مع انواع مياه الصرف المنزلي الأخرى.

الشكل (١٤) يبين عملية فصل الفضلات الصلبة ضمن المرحاض المستخدم في الصين

حتى يتم تخفيض رطوبة المياه البنية ضمن حوض استقبال الفضلات الصلبة و المحافظة على بنية متماسكة للمخلفات فإنه يتم إضافة نشارة الخشب أو التبن.

إن مرحاض انتاج الكومبوست (الشكل ١٥) يحتاج الى ٠.٢ لتر ماء لكل عملية كسح، و هذه الكمية هي فقط لغسيل المرحاض. هذه المراحيض ذات الاستهلاك المنخفض أو المنعدم لمياه الكسح لا تساهم فقط في توفير الماء و لكن أيضا" تنتج مخلفات جافة تسهل معالجتها مقارنة مع مياه الصرف الصحي المنتج بالطرق التقليدية .

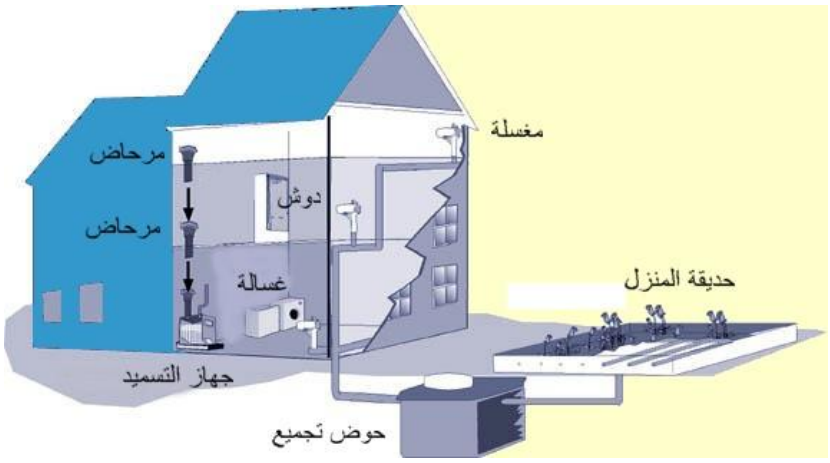
الشكل (١٥) مرحاض التسميد من قسمين مع تحويلة خاصة لجمع البول

٥-١-٤ معالجة المياه السوداء:

كما ذكر سابقا" فإن المياه السوداء تنتج عن مزج مياه تنظيف البول و البراز معا". و هذه المياه السوداء يمكن معالجتها عبر نظامين الجاف أو الرطب. النظام الجاف لا يستعمل فيه الماء بينما النظام يستخدم فيه ماء التنظيف و لكن بكمية قليلة جدا" للمساعدة بنقل الفضلات الصلبة لمسافة قصيرة جدا" حيث يتم تجميعها. بعد التجميع فإن الفضلات يمكن معالجتها إما بالتسميد أو بالتجفيف أو بالهضم اللاهوائي.

- **التسميد:** *Compositing*

إن التسميد هو عبارة عن عملية تحلل بيولوجية للمواد العضوية تحت الظروف الهوائية. إن العوامل الرئيسية المؤثرة في عملية التحلل هذه هي الأكسجين و الرطوبة و المغذيات (نتروجين و فوسفور). إن الكربون و النتروجين أساسيان للنمو الميكروبي و النشاط الخلوي البكتيري. فالكربون مهم لكونه المصدر الأساسي للطاقة و النتروجين مهم للتركيب الخلوي الميكروبي. كما أن للحرارة و درجة pH دور في عملية التسميد. تقوم الكائنات الدقيقة أثناء عملية التسميد بتحطيم المواد العضوية و إنتاج ثاني أكسيد الكربون و الماء و الحرارة و مادة التسميد (Composit). بالإضافة إلى أن الامونيا و بعض المركبات الطيارة تتحرر إلى الغلاف الجوي. إن إنتاج ثاني أكسيد الكربون و الماء يكون بكمية قليلة. إن الشروط المثالية لنجاح عملية التسميد هي: الرطوبة ٥٠-٦٠ % و نسبة الكربون الى النتروجين تعادل بين (٢٥-٣٠) إلى واحد و درجة pH بين ٦-٨ و الحرارة أكبر من ٤٥ درجة مئوية و الأكسجين نسبته ٥-١٥ % من نسبة الهواء. و بسبب البنية الضعيفة للفضلات البشرية فإنه يتوجب إضافة نشارة الخشب أو التبن مثلا" لإعطاء السماد النهائي الناتج قوام ثابت و متماسك(شكل١٦-١٧).



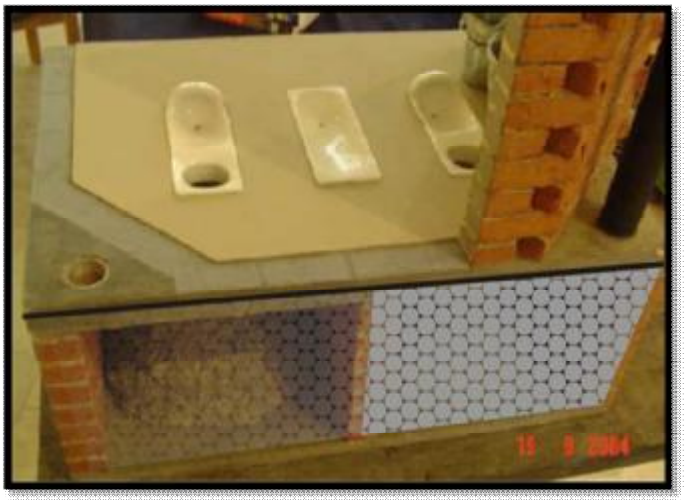
الشكل (١٦) يبين مكان المسمّد المستخدم في الأبنية السكنية

الشكل (١٧) يبين المسمّد المستخدم في الأبنية السكنية مع نواتج التسميد (محسّن التربة)

عادة ما تزود هذه الأحواض بمروحة و انبوب تهوية للتخلص من ثاني اكسيد الكربون و لتسبب جفاف بخار الماء. و بحالة الجو البارد يمكن التسخين الكهربائي لإعطاء الحرارة.

- **التجفيف**: Dehydration

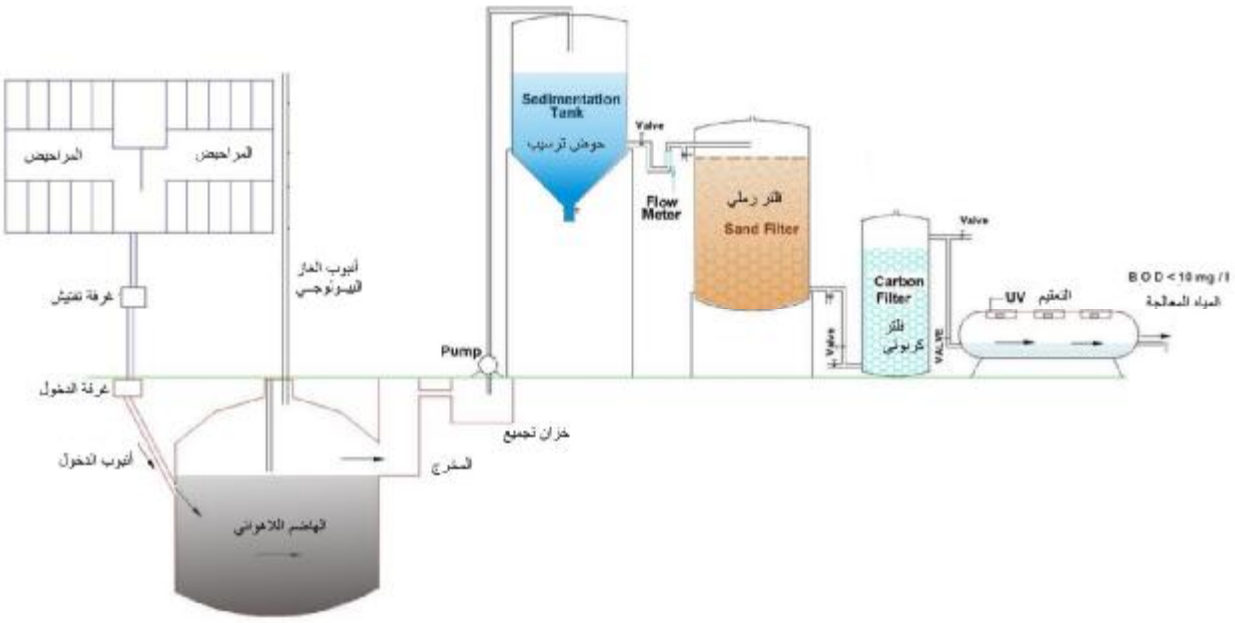
إن عملية التجفيف هي عبارة عن عملية فيزيائية تهدف لنزع المياه من المخلفات و كلما كانت كمية المياه المصروفة مع المخلفات الصلبة البشرية قليلة كلما كانت فاعليتها أكبر. إن عملية التجفيف تلعب دورا هاما" في القضاء على العوامل الممرضة الموجودة في المخلفات البشرية عبر تخفيض الرطوبة إلى ما دون ٢٥ % مما يؤدي إلى موت العوامل الممرضة بسبب الجفاف. و يمكن تسريع عملية التجفيف عبر الاعتماد على إضافة نشارة الخشب أو التبن أو عبر وجود مصدر حراري و عادة ما يكون الإشعاع الشمسي عبر استخدام صفائح معدنية ضمن حوض تجميع الفضلات (الشكل ١٨).



الشكل (١٨) مرحاض تجفيف

- **الهضم اللاهوائي:**

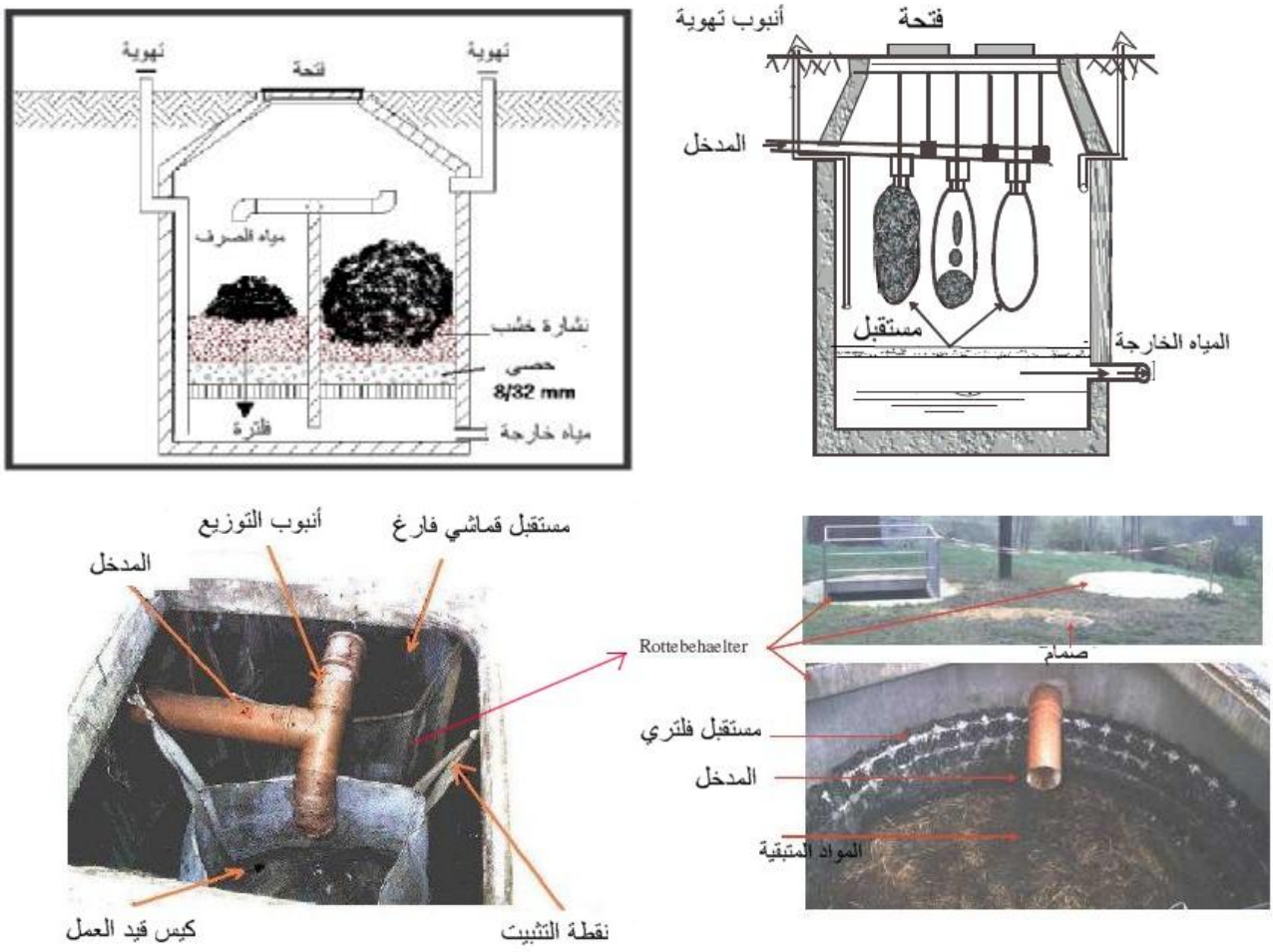
إن عملية التخمير اللاهوائي هي عملية أكسدة للمواد العضوية (المخلفات البشرية) بشكل بيولوجي و بمعزل عن الأكسجين مما يؤدي إلى تحويل هذه المخلفات إلى غاز الميتان و غاز ثاني أكسيد الكربون. إن الغاز البيولوجي الناتج (غاز الميتان يشكل ٥٥-٧٥ % منه) يمكن أن يستخدم للطبخ أو لأغراض التسخين و الإنارة. إن الهضم اللاهوائي يؤدي الى إنتاج كمية قليلة من الحمأة مقارنة مع الهضم الهوائي (أقل من ٣ الى ٢٠ مرة) و معظم الطاقة الناتجة عن عمليات تحطيم المواد العضوية تكون محتواة في غاز الميتان و قليل منها يتحرر للوسط الخارجي. إن الإنتاج الصافي للحمأة في الهضم اللاهوائي لكل واحد طن محطم (مستهلك) من COD يبلغ ٢٠-١٥٠ كغ بينما في الهضم الهوائي فتبلغ القيمة بين ٤٠٠-٦٠٠ كغ. الشكل (١٩) يبين إستخدام الهاضم اللاهوائي للمعالجة الأولية لمياه الصرف الناتجة عن مجمع خدمي للمراحيض في إحدى المدن الهندية.



الشكل (١٩) يبين استخدام الهاضم اللاهوائي لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن المراحيض

- **نظام Rottebehaelter**

يستخدم هذا النوع من المراحيض(الشكل ٢٠) للمعالجة الأولية للمنازل و هو يستعمل بشكل متزايد حاليا" في ألمانيا و سويسرا و النمسا. يتألف هذا النظام من حوض بيتوني تحت الأرض مع سرير حصوي كفلتر في الأسفل مع عدة مستقبلات (أكياس) معلقة مصنوعة من مادة قماشية أو كتانية تستخدم كفلتر لجمع المواد الصلبة و السماح للمياه بالمرور نحو الفلتر السفلي الأرضي. و هذه المستقبلات تستخدم بشكل دوري بفترات من ٦ أشهر الى ١٢ شهر. الغاية من الكيس القماشي المعلق هو فصل المواد الصلبة عن المياه مما يسهم بسرعة جفافها و تحولها لمحسّن للتربة خاصة مع إضافة نشارة الخشب أو التبن اليها. المياه المارة عبر الكيس تصرف عبر شبكة توزيع أو تمر في مرحلة لاحقة على فلتر حصوي-رملي و منه إلى أنبوب توزيع للتصريف (ري الحديقة مثلا"). و من الممكن أن تمر مياه الصرف المنزلي مباشرة إلى فلتر حصوي تعلوه طبقة من نشارة الخشب و عادة ما يكون هذا النظام مؤلف من قسمين كل قسم يستخدم لعام واحد و يكون استخدامها بشكل دوري.



الشكل (٢٠) نظام Rottebehaelter

٥-٢ المعالجة قرب مصدر التلوث:

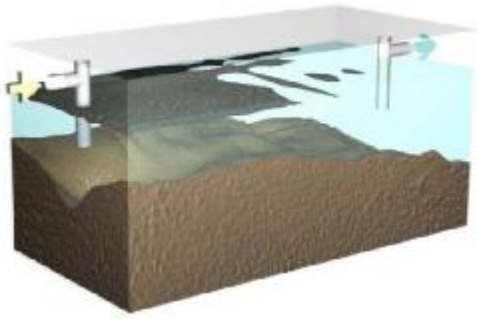
إن المياه الملوثة اللامركزية يمكن أن تنتج عن بيت واحد أو تجمع تجاري و سياحي أو ربما ينتج عن تجمع لعشرات المنازل المخدمة أو غير المخدمة بشبكة صرف صحي. إن قرب مكان معالجة مياه الصرف الصحي عن منشأ هذه المياه يوفر أموالاً طائلة بسبب تجنب إنشاء شبكات صرف صحي ذات أطوال كبيرة . و إن الحديث عن معالجة مياه الصرف للمناطق اللامركزية يعني بساطة طرق المعالجة و سهولة التشغيل و الصيانة لتجنب الحاجة إلى خبرات ماهرة في التشغيل و الصيانة و التي عادة لا تكون متوفرة في البلدان النامية . و تتنوع طرق المعالجة قرب مصدر التلوث بشكل عام تبعا" لعوامل مختلفة و قد تكون المعالجة البيولوجية إما هوائية أو لا هوائية، و لكن بشكل رئيسي هناك عدة أنظمة معالجة بسيطة و مناسبة جدا" للبلدان النامية وهي:

- § الترسيب عبر برك الترسيب ، أحواض التحليل ، أحواض الهضم اللاهوائية البسيطة أو أحواض امهوف ، البرك اللاهوائية العميقة .
- § المعالجة الثانوية اللاهوائية عبر الأحواض اللاهوائية ذات السرير الثابت أو عبر أحواض التحليل ذات العوارض .
- § المعالجة الثانوية و الثالثية (الهوائية – اللاهوائية) كما في الأراضي الرطبة
- § المعالجة الثانوية و الثالثية (الهوائية – اللاهوائية) كما هو في البرك
- § أنظمة طبيعية لمعالجة مياه المجاري :
  - ١- الترشيح البطيني SR
  - ٢- الترشيح السريع RIR
  - ٣- الغمر OF
  - ٤- الاراضي الرطبة WL و هي إما أن تكون طبيعية أو صناعية

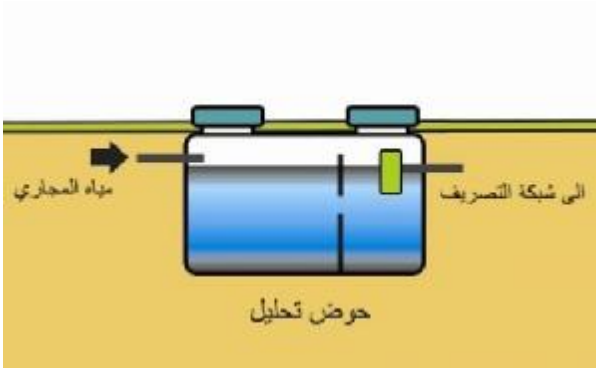
إن الدمج بين عدة مراحل من المعالجة يعطي مياه معالجة نهائية ذات مواصفات جيدة. و من الشائع أن يستخدم حوض تحليل ليستقبل مياه الصرف المنزلية لكل منزل على حدة قبل تجميع المياه الخارجة من أحواض التحليل و معالجتها عبر مرحلة ثانية. و إن مستوى المعالجة المطلوب مرتبط بالاستخدام النهائي لمياه المعالجة .

أولا": أحواض التحليل

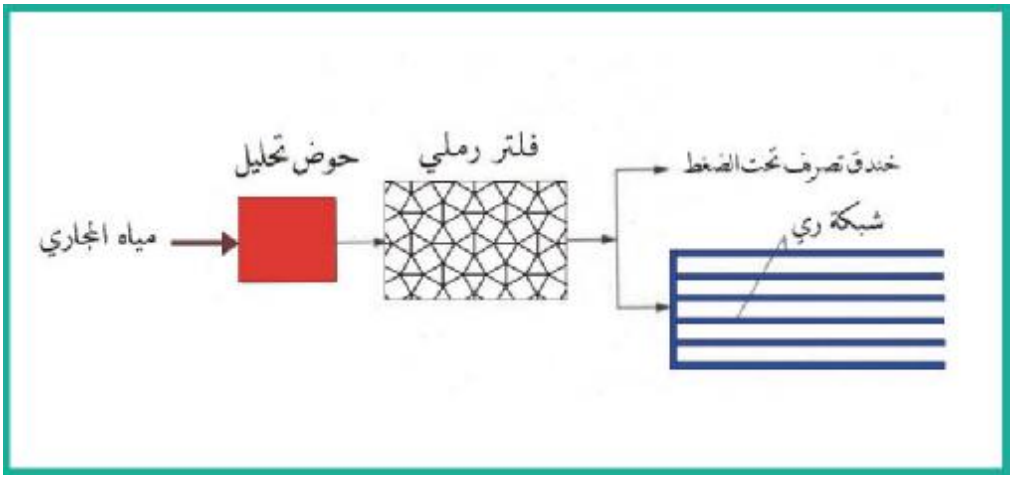
إن الدور الأهم لحوض التحليل هو التخلص من المواد القابلة للترسيب الموجودة في مياه الصرف الناتجة عن الاستخدامات المنزلية و التجارية و السياحية و يكون زمن المكوث للمياه الملوثة ضمنه يوم واحد على الأغلب. و تصل فاعلية حوض التحليل في إزالة الـــ BOD الى ٤٠-٥٠ % و الـــ SS الى ٥٥ % و الفوسفور ٢٥ % و النتروجين ١٠%. و حالياً يمكن ان يكون هناك حوض تحليل واحد لكل / ٥٠/ منزلاً . عادة ما يتكون حوض التحليل من قسمين الأول يستخدم للتخلص من المواد القابلة للترسيب و الحمأة المتجمعة في القسم الأول تحلل لاهوائياً و يتم التخلص منها كحمأة مثبتة كل سنة مرة واحدة تقريباً. و بحال كان التصميم جيداً فان إزالة الحمأة تتكرر كل عدة سنوات. اما القسم الثاني لحوض التحليل يستخدم لتحسين مواصفات المياه الخارجة عبر استخدام الفلاتر مثلاً. و المياه الخارجة من حوض التحليل يمكن أن إرسالها إلى أنابيب مطمورة و مثقبة بحيث تنساب المياه عبر التربة(انظر الأشكال ٢١-٢٢-٢٣-٢٤-٢٥-٢٦).



الشكل (٢١) حوض تحليل تقليدي

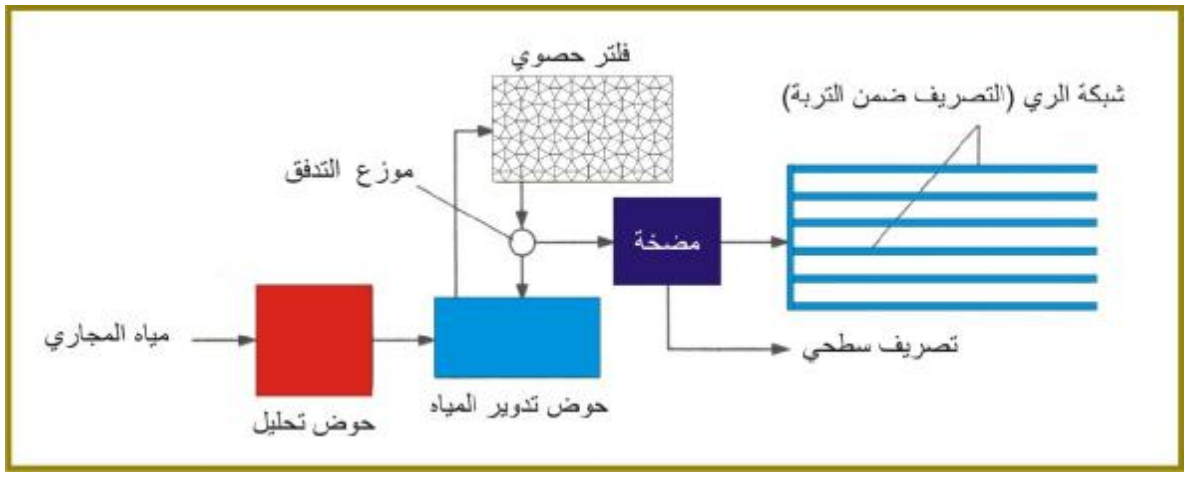


الشكل (٢٢) حوض تحليل من قسمين

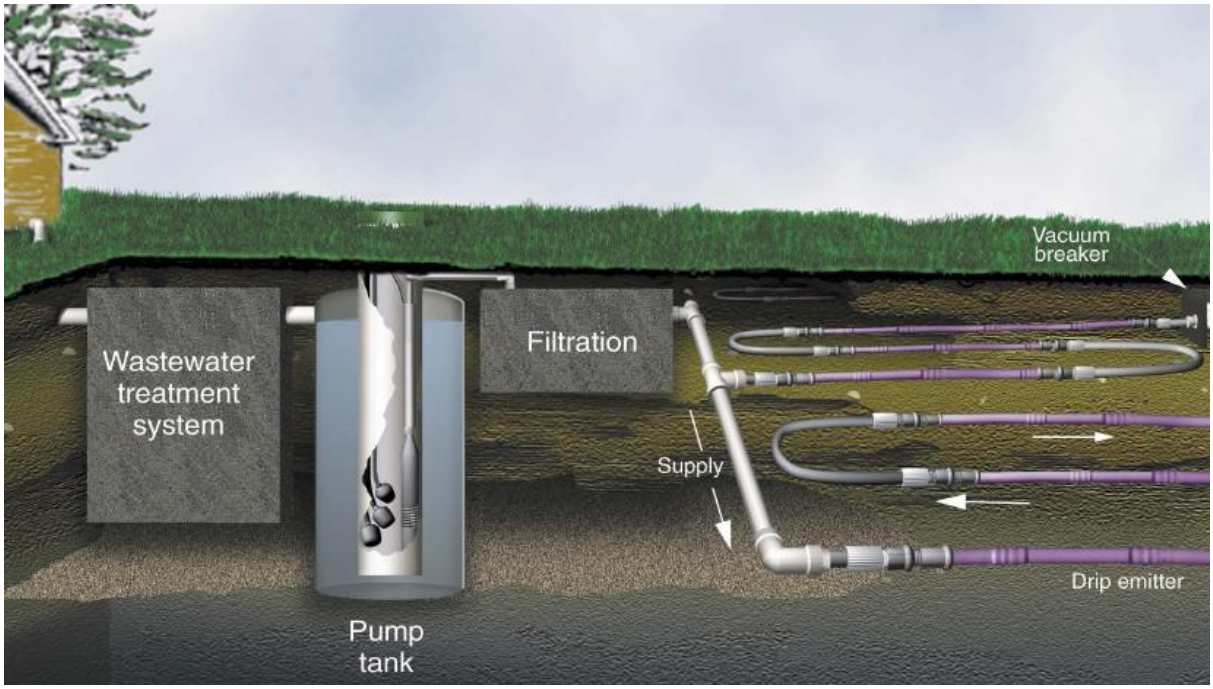


الشكل (٢٣) حوض تحليل مع فلتر حصوي و شبكة أنابيب للتصريف

الشكل (٢٤) حوض تحليل مع فلتر حصوي و شبكة أنابيب للتصريف



الشكل (٢٥) حوض تحليل مع فلتر حصوي و شبكة أنابيب للتصريف



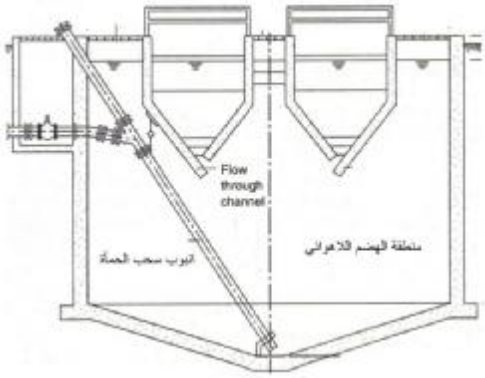
الشكل (٢٦) حوض تحليل مع فلتر حصوي و شبكة أنابيب للتصريف

يمكن أن يتم وضع شبكة التصريف الأنبوبية ضمن خنادق و تكون محاطة بالحصى أو بمواد بلاستيكية أو مطاطية ...الخ، أو أن تكون ممدة فوق سرير رملي أو حصوي (أنظر الشكل٢٧).

الشكل (٢٧) بعض طرق تصريف المياه المعالجة

- **ثانيا": أحواض امهوف** :

عادة ما تعالج هذه الأحواض تدفقات مياه مجاري اكبر من ٣ م^{٣} / يوم . و المياه الخارجة منها تحتاج الى معالجة اضافية . تحوي هذه الأحواض على قسم ترسيب يقع فوق قسم هضم الحماة لاهوائياً (الشكل ٢٨). قسم الترسيب يحجز المياه الداخلة لمدة ساعتين و يتم التخلص من جزء من الحمأة مرة كل ٢٠-٣٠ يوم الحمأة المزالة و توضع في أحواض تجفيف الحمأة من اجل التأكد من القضاء على العوامل الممرضة.

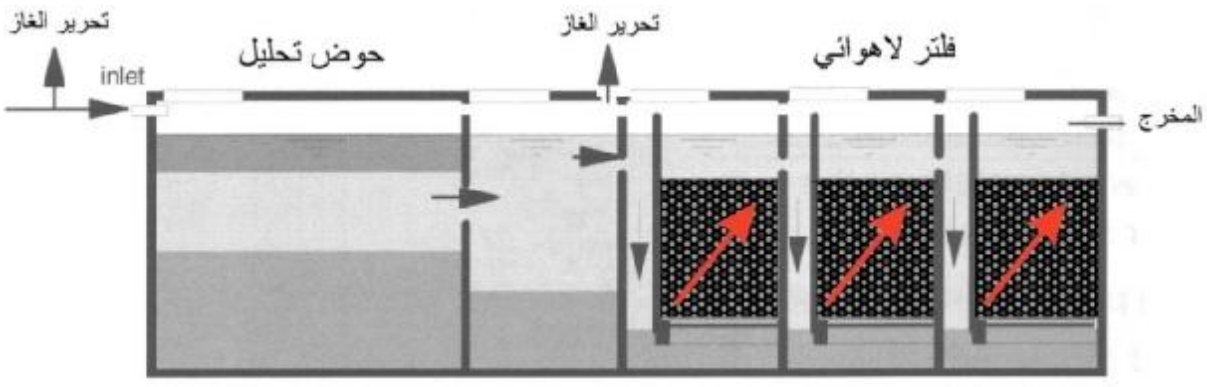


الشكل (٢٨) حوض أمهوف

- **ثالثا" الفلاتر اللاهوائية**:

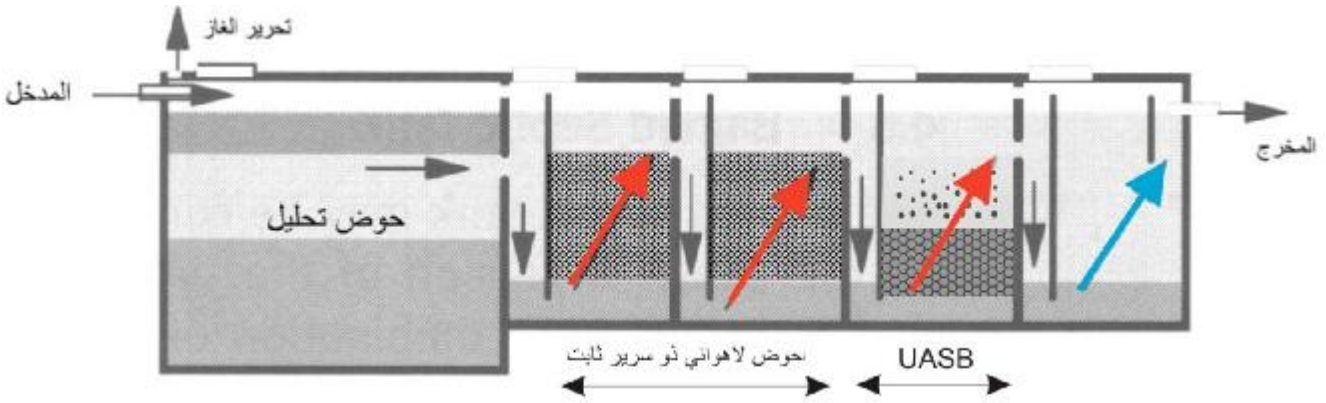
تستخدم الفلاتر اللاهوائية(الشكل ٢٩) لمعالجة المياه الملوثة ذات المحتوى المنخفض من المواد الصلبة المعلقة و عادة ما تكون المياه الملوثة المعالجة بالفلاتر البيولوجية ناتجة عن احواض التحليل. إن الفلاتر اللاهوائية تستخدم وسط خام (بلاستيكي حصراً) لنمو الكائنات الدقيقة على سطحها مشكلة طبقة رقيقة تدعى (Film) و مادة الوسط الخام الجيدة تشكل من / ٩٠-٣٠٠ / متر مربع مساحة لكل متر مكعب من الوسط.

الشكل (٢٩) يبين حوض الفلتر اللاهوائي مسبوقا" بحوض تحليل



- **رابعا": حوض لاهوائي متنوع ذو العوارض:**

إن هذا النوع من الأحواض مناسب لمعالجة المياه الملوثة و خصوصاً ذات المحتوى المنخفض من المواد الصلبة المعلقة غير القابلة للترسيب و التي تملك نسبة منخفضة من $\frac{COD}{BOD}$. إن هذا الحوض يضم مجموعة من مراحل المعالجة اللاهوائية (حوض تحليل – حوض ذو سرير لا هوائي – حوض UASB) و يكون الجريان فيه من الأسفل نحو الأعلى (الشكل ٣٠). و بحيث لا تزيد سرعة المياه عن ٢ متر/سا. هذا النوع من الأحواض يعتبر مثالياً للمناطق المنعزلة بسبب قدرته على تحمل الصدمات الهيدروليكية و الحمولات المتنوعة و تضم هذه الأحواض أربعة مراحل على الأقل و يحوي القسم الأخير منه على فلتر لتنقية المياه الخارجة النهائية .

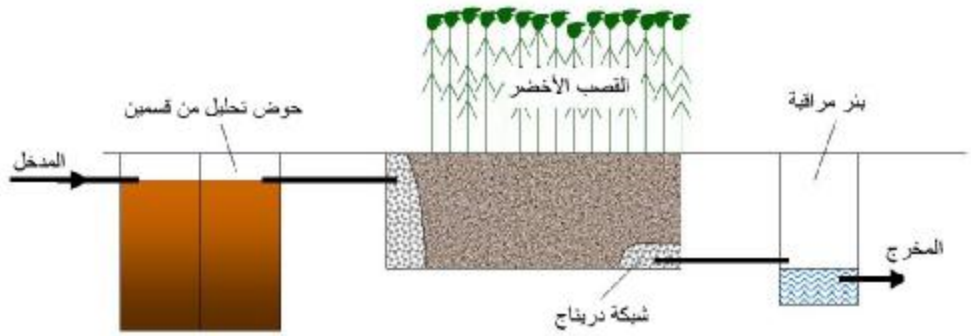


الشكل (٣٠) حوض لاهوائي متنوع ذو العوارض مسبوقا" بحوض تحليل

§ **خامسا": الأراضي الرطبة:** Constructed Wetlands

تستخدم الأراضي الرطبة (الشكل ٣١)عادة من اجل مياه مجاري ذات COD اقل من ٥٠٠ ملغ/ ل و ذات محتوى منخفض من المواد الصلبة المعلقة. وهناك عدة أنواع من الأراضي الرطبة حسب جريان المياه ضمنها فمنها ذات الجريان الشاقولي و منها ذات الجريان الأفقي. و تعتمد هذه الطريقة على فلترة المياه عبر وسط معين و على نمو نباتات (من القصب مثلا") لها القدرة على امتصاص الملوثات.

تعتبر الأراضي الرطبة ممتازة لمعالجة المياه الخارجة من أحواض التحليل و بحيث تكون المياه النهائية المعالجة ذات مواصفات جيدة جداً.



الشكل (٣١) الأراضي الرطبة

§ سادسا": برك الأكسدة اللاهوائية:

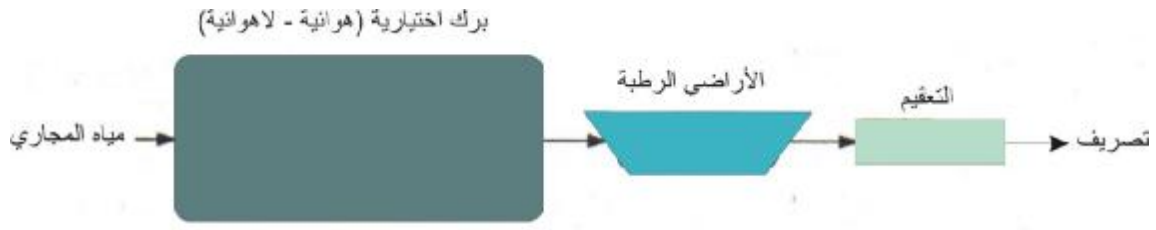
عادة ما تكون برك الأكسدة متتابعة بين اللاهوائية و الهوائية و الإنضاج. البركة اللاهوائية يكون عمقها / ٢-٦ / متر و معدل التحميل / ٠.١-١/ كغ BOD لكل م ^{٣} / يوم. البرك اللاهوائية ذات الحمل ٠.٣ كغ BOD / متر مكعب باليوم عادة ما تبقى ذات pH معتدل و بالتالي تنتج كمية قليلة من H_2S و لذلك فلا يشم منها روائح كريهة. زمن المكوث للبرك اللاهوائية تتراوح بين يوم الى ٣٠ يوم و تكون نسبة إزالة المعالجة للـــ BOD من ٥٠ - ٧٠ % . و لتحسين نوعية المياه يمكن ان تمرر المياه عبر الأراضي الرطبة.

§ سابعا": البرك الهوائية:

عادة ما تستخدم لمعالجة المياه الملونة ذات BOD اقل من ٣٠٠ ملغ / ل و يكون التحميل السطحي ٤٠٠ ملغ BOD / م^{٢} / يوم . الأكسجين يساعد على نمو الطحالب التي تعمل على استهلاك الملوثات و لكن وجودها مع المياه النهائية غير محبذ لذلك وجود بركة نهائية بزمن مكوث يوم واحد مفيد للتخلص من الطحالب . و عادة ما تكون قليلة العمق (حوالي ١ متر).

§ ثامنا": البرك الاختيارية:

و هذه البرك(الشكل ٣٢) تكون وسيطا" بين البرك الهوائية و اللاهوائية و يكون عمقها حوالي ٢ متر.



الشكل (٣٢) نظام البرك الاختيارية متبوعة بالأراضي الرطبة لتحسين المعالجة

إن مدى كفاءة أداء طرق المعالجة السابقة يعتمد على خصائص مياه الصرف الصحي الداخلة للمعالجة و يعتمد كذلك على درجة الحرارة و لكن يمكن تقدير إزالة المواد العضوية BOD تبعاً لهذه الطرق كما يلي :

١- حوض التحليل و حوض امهوف ٢٥-٥٠ %

٢- الفلاتر اللاهوائية و الأحواض ذات العوارض ٧٠-٩٠ %

٣- الأراضي الرطبة و البرك ٧٠-٩٥ %

ان وجود حوض تحليل يتبعه فلتر لاهوائي يعطي BOD نهائي اقل من ٥٠ ملغ/ل بالنسبة لمياه ملوثة تحوي ٣٠٠ ملغ/ل BOD.

و تقدر الأرض المطلوبة لهذه الطرق المبسطة و الرخيصة التكاليف في المعالجة كما يلي :

- حوض تحليل و خوض امهوف ٠.٥ م^{٢} / م^{٣} / يوم .

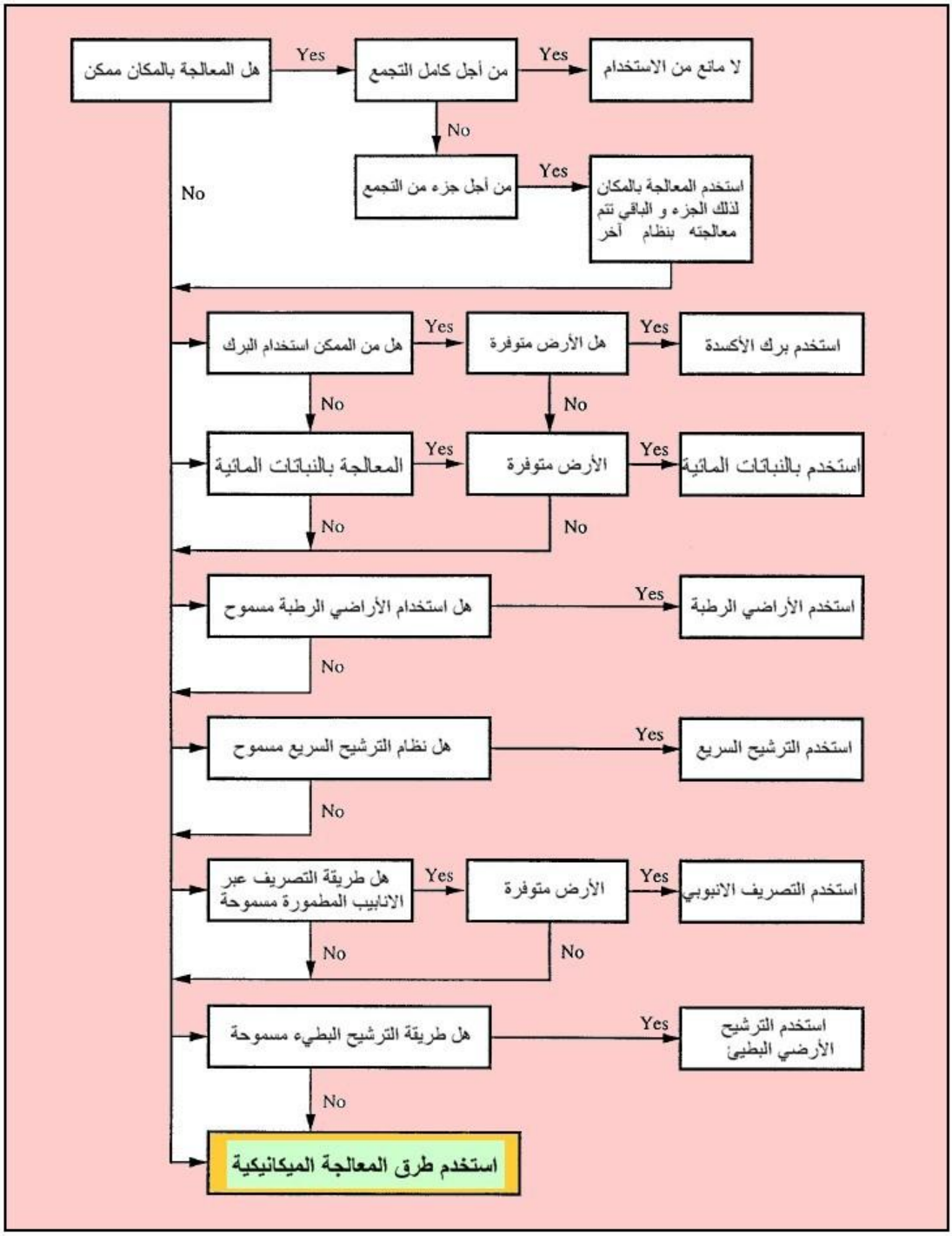
- فلتر لاهوائي و حوض تحليل بعوارض ١ م^{٢} / م^{٣} من التدفق اليومي.

- اراضي رطبة ٣٠ م^{٢} / م^{٣}

- برك لاهوائية ٤ م^{٢} / م^{٣}

- برك اختيارية ٢٥ م^{٢} / م^{٣}

و على الأغلب فإن أخذ القرار بالأسلوب الأنسب للمعالجة لأي تجمع من التجمعات الصغيرة أو اللامركزية يتم بناء" على خيارات متاحة و ظروف تتعلق بالكلفة و الطاقة اللازمة و الأرض المطلوبة و يمكن إيضاح التسلسل المنهجي للوصول للحل المناسب عبر الشكل (٣٣) بالأسفل.



الشكل (٣٣) التسلسل المنهجي للخيارات المتاحة لمعالجة مياه الصرف التجمعات الصغيرة

لم يتم التطرق هنا عمدا" لطرق المعالجة الميكانيكية لمياه المجاري (حمأة منشطة – تهوية مطولة – خنادق الأكسدة – SBR....الخ) و ذلك لإفساح المجال للتحدث عن الطرق المبسطة بالمعالجة.

إن المتطلبات العامة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي الناجمة عن التجمعات الصغيرة تتضمن:

- سهولة صيانة المعدات مع الحد الأدنى من الطاقة اللازمة.
- زمن مكوث طويل نسبيا" وبالتالي استيعاب عملية تذبذب التدفقات طوال اليوم التي تميز التجمعات السكانية الصغيرة وبالتالي تجنب حدوث الصدمات الهيدروليكية .
- يجب أن يكون تشغيل المحطة فعالاً لأجل مجال واسع من الحمولات العضوية والهيدروليكية .
- القدرة على مواجهة الحالات الطارئة (انقطاع التيار الكهربائي مثلاً) .
- المحافظة على البيئة المحيطة والإسهام في تحسينها .
- تحقيق مواصفات خاصة للسيب النهائي المعالج وبأقل كلفة ممكنة .

٦- المقارنة بين أنظمة المعالجة بالموقع و أنظمة المعالجة المركزية:

يتكون نظام المياه الملوثة من ثلاثة مكونات رئيسية و هي : النقل و المعالجة و المخلفات الصلبة . إن العنصر الأقل أهمية هو موضوع نقل مياه المجاري اذا ما قورن مع معالجة مياه المجاري و طريقة التخلص من المياه المعالجة و المخلفات الصلبة بشك أمن. إن المقولة الشائعة تنص على أن الانابيب لا تعالج مياه ملوثة. و مع هذا فإن الكلفة العظمى لأي مشروع صرف صحي مركزي (شبكة مع محطة معالجة) تكون من نصيب شبكة المجاري بحيث تبلغ كلفتها أكثر من ٦٠% من الكلفة الكلية للمشروع. و من الممكن تبرير هذه الكلفة في المدن و التجمعات السكانية الكبيرة الأخرى و لكن **ليس هناك أي مبرر لشبكة مجاري مركزية للمناطق القوية و المناطق السكانية ذات الكثافة القليلة.**

إن السعي نحو ربط القرى و التجمعات الصغيرة المتباعدة بشبكات الصرف الصحي يعني إنفاق كبير حداً على هذه الشبكات بغض النظر عن كلفة المعالجة. ان المعالجة المطبقة بمكان مصدر التلوث أعطى حلولاً عملية لتفادي الإنفاق الهائل على مشروعات الصرف الصحي و محطات المعالجة .

من أهم ميزات أنظمة المعالجة بالمكان أن مياه الصرف المنزلي تعالج قرب مصدرها مع إمكانية استخدام التقنيات الحديثة عبر المحطات الصغيرة. و السؤال المطروح هو مدى جدوى تجميع المياه الملوثة في التجمعات القروية عبر شبكة صرف صحي المركزية مما يتسبب بتجمع كمية كبيرة من مياه الصرف الصحي و بالتالي تصبح الحاجة إلى محطات معالجة ذات كلف مادية كبيرة. و إن الاختلافين الرئيسين بين أنظمة المعالجة بالمكان و النظام التقليدي (شبكة مركزية +محطة معالجة

مركزية) هما نظام (شبكة) نقل مياه المجاري و تجميعها و نوع نظام التخلص النهائي من المياه المعالجة و المخلفات الصلبة . إن نظام المعالجة بالمكان يتمتع بإمكانية التعامل مع منصرفات منزل واحد إلى عدة منازل وصول إلى تجمع سكاني صغير (قرية) مع الحاجة إلى شبكة أنابيب صغيرة. إن نظام إدارة المياه الملوثة بالموقع يهدف للحفاظ على شبك صرف صحي بأصغر قطر ممكن (و على الأغلب تكون من الأنابيب البلاستيكية المرنة) و يهدف كذلك إلى معالجة مياه المجاري و التخلص منها بشكل لا يضر بالبيئة. و من ميزات نظام معالجة مياه المجاري بالموقع أن التخلص من المياه المعالجة يكون عبر شبكة أنابيب أو فلتر حصوي تحت الأرض مع أمكانية تصريف المياه المعالجة إلى المسطحات المائية أو الأنهار أو استخدامها بالري بحال كانت الأرض صخرية. كما أن المعالجة المنفردة لمياه الصرف الصحي تعطي عدم تركيز المغذيات الموجودة بالمياه المعالجة في مكان واحد (المصرف النهائي) و هذا له دور كبير في تخفيض تأثير المغذيات على نوعية المياه المستقبلة. و عادة ما تستخدم المياه في أنظمة إدارة مياه المجاري في الموقع بعد المعالجة لتظيف التواليتات و أغراض الري و غسيل الشوارع....الخ .

في التجمعات الصغيرة فإن اتخاذ أي قرار بخصوص معالجة مياه الصرف الصحي ليس محصوراً فقط باستخدام أحواض التحليل ذات التصريف عبر شبكة أنابيب مثقبة ضمن التربة يعتمد أساسا على نوعية التربة و التشريعات الحكومية الناظمة و عموماً فإن خيارات إدارة مياه المجاري للتجمعات الصغيرة تعتمد على :

١- نوعية و كمية المياه الملوثة .
٢- البيئة المحيطة و مكان تصريف مياه المعالجة .
٣- تقنيات إدارة المياه الملوثة (نظام النقل و التجميع و المعالجة و التصريف النهائي)
٤- التشغيل و الصيانة و البنى التحتية المتوفرة .
٥- كلفة المشروع من حيث التنفيذ و الصيانة .

و يمكن القول أن استخدام حوض التحليل انتشر لعدة أسباب منها أنه لا يحتاج إلى خبرة أو تقنيات معقدة لتركيبه و تشغيله ، كما أنه اعتبر كمعالجة أولية لمياه المجاري و بكلفة مادية منخفضة .

المياه المعالجة الخارجة من حوض التحليل يمكن معالجتها ثانوياً أو ثالثياً كمراحل لاحقة حسب الحاجة . و حالياً يعتبر استخدام حوض تهوية على وسط خامل (بلاستيكي مثلا) بعد حوض التحليل

أمراً شائعاً. و أما استخدام الفلاتر الرملية بعد مرور المياه الخارجة من حوض التهوية بحوض ترسيب فيعد أمراً هاماً لتحسين نوعية المياه النهائية المعالجة . كما يمكن استخدام الأرض الرطبة كبديل عن أحواض التهوية. إن التقنيات اللازمة للتصريف النهائي للمياه المعالجة بشكل أولي أو ثانوي أو ثالثي يتضمن على الأغلب ما يلي :

١- التصريف عبر شبكة أنابيب مثقبة ضمن الخنادق (تعمل بالثقالة أو تحت الضغط)

٢- التصريف عبر الفلتر الحصوي (بالثقالة أو تحت الضغط).

٣- التصريف بالرش على الأرض .

٤- التخلص من المياه المعالجة عبر التجفيف الشمسي و تحويلها الى بخار ماء .

٥- التصريف إلى المسطحات المائية .

٦- إعادة الاستخدام لري الحدائق و غسيل الشوارع .

عبر السنوات الطويلة فقد ترسخت القناعة بأنه اذا توفر حسن التخطيط و التصميم و التنفيذ و الإدارة و التشغيل لأنظمة معالجة مياه المجاري في الموقع فان الإدارة طويلة الأمد لمياه المجاري ستكون الحل البديل و المنافس الاقتصادي للأنظمة المركزية. في الدول المتقدمة فإن تقنيات إدارة مياه المجاري بالمكان قد تحددت سماتها و صارت تتمتع بدراسات و أبحاث هندسية كافية و متطورة . و بات من الممنوع إقامة الأنظمة المركزية لنقل و معالجة مياه المجاري بحالة إمكانية تطبيق أنظمة المعالجة بالمكان إلا في الحالات القاهرة . إن التشريعات الحالية لإدارة المياه الملوثة في الأماكن الصغيرة (قرية –تجمع سكاني) باتت تتطرق للمياه الملوثة بدءا من مصدرها إلى أسلوب نقلها و تجميعها إلى طريقة المعالجة و من ثم التخلص النهائي من المياه المعالجة و المخلفات الصلبة و انتهاءاً بالتشغيل و الصيانة و التوسعات المستقبلية . و الغاية الرئيسية من هذه التشريعات هي الحفاظ على الصحة العامة و حماية البيئة .

إن التوجيهات الحديثة في إدارة مياه المجاري بالمناطق السكنية القروية و الصغيرة تتجه نحو استخدام أنظمة المعالجة بالموقع (شبكة أنابيب صغيرة –تقنيات متنوعة للمعالجة بالمكان –المراقبة و التحكم الاتوماتيكي) و هذه الأنظمة شكلت منافساً قوياً للخيارات السابقة المتبقية في ادارة مياه المجاري

بالتجمعات الصغيرة . و كذلك فالاتجاهات المستقبلية تركز على نشر التوعية بأهمية بدائل محطات المعالجة المركزية بأخرى صغيرة الاستخدام الواسع للمعالجات بالموقع و تركز على الاهتمام بأعمال الصيانة و التشغيل الدائمة للبنية التحتية لأنظمة الصرف و المعالجة و تركز على إحداث تشريعات محلية تخص إدارة مياه المجاري بالموقع .

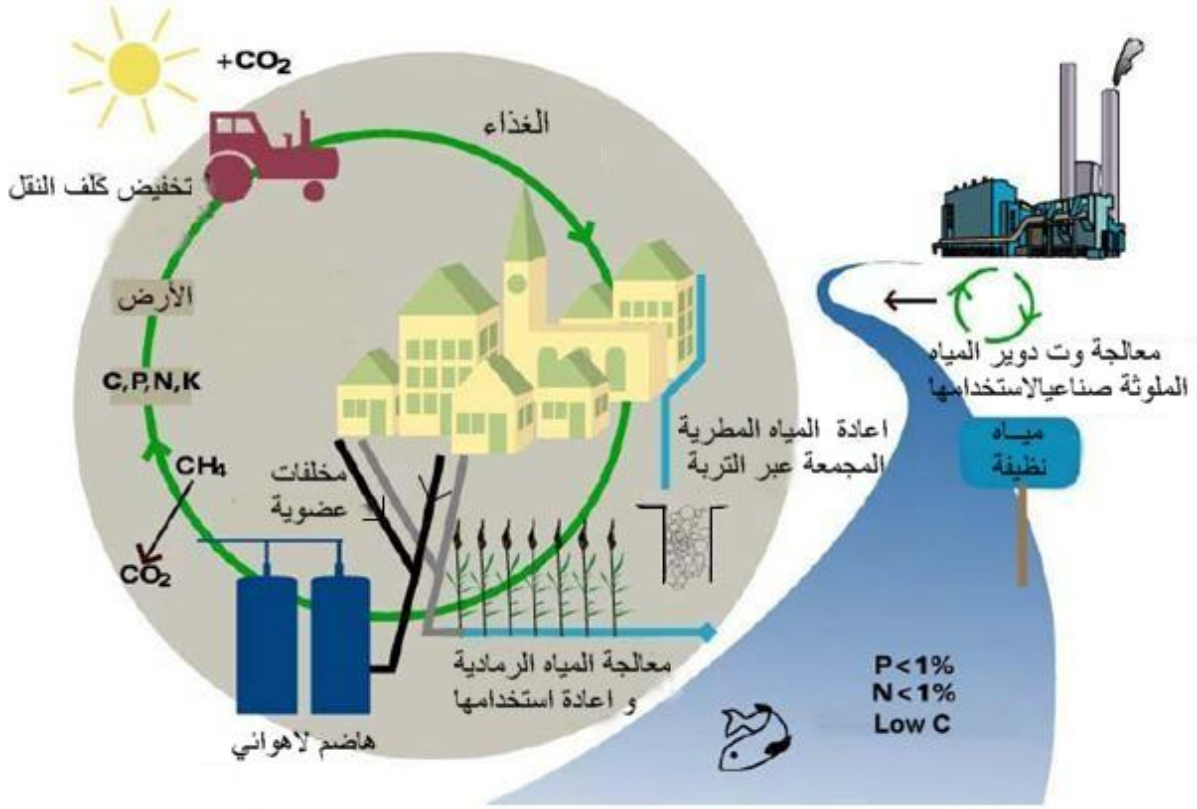
إن نشر ثقافة المعالجة المنفردة بدءاً من المنزل الواحد إلى مجموعة من المنازل إلى القرى الصغيرة هم أمر حيوي و هام للتخلص من الفكرة السائدة حول استخدام المحطات المركزية. فمثلاً استخدام الوحدات المدمجة و أحواض التحليل المنتهية بالفلاتر الرملية أو الحصوية ذات موثوقية في معالجة مياه المجاري بالموقع. و اضافة الى كل ذلك يجب توفير كافة الإمكانيات من قبل الدولة لإنشاء جهات عامة و خاصة لتنفيذ مثل هذه الاتجاهات المستقبلية في إدارة مياه المجاري في التجمعات الصغيرة . إن وجود شركات تصنيع محلية لهذه الأنظمة الحديثة له دور كبير في نجاح الإدارة الخاصة بمياه المجاري في المناطق الصغيرة. كما أن استخدام أحواض التحليل كمرحلة أولى للمعالجة له دور كبير في خفض تكاليف المراحل اللاحقة لنقل المياه الملوثة و من ثم المعالجة. و لا بد من التذكير بأن المراقبة و الصيانة المستمرة للأنظمة الخاصة بمعالجة مياه المجاري في المناطق الصغيرة له دور حاسم في جعل هذه الأنظمة مناسبة و طويلة الأمد.

- **المعالجة المستدامة**

إذا كانت طريقة المعالجة البيئية تلبي المتطلبات الاجتماعية و البيئية بصورة جيدة فيجب أن تدعى بطريقة المعالجة المستدامة (الشكل ٣٤). أي أن طريقة المعالجة هذه من الناحية الصحية مرغوبة نظرا الى حقيقة أن فيها جوانب أخرى تحمي الصحة وفقا لإدارة المخاطر. وفي ما يلي نورد عرضا" للميزات الأخرى لطريقة المعالجة المستدامة:

- إغلاق وفصل الدورات المائية و المواد المغذية للنبات ، تجنب المشاكل الصحية بسبب فصل المخلفات الصلبة عن المياه .
- إمكانية الحصول على المواد المغذية النباتية (النتروجين و الفوسفور) من أجل استخدامها في الزراعة و بذلك توفير المصادر و الطاقة اللازمين لإنتاج الأسمدة الصناعية .
- توفير كثير من المياه العذبة من خلال استخدام أنظمة المراحيض ذات الاستهلاك المائي القليل (التفريغ ، الفصل أو المراحيض الجافة) .

- انتاج الطاقة (الغاز الحيوي) بدلا من استهلاك الطاقة (من أجل تحلل الكربون في مشاريع معالجة مياه الصرف)
- توفير في تكاليف التركيب و التشغيل و الصيانة مقارنة مع الطريقة التقليدية أي أنظمة الصرف المركزية .
- طريقة معروفة و مقبولة و تتكيف بشكل تام مع الظروف المحلية اجتماعيا و اقتصاديا و بيئيا .
- سهولة التشغيل و الصيانة مقارنة مع التكنولوجيا المركزية في المعالجة.
-



الشكل (٣٤) الإدارة و المعالجة المستدامة للمياه الملوثة ضمن التجمعات الصغيرة

المراجع العلمية

1 - Medcalf & Eddy « Wastewater Engineering » INC , USA 1991

2 - C.Ron & T.G eorge « Small and Decentralized Wastewater Management Systems USA 1998 .

3 - J.Sorab Arceivala «Simple Methods for Wastewater treatment » Turkia 1973

4 - G.K.Santosh G.rajes hwavi « Sweage Disposal » India 1995

5 - Holger Gulyas, Deepak Raj Gajurel, Ralf Otterpohl. " RESOURCE MANAGEMENT SANITATION" HAMBURG UNIVERSITY. 2007

6 - US-EPA. " Voluntary National Guidelines for Management of Onsite and Clustered (Decentralized) Wastewater Treatment Systems", 2003

7 - Todd M. Doley and Waldon R. "Individual Homeowner & Small Community Wastewater Treatment & Disposal Options" USA 1996

8 - "Decentralised and sustainable wastewater management", Ministry of Environment, Germany, 2006

9 - Ruth E Weiner Robin A. Matthews. " ENVIRONMENTAL ENGINEERING", Fourth Edition USA 2003

10- Eric S. Winkler. "INNOVATIVE AND ALTERNATIVE ON SITE WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES HANDBOOK". USA 2000

11 - NATURGERECHTE TECHNOLOGIEN. " DECENTRALISED WASTEWATER TREATMENT METHODS FOR DEVELOPING COUNTRIES". GERMANY, 2001

12 - د.م أحمد فيصل الأصفري " منظومات الصرف الصحي ومعالجة مياه المجاري " 1997 .

13 - د.م أحمد فيصل الأصفري " الهندسة الصحية "جامعة حلب 1997.

14 - الكود المصري « الجزء الثاني » عمليات معالجة مياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة 1997 .

15 - د.م صادق العدوي (النظم الهندسية لمياه الصرف الصحي) 1985