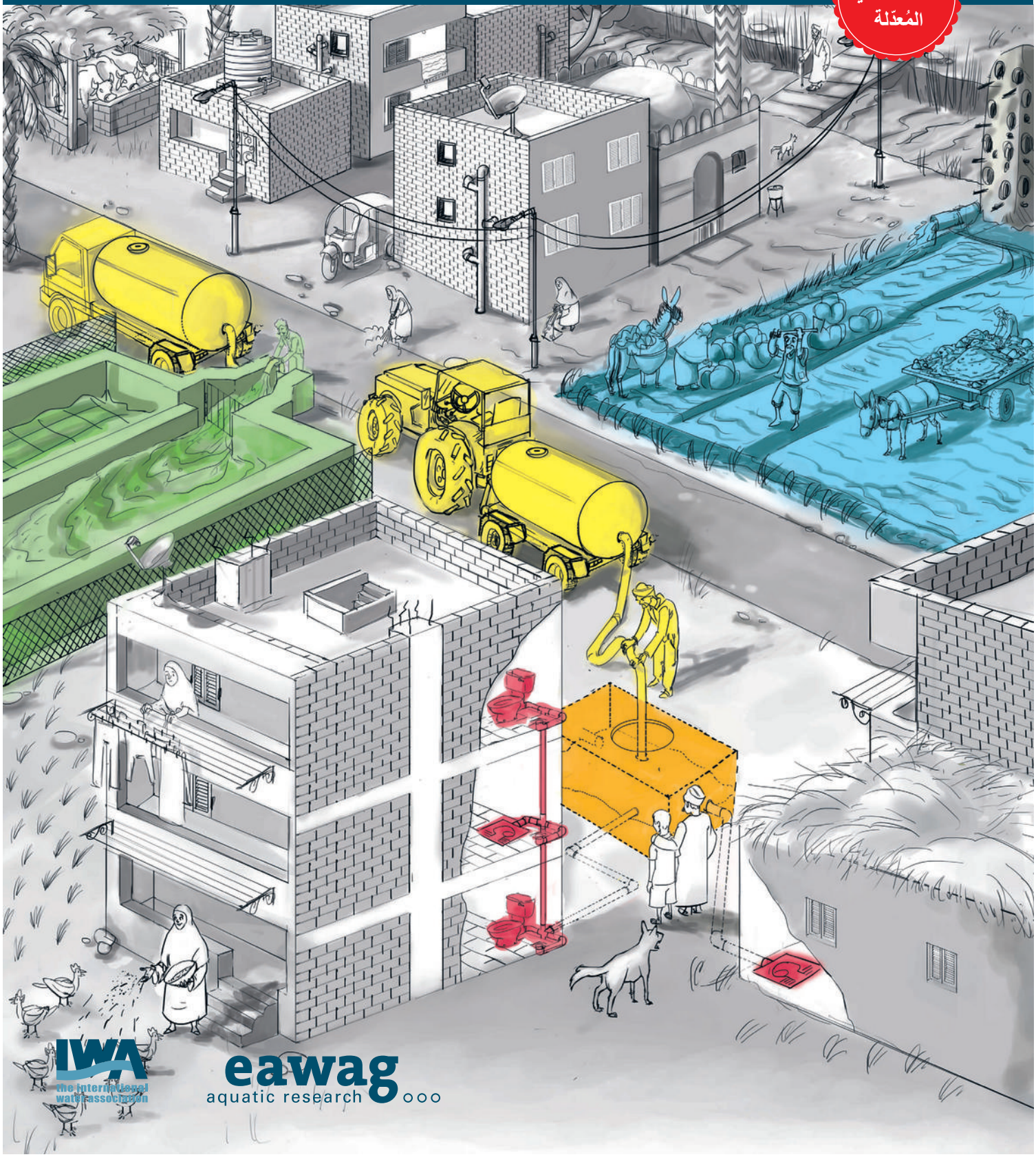
نُـــظم وتقنيـــات الصرف الصحي

ترجمة
النسخة الثانية
المُعدّلة



IWA
the international water association

eawag
aquatic research

نُظم وتقنيات الصرف الصحي

ترجمة الطبعة الثانية المُعدَّلة

إعداد:

Elizabeth Tilley, Lukas Ulrich, Christoph Lüthi,
Philippe Reymond, Roland Schertenleib and Christian Zurbrügg

يوجه المؤلفون شُكرهم الخاص إلى:
Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA) ائتلاف الصرف الصحي المُستدام
International Water Association (IWA) المجموعات المُتخصصة للجمعية الدولية للمياه

ونَود أن نشكر الأفراد التاليين لمساهماتهم وتعليقاتهم:
Magalie Bassan, Chris Canaday, Pierre-Henri Dodane, Jan-Olof Drangert,
Andrin Fink, Roman Grüter, Heino Güllemann, Heike Hoffmann,
Elisabeth Kvarnström, Christian Riu Lohri, Antoine Morel, Peter Morgan,
Eberhard Morgenroth, Elisabeth von Münch, Sara Oppenheimer, Jonathan Parkinson,
Eddy Perez, Annette Remmele, Samuel Renggli, Christian Rieck, David Robbins,
Roland Schertenleib, Anjali Sherpa, Mingma Sherpa, Hansruedi Siegrist,
Dorothee Spuhler, Linda Strande, Gabor Szanto, Kai Udert, Björn Vinnerås,
Carolien van der Voorden, Nanchoz Zimmermann

كما نعترف بالدعم المقدم من:
The Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) الوكالة السويسرية للتنمية والتعاون

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development and Cooperation SDC

ترجمة وتعريب: مؤسسة بناء BENAA Foundation
ضمن إطار مشروع
المركز الدولي لخدمات إدارة المياه في الشرق الأوسط Cewas Middle East

BENAA Foundation

cewas middle east
الكفاءة العملية في الإدارة المستدامة للمياه والصرف الصحي
business competence in water, sanitation and resource management

تمهيد

Christian Zurbrügg
Eawag

Jonathan Parkinson
IWA

ممـا لا جِـدال فيـه أن الصـرف الصحـي عُنصر أساسـي للتنمية المسـتدامة، ويؤثر بشـكل كبير علـى صحـة الناس وسـلامتهم في جميع أنحـاء العالم، وقد بَذَلَـت الجمعية الدوليـة للمياه (IWA)، والمجلـس التعاونـي لإمدادات المياه والصرف الصحـي (WSSCC) بالتعاون مع المعهد الفيدرالي السويسـري لعلـوم وتقنيـات الميـاه (Eawag) جُهـودًا كبيرة لتعزيـز خدمات الصـرف الصحي المُحَسَّـنة، مـن خـلال توفير قاعـدة مَعرفيـة يُمكن الوصـول إليها بسـهولة، وكذلـك توفير دليل إرشـادي عـن كيفية تحقيق هذه التحسـينات. ونحـن من خلال العمل المُشـترك في إطـار مُبادرة الصـرف الصحـي فـي المناطـق الحَضريـة نُواصـل تشـجيع الابتـكار، ونشـر المعلومات عن المجموعـات الكاملـة لتقنيات الصرف الصحي، وكذلك بِنَاء قُدرات المُمَارسـين الذين يسـتخدمون هـذه المعلومات.

وقـد قَطَـع الكتـاب الأول الـذي أنتجه المعهـد الفيدرالي السويسـري لعلـوم وتقنيات المياه (قسـم الصـرف الصحـي والميـاه والمخلفات الصلبة مـن أجل التنميـة Sandec)، والمجلـس التعاوني لإمـدادات المياه والصرف الصحي (WSSCC) سـنة 2008 شـوطًا كبيرًا لبُلـوغ هذا الهدف. فهو يُوفـر المعرفـة اللازمة التـي تَخُص مجموعـة كبيرة من تقنيـات الصرف الصحـي، دون وجود أي تحيُّـزٍ و/أوعمـلٍ لخدمـة مصالح خاصة. وقد سـاعد على زيادة الوعي بأن "سلسـلة" الصرف الصحـي التـي تعمل بشـكل متكامل يجب أن تربط المراحيض بمُنشـأة المعالجـة عن طريق نظام تشـغيلي للتجميـع والنقـل، وقـدَّم أيضًا خِيـارات لاسـترجاع المـوارد وإعادة الاسـتخدام، كهدف ضـروري للإدارة المُسـتدامة للفضلات.

وفـي السـنوات الأخيـرة أصبـح هذا الكتـاب أشـهر مَجْمَـع تِقَنِي في قِطـاع الصـرف الصحي، ويلاقـي قَبـولًا واسـعًا ومشـهودًا لـه، كأداة مَرجعيـة دوليـة لدى جمهـور عريض. هـذه الطبعة الثانيـة المُوسـعة تُوفـر تَحديثـات وتُقَـدِّم معلومات عـن مجموعة جديـدة من التقنيات، وسـتكون مَصـدراً مهمًـا لأصحاب الشـأن والجهات المَعنية في عمليـة التخطيط لاتخاذ القرار، أما النسـخة الإلكترونيـة للكتـاب (ecompendium.sswm.info) فتُتِيـح الوصـول للمعلومات بشـكل أفضل عبـر الانترنت، كمـا تضمن مُرونة الإسـتخدام وتُسـهّل عمليـة التحديث.

و أخيـرًا، نُؤمـن بأن جهودنا المُشـتركة والمسـتمرة سَتُسـاعد على ضمان تحقيق أهـداف التنمية المسـتدامة، التي تتعلق بالصرف الصحي وأيضًا تلك المُتعلقة بالصحة والمياه والاسـتدامة البيئية.

مُحتويات الكتاب

المُقدمة **7**
الخَلفية والفئة المُستهدفة 7
ما الجديد في الإصدار الثاني؟ 7
مُحتويات الكتاب واستخداماته 7

أدوات مُكَمِّلة لتطوير قطاع الصرف الصحي **8**

مُصطلحات الكتاب **10**
أنظمة الصرف الصحي 10
المُنتجات 10
المجموعات الوظيفية 12
تقنيات الصرف الصحي 13

الجزء الأول: نماذج الأنظمة **15**

استخدام نماذج الأنظمة **16**

النظام 1: نظام الحُفرة الواحدة 20
النظام 2: نظام الحُفرة الجافة بدون إنتاج حمأة 22
النظام 3: نظام الدفْق بالصب بدون إنتاج حمأة 24
النظام 4: نظام جاف مع فصل البول 26
النظام 5: نظام الغاز الحيوي 28
النظام 6: نظام مُعالجة المياه السوداء مع التصريف 30
النظام 7: نظام مُعالجة المياه السوداء مع نقل التدفقات السائلة الخارجة 32
النظام 8: نظام نقل المياه السوداء إلى المُعالجة (شبه) المركزية 34
النظام 9: نظام شبكة الصرف الصحي مع فصل البول 36

الجزء الثاني: المجموعات الوظيفية مع ملفات معلومات التقنيات **39**

قراءة ملفات معلومات التقنيات **40**

و واجهة المُستخدم **42**
و.1 المِرحاض الجاف 44
و.2 المِرحاض الجاف الفاصل للبول 46
و.3 المبولة 48
و.4 مِرحاض الدفْق بالصب 50
و.5 مِرحاض الدفْق بالسيفون 52
و.6 مِرحاض الدفْق الفاصل للبول 54

ج الجمع والتخزين/المُعالجة **56**
ج.1 خزَّان البول 58
ج.2 الحُفرة الواحدة 60
ج.3 الحُفرة الواحدة المُطورة المُهواة 62
ج.4 الحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة 64

ج.5 حُفرة ألتِرنا 66
ج.6 حُفر التصريف المُزدوجة 68
ج.7 حُجرات التجفيف 70
ج.8 غُرفة إعداد السماد 72
ج.9 خزَّان التحليل (التخمير) 74
ج.10 المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز 76
ج.11 المُرشح اللاهوائي 78
ج.12 مُفاعل الغاز الحيوي 80

ن النقل 82
ن.1 جركن/عبوة 84
ن.2 التفريغ والنقل بواسطة المجهود البشري 86
ن.3 التفريغ والنقل بواسطة المُحركات 88
ن.4 شبكة الصرف الصحي البسيطة 90
ن.5 شبكة الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة 92
ن.6 شبكة الصرف الصحي التقليدية بقوة الجاذبية 94
ن.7 محطة النقل (خزَّان حاوي تحت الأرض) 96

م المُعالجة (شبه) المركزية 98
تقنيات المُعالجة الأولية 100
م.1 حَوْض الترسيب 102
م.2 حَوْض إمْهُوف 104
م.3 المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز 106
م.4 المُرشح اللاهوائي 108
م.5 بِرَك تثبيت المخلفات السائلة (الأكسدة) 110
م.6 البِركة المُهواة 112
م.7 الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي السطحي 114
م.8 الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي المغمور 116
م.9 الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الرأسي 118
م.10 مُرشح بالتنقيط 120
م.11 مُفاعل التدفق العلوي اللاهوائى عبر طبقة الحمأة 122
م.12 الحمأة المُنشطة 124
م.13 بِرَك الترسيب/التكثيف 126
م.14 أحواض التجفيف غير المزروعة 128
م.15 أحواض التجفيف المزروعة 130
م.16 إعداد السماد مع إضافة المواد العضوية 132
م.17 مُفاعل الغاز الحيوي 134
المُعالجة اللاحقة: الترشيح الثلاثي والتطهير 136

س الاستخدام و/أو التخلص 138
س.1 الملء والتغطية / أربورلو 140
س.2 استخدام البول المُخزَّن 142
س.3 استخدام البُراز المُجفف 144
س.4 استخدام دُبال الحُفرة والسماد العضوي 146

س.5 استخدام الحماة 148
س.6 الري 150
س.7 حُفرة الامتصاص 152
س.8 حقل التصريف الشبكي 154
س.9 البُحيرة السمكية 156
س.10 بِركة النباتات العائمة (الطَّافِية) 158
س.11 إعادة شحن المياه الجوفية / التَخلُّص من المياه 160
س.12 التَخلُّص السطحي والتخزين 162
س.13 إحراق الغاز الحيوي 164

تقنيات الصرف الصحي الناشئة 166

قاموس المصطلحات 170

المُقَدِّمَة

الخلفية والفئة المُستهدفة

تم نشر كتاب «نُظم وتقنيات الصرف الصحي» لأول مرة في عام 2008 خلال العام الدولي للصرف الصحي، ومُنذ ذلك الحين تمت ترجمته إلى عدة لغات، وتوزيع نسخته الإلكترونية من قِبَل مُختلف المُؤسسات المَعنية بهذا المجال. وتَكْمُن شعبية هذا الكتاب في الإيجاز والهيكلة، وتقديم مجموعة واسعة من المعلومات عن تقنيات مُجرَّبة ومُختبرة في وثيقة واحدة. كما في الطبعة الأولى، لم يتم اعتبار تقنيات الصرف الصحي التي في قيد التطوير والإنشاء أو النماذج الأولية. بل تم إدراج فقط تقنيات الصرف الصحي "المُحسَّنة"، والتي تُوفر الصرف الصحي الآمن والصحي و السَهْل المَنال. وتم إدراج - مثل الطبعة الأولى - مجموعة كاملة من التقنيات الحَضرية، وشبه الحَضرية، والريفية، والنائية (على سبيل المثال، من تقنية الحفرة الواحدة إلى شبكات الصرف الصحي التقليدية).

يُعدُّ هذا الكتاب وثيقة توجيهية للمهندسين والمُخططين في البُلدان مُنخفضة ومُتوسطة الدخل، ويَهدُف في المقام الأول لاستخدامه في عمليات التخطيط بالمشاركة المُجتمعية. وهو مُعد أيضًا للأشخاص والخُبراء الذين لديهم معرفة مُفصَّلة حول أحدث التقنيات التقليدية المُتطورة، ويحتاجون معلومات عن البِنَيَة التَحتيَّة وتكوينات النُظم المُختلفة. وليس المقصود اعتباره كوثيقة قائمة بذاتها للمهندسين ومُتخذي القرار في المُجتمع.

ما هو الجديد في الطبعة الثانية المُعدَّلة؟

يحتوي الكتاب في طبعته الثانية المُعدَّلة على المزيد من المحتوى والعروض:

1. الإرشاد المُبسط للمُستخدم.
2. يُقدِّم المُواصفات التقنية المُعدَّلة مع مراجع حديثة وتحسين الرسوم التوضيحية استنادًا إلى ملاحظات من قِبَل خُبراء القِطَاع المشهورين، ومع الأخذ بِعَيْن الاعتبار، التطورات الرئيسية في القطاع خلال السنوات الست الماضية.
3. يُقدِّم عرضًا مُبسطًا وأكثر تفصيلًا للمُنتجات "المُدخلات و المُخرجات" التي تُوضِّح مدى التوافق بين التقنيات.
4. يُقدِّم خمسة ملفات تقنية جديدة، وكذلك قسم خاص بالتقنيات الناشئة.
5. وأضاف نظام صرف صحي جديد، "نظام 5: نظام الغاز الحيوي"

مُحتويات الكتاب واستخداماته

مثل الطبعة الأولى، ينقسم هذا الكتاب إلى قسمين: (1) **نماذج الأنظمة** وشرح كيفية استخدامها، و (2) **ملفات معلومات التقنيات**.

من المُستحسن أن يقوم مُستخدم هذا الكتاب أولًا بالاطلاع على الأقسام: "مصطلحات الكتاب" (ص. 10-13) و"استخدام نماذج الأنظمة" (ص. 16-19)، ليُصبح أكثر معرفة بالمُصطلحات الأساسية، وبِنيَة نماذج الأنظمة ومُكوناتها. بعد ذلك، يُمكن للمُستخدم التنقُّل بين نماذج الأنظمة وملفات معلومات التقنيات (المُشار إليها) حتى يستطيع تحديد الأنظمة و/أو التقنيات المناسبة، ومن ثم يقوم بمزيد من الدراسة لها. في النهاية، يجب أن يكون المُستخدم قادرًا على تكوين واحدًا أو أكثر من النُظم على أن يُقدِّمه إلى مجتمع منطقة التدخل، وعقب اقتراحات المجتمع، يمكن استخدام الكتاب لإعادة تقييم وإعادة تصميم النظم وفقًا لذلك.

ويُعَدُّ هذا الكتاب وثيقة واحدة فى هذا المجال؛ لتسهيل اتخاذ القرارات المُستنيرة من الجهات المَعنية المختلفة؛ لتحسين الخدمات البيئية المتعلقة بالصرف الصحى. ويجب أن يُستخدم جنبًا إلى جنب مع المنشورات والأدوات الأخرى المُتاحة. ونقدم لمحة عامة عن أدوات تطوير قطاع الصرف الصحي المُكَمِّلَة لهذا الكتاب في الصفحتين التاليتين.

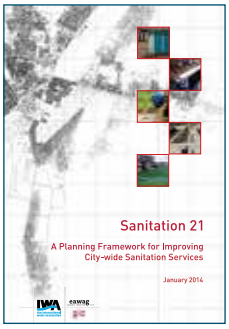
في السنوات القليلة الماضية، تم نشر عدد من الوثائق التي تُكمِّل هذا العمل، وتُضيف إلى المجموعة المتزايدة من المراجع والإرشادات العملية للتقنيات المستدامة. وفيما يلي استعراضًا لبعضها :

Community-Led Urban Environmental Sanitation: CLUES
Complete Guidelines for Decision Makers with 30 Tools

تُقدم وثيقة القيادة المجتمعية للصرف الصحي البيئي في المدن CLUES مجموعة كاملة من الإرشادات لتخطيط الصرف الصحي في المناطق الحضرية ذات الدخل المنخفض. وهو أحدث إطار تخطيطي لتسهيل عملية تقديم خدمات الصرف الصحي البيئي للمجتمعات الحضرية وشبه الحضرية. ويقدم CLUES سبع خطوات سهلة الاتباع، حيث يتم تنفيذها وفقًا لترتيب تسلسلي محدد. وتعتمد الخطوة الخامسة في نهج التخطيط على كتاب نُظم وتقنيات الصرف الصحي، بتطبيق نهج "الأنظمة" لتحديد أنسب خيار تقني (أو عدة خيارات تقنية) لسياق حضري معين. وتُقدم هذه الوثيقة أيضًا توجيهات بشأن كيفية تعزيز البيئة المواتية من أجل تخطيط الصرف الصحي في المناطق الحضرية.

إعداد: Lüthi, C., Morel, A., Tilley, E. and Ulrich, L. (2011). Eawag (Sandec), WSSCC, UN-HABITAT.

النسخة الإلكترونية المجانية منه (باللغة الإنجليزية) مُتاحة على هذا الرابط: www.sandec.ch/clues



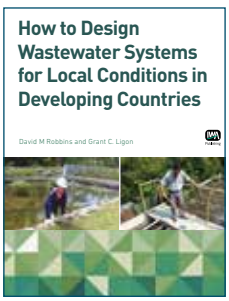
Sanitation 21

A Planning Framework for Improving City-wide Sanitation Services

تعرض وثيقة الصرف الصحي 21 إطارًا تخطيطًا مُعترف به دوليًا، مبني على المبادئ الأساسية لتخطيط الصرف الصحي، والإرشادات الموصى بها لهذه العملية. تم إعداد وثيقة الصرف الصحي 21 -بناءً على الخبرة العملية وأفضل الممارسات- لتجمع القرارات حول التقنية، وخيارات الإدارة، مع احتياجات وتفضيلات الجهات المعنية، للمساعدة في اختيار نظم الصرف الصحي المُلائمة. وهي مكتوبة بلغة بسيطة -غير فنية- لتكون مناسبة لواضعي السياسات والممارسين؛ الذين يرغبون في تقديم خدمات صرف صحي ملائمة وفي متناول اليد. كما تعرض الأنشطة الموصى بها لتوجيه عملية تطوير مخططات الصرف الصحي للمدن. هذه النُسخة المُعدَّلة لإطار الصرف الصحي 21 مبنية على الزيادة في المعرفة والخبرات في التخطيط على مستوى المدن.

إعداد: Parkinson, J., Lüthi, C. and Walther, D. (2014). IWA, GIZ, Eawag (Sandec).

النسخة الإلكترونية المجانية منه (باللغة الإنجليزية) مُتاحة على هذه الروابط: www.iwahq.org و www.sandec.ch



How to Design Wastewater Systems for Local Conditions in Developing Countries

يوفر هذا الدليل الإرشادات الخاصة بتصميم أنظمة مياه الصرف وفقًا لظروف الدول النامية. ويُعزز نهج السياق المُحدَّد من أجل اختيار التقنية، عن طريق توجيه المستخدمين لاختيار التقنية الأكثر مُلاءمة لمنطقتهم. كما يُقدم الأدوات والتوجيهات الميدانية لتوصيف المصدر وتقييم الموقع، بالإضافة إلى اختيار وتحديد التقنية.

يخاطب هذا الدليل الإرشادي في المقام الأول: القطاعات الخاصة والعامة من مزودي الخدمة، والمنظمين، والمهندسين، ومتخصصي التنمية المسئولين عن تنفيذ أنظمة مياه الصرف الصحي.

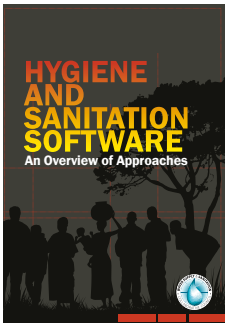
إعداد: Robbins, D. M. and Ligon, G. C. (2014). أحد منشورات IWA

Faecal Sludge Management

Systems Approach for Implementation and Operation

هـذا الكتـاب هـو أول مرجـع يجمـع كل المعرفة المتوفـرة حاليًا فـي إدارة حمأة ميـاه المجاري. ويشـير إلـى المنظومـة الكاملة لسلسـلة خدمـات إدارة حمأة مياه المجـاري، ليشـمل: جمع ونقل الحمـأة، وجميـع خيارات المُعالجة، والاسـتخدام النهائـي أو التخلص من الحمـأة المُعالَجَة. ويقدم نهجًـا متكامـلًا يجمع بين التقنيـة، والإدارة، والتخطيط، بناءً على خبـرة Sandec في هذا المجال علـى مـدار 20 عامًـا. ويناقش أيضًـا العوامل المهمـة التي ينبغـي أن تؤخذ بعيـن الاعتبار عند التقييـم والتوسـع فـي الخيـارات الجديدة لتقنيـات المعالجـة. صُمم هـذا الكتاب لطلبـة الجامعات والدراسـات العليا، والمهندسـين، والممارسـين في هذا المجال؛ الذين لديهم المعرفة الأساسـية في الهندسـة البيئية و/أو الهندسـة الصحية.

إعداد: Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). IWA Publishing
النسخة الإلكترونية المجانية منه (باللغة الإنجليزية) مُتاحة على هذا الرابط:www.sandec.ch



Hygiene and Sanitation Software – An Overview of Approaches

تُسـتخدم أسـاليب عديـدة فـي تقديـم الخدمـات والبرامج الخاصـة بالصـرف الصحـي والنظافة الصحيـة؛ لإشـراك الفئات المسـتهدفة من برامج التنمية مـن أجل إحداث التغيرات السـلوكية، و/ أو خلـق الطلـب علـى الخدمات. ويطلـق على هذه الأسـاليب أو المناهج بشـكل عـام "المهارات Software"، وذلـك لتمييز هـا عن تقديم "الأدوات Hardware". ويُلقِي هذا المنشـور نظرة عميقة علـى الأسـاليب المختلفة لمهـارات النظافة الصحية والصـرف الصحي التي انتشـرت على مدار السـنوات الأربعين الماضيـة، في مختلف المناطق الحضرية، وشـبه الحضرية، والريفية؛ ويهدف إلـى مناقشـة العديد من المسـائل مثل: الغايـة من تصميم نهج معيـن، وما يتضمنـه فعليًا، ومكان وزمـان اسـتخدامه، وكيفيـه تنفيذه، وتكلفتـه ... إلى آخره. ولقد تـم تطوير هذا المنشـور كمُرَافِق لكتـاب نُظم وتقنيات الصـرف الصحي.

إعداد: Peal, A., Evans, B. and van der Voorden, C. (2010). WSSCC
النسـخة الإلكترونيـة المجانيـة منـه (باللغـة الإنجليزيـة) مُتاحـة علـى هـذه الروابـط: www.sandec.ch www.wsscc.org

مصادر إضافية على الإنترنت

توفـر الأدوات التاليـة المتاحـة علـى الإنترنـت توجيهـات مفيدة، ومصـادر قابلة للتحميـل تُكمِّل الوثائـق المذكـورة بالأعلى.

eCompendium

النسـخة الإلكترونيـة من كتاب نُظـم وتقنيات الصرف الصحي، وهي تُعتبر مصدرًا رقميًا مسـتقلًا بذاتهـا، مبنـي علـى نُظم الصـرف الصحـي المختلفة والتقنيـات السـبع والخمسـين المطروحة. تسـمح هذه النسـخة الإلكترونية بسـهولة التحديث، والمرونة في الاسـتخدام، بواسـطة مجموعات المسـتخدمين المختلفـة. بالإضافة إلى كونهـا جزءًا متكاملًا مـن حزمة أدوات الإدارة المسـتدامة للميـاه والصرف الصحـي SSWM Toolbox.

مُتاحة على هذا الرابط: www.sandec.ch/ecompendium

Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox

حزمـة أدوات الإدارة المسـتدامة للمياه والصرف الصحي SSWM Toolbox هي الأكثر شـمولية لمجموعـات الأدوات والنُهُـج المتاحـة في هذا المجـال؛ حيث تجمع أدوات التخطيـط والمهارات، وتربطهم بالمنشـورات، والمقالات، والروابط الإلكترونية، والدراسات الميدانية، وأدوات التدريب.

مُتاحة على هذا الرابط: www.sswm.info

مُصطلحات الكتاب

أنظِمة الصرف الصحي

يُعرَّف الصرف الصحي في سياق هذا الكتاب بأنَّه عملية مُتعدّدة الخطوات تتم فيها إدارة فضلات الإنسان ومياه الصرف من المنبع إلى نقطة الاستخدام أو حتى عملية التخلُّص النهائي. **ونظام الصرف الصحي** هو سلسلة مُتتابعة من تقنيات وخدمات إدارة هذه المخلفات (أو الموارد)؛ بعبارة أخرى: جمع المخلفات، وتخزينها، ونقلها، وتحويلها إلى شكل آخر، واستخدامها أو التخلص منها. يتألَّف نظام الصرف الصحي من **المُنتجات** (المُخلفات) التي تنتقل عبر عدة **مجموعات وظيفية** تحتوي على تقنيات يُمكن اختيارها وفقًا للسياق. **فيُمكن للمرء أن يقوم بتصميم نظام منطقي للصرف الصحي، عن طريق اختيار التقنية المناسبة من إحدى المجموعات الوظيفية التطبيقية، للتعامل مع كل نوع من المخلّفات**. ويشمل نظام الصرف الصحي أيضًا عمليات الإدارة والتشغيل والصيانة المطلوبة للتأكُّد من أنَّ جميع وظائف النظام تعمل بشكل آمن ومُستدام.

نموذج النظام هو عبارة عن مجموعة من التقنيات المتوافقة التي يُمكن استخدامها لتصميم نظام صرف صحي متكامل. في الجزء الأول من هذا الكتاب تم شرح تِسعة نماذج مُختلفة لأنظمة الصرف الصحي. ويُوجد شرح مُفصَّل لتوضيح كيفية عمل واستخدام كل نموذج من تلك النماذج في فصل خاص بعنوان "استخدام نماذج الأنظمة" في الصفحات من 16 إلى 19.

المُنتجات Products

ويطلق عليها أيضًا "المُخلفات" أو "الموارد". تُنتج بعض المنتجات مباشرةً عن طريق البشر (مثل البول والبُراز)؛ وهناك مُنتجات أخرى مطلوبة في تشغيل بعض التقنيات مثل مياه الدفْق (أوالسيفون أو صندوق طرد) لنقل فضلات الجسم عبر شبكات الصرف الصحي، وبعضها ينشأ كناتج للتخزين أو المعالجة (مثل الحمأة).

ولتصميم نظام صرف صحي سليم، فمن الضروري تحديد جميع المُنتجات التي تُمثل المُدخلات والمُخرجات لكل التقنيات في نظام الصرف الصحي. ويأتي وصف المنتجات المُستخدمة في هذا الكتاب كالتالي.

مياه تنظيف الشرج Anal Cleansing Water هي المياه المُستخدمة للتنظيف الذاتي بعد قضاء الحاجة (التغوط) و/أو التبول. و هي تنشأ عن مستخدمي المياه، بدلًا من المواد الجافة لتنظيف الشرج، ويتراوح حجم المياه المُستخدمة في التنظيف عادة من 0.5 إلى 3 لترات.

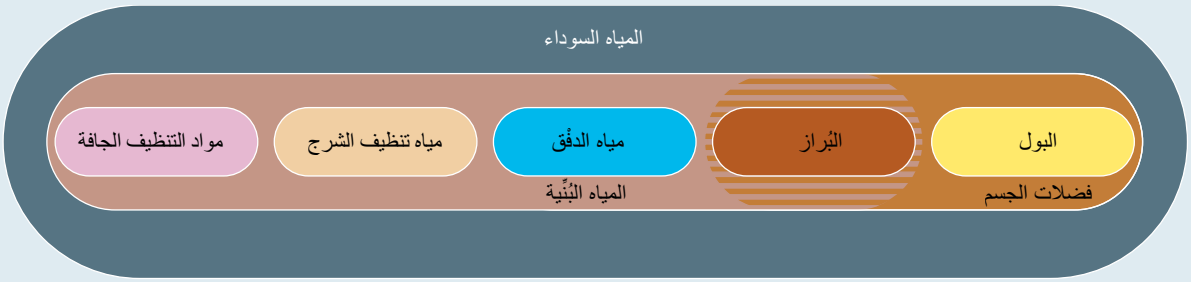
الغاز الحيوي Biogas هو الاسم الشائع لمزيج من الغازات المنبعثة من عملية الهضم اللاهوائي Anaerobic digestion. ويتكون الغاز الحيوي من الميثان بنسبة 50-75%، وثاني أكسيد الكربون بنسبة 25-50% بالإضافة إلى كميات متفاوتة من النيتروجين وكبريتيد الهيدروجين وبخار الماء وغيرهم من العناصر. والغاز الحيوي يُمكِن جَمعهُ وإحراقه كوقود (مثل البروبان).

الكتلة الحيوية Biomass تُشير إلى النباتات او الحيوانات التي تستخدم المياه و/أو المغذيات التي تُنتَج عن نظام الصرف الصحي. ويُمكن أن يشمل مُصطلح الكتلة الحيوية: الأسماك، أو الحشرات، أو الخضروات، أو الفاكهة، أو الأعلاف، أو المحاصيل المُفيدة الأخرى التي يُمكن استخدامها للغذاء، والأعلاف، وإنتاج الألياف، والوقود الحيوي.

المياه السوداء Blackwater هو خليط من البول والبُراز ومياه الدفق (أو السيفون أو صندوق الطرد) إلى جانب مياه تنظيف الشرج و/أومواد التنظيف الجافة (انظر الشكل رقم 1). وتحتوي المياه السوداء على مُسبِّبات الأمراض من البُراز، و المغذيات من البول المخففين بواسطة مياه الدفْق.

المياه البُنِّية Brownwater هو خليط من البُراز ومياه الدفْق دون البول. وينتج هذا الخليط عند استخدام مراحيض الدفْق الفاصلة للبول (انظر: و.6) وبالتالي فإن حجم المياه البُنِّية يعتمد بشكل رئيسي على حجم مياه الدفْق المُستخدمة، ولا يتم خفض كمية المواد العضوية ومُسببات الأمراض من البُراز، ولكن يتم تخفيفهما فقط بمياه الدفْق. ويُمكن أيضًا أن تشمل المياه البُنِّية على مياه تنظيف الشَّرَج و/أو مواد التنظيف الجافَّة (انظرالشكل رقم 1).

السماد العضوي Compost هي مواد تنتج عن عملية التحلل الهوائي المُحكمة للمخلفات العضوية. وفي هذه العملية البيولوجية، تقوم الكائنات الحية الدقيقة (وبصفة أساسية: البكتيريا والفطريات) بتحليل المخلفات العضوية القابلة للتحلل إلى مواد شبيهة بالتربة عديمة الرائحة، ولونها بني أو أسود. السماد العضوي لديه مميزات عالية لتحسين جودة التربة، بالإضافة إلى احتوائه على العديد من العناصر المُغذِّية. ولكن بسبب الرشح والتطاير لبعض العناصر، فإنَّ



شكل 1 : تعريف فضلات الجسم، والمياه البُنيّة، والمياه السوداء

بعض المغذيات يُمكن أن تُفقد، ولكن لا يزال السماد العضوي غني بالمُغذيات والمواد العضوية. وبشكلٍ عام، يجب أن يتم تحويل فضلات الجسم أو الحمأة إلى سماد خلال فترة كافية (من 2 إلى 4 أشهر) في ظل ظروف حرارة من 55 إلى 60 درجة مئوية، حتى تكون مُعقمة بما فيه الكفاية للاستخدام الزراعي الآمن؛ وهذه الحرارة غير مضمونة في معظم غُرف إعداد السماد (أنظر: ج.8)، ولكن من الممكن تخفيض مسببات الأمراض بدرجة كبيرة.

البُراز المُجفف Dried Faeces هو البُراز الذي نُزِعَت منه المياه حتى أصبح مادة جافة ومُفتتة. يتم نزع المياه عن طريق تخزين البُراز في بيئة جافة وجيدة التهوية في درجات حرارة مرتفعة و/أو وجود مواد ماصة للمياه. يحدث تحلل طفيف جدًّا خلال عملية التجفيف، وهذا يعني أن البُراز المُجفف لا يزال غنيًّا بالمواد العضوية. ومع ذلك فإن حجم البُراز يقل بنسبة 75%، ويتم القضاء على مُعظَم مُسببات الأمراض أثناء عملية التجفيف. وهناك احتمال ضئيل بأن تستعيد بعض الكائنات المسببة للأمراض نشاطها إذا أُتيحت لها الظُروف المناسبة، خصوصًا في البيئات الرطبة.

مواد التنظيف الجافة Dry Cleansing Materials هي المواد الصلبة المُستخدمة للتنظيف الذاتي بعد قضاء الحاجة (التغوط) و/أو التبول (على سبيل المثال: الورق، أو أوراق الأشجار، أو أكواز الذرة، أو قِطَع القماش، أو الحجارة). واعتمادًا على النظام المُتاح فإنَّ مواد التنظيف الجافَّة يُمكن جَمعها والتخلُّص منها بشكل منفصل. لم يتم تضمين -على الرغم من أهميته البالغة- اسم مُنتج مُنفصل للمنتجات التي تستخدم للنظافة أثناء الطمث (الدورة الشهرية للنساء) مثل الفوط الصحية والسدادات القطنية (التامبون) في هذا الكتاب. وبشكل عام يجب التعامل معها كالنفايات المنزلية الصلبة.

التدفقات السائلة الخارجة Effluent هو مُصطلح عام يُطلق على السائل الذي يَنتج عن تقنيات المُعالجة، وذلك عادةً بعد خضوع المياه السوداء أو الحمأة لعملية فصل المواد الصلبة أو أي نوع آخر من المُعالجة. تنتج التدفقات السائلة الخارجة عن عملية الجمع والتخزين أو عن تقنيات المُعالجة النصف مركزية/المركزية. وعلى حسب نوع المُعالجة، فإن التدفقات السائلة الخارجة قد تكون مُعقمة تمامًا وصالحة للاستخدام أو التخلُّص النهائي منها، أو قد تتطلب مزيدًا من عمليات المُعالجة قبل ذلك.

فضلات الجسم Excreta تتكون من البول والبُراز غير المُختلط مع مياه الدفْق. و تكون فضلات الجسم صغيرة الحجم، ولكن تتركز فيها كل من المُغذيات ومُسببات الأمراض. واعتمادًا على نوعية البُراز، فقد تكون للفضلات درجة تماسك ولزوجة عالية أو منخفضة.

البُراز Faeces يُشير إلى الغائط (شبه الصلب) غير المُختلط مع البول أو الماء. واعتمادًا على النظام الغذائي فإن كل شخص ينتج ما يقرب من 50 لترًا سنويًا من البُراز. و يحتوي البراز الرطب في صورته الأولية عقب الإخراج على حوالي 80% من الماء. ومن ضمن كمية المُغذيات الكلية، يحتوي البُراز على حوالي 12% نيتروجين، و39% فوسفور، و26% بوتاسيوم، كما يحتوي على تركيز 107-109 من بكتيريا القولون البُرازية في كل 100 ملليلتر.

مياه الدفْق (أو مياه السيفون، أو مياه الطرد، أو مياه تنظيف المِرحاض) Flushwater هي المياه التي يتم تفريغها في واجهة المُستخدم لنقل محتواه و/أو تنظيفه. ويمكن استخدام المياه العذبة، أو مياه الأمطار، أو مياه الصرف الرمادية المُعاد تدويرها، كمصدر لمياه الدفْق أو مزج أي من الثلاثة معًا.

المياه الرمادية Greywater هي الحجم الكُلِّي للمياه الناتجة عن غسيل الخضراوات، والفاكهة، والملابس، والأطباق، وكذلك من الاستحمام، ولكن ليس من المراحيض. وقد تحتوي المياه الرمادية على نسبة قليلة جدًا من فضلات الجسم (على سبيل المثال: غسيل الحفاضات)، وبالتالي فإنها قد تحتوي على مُسببات الأمراض أيضًا. وتشمل المياه الرمادية حوالي 65% من مياه المجاري المُنتَجة في المنازل التي بها مراحيض الدفْق.

المواد العضوية Organics تُشير إلى المواد النباتية القابلة للتحلل (المُخلفات العضوية) والتي يجب أن تُضاف إلى بعض التقنيات لكي تعمل بشكل صحيح (على سبيل المثال:غُرف إعداد السماد انظر ج.8). وتشمل المواد العُضوية القابلة للتحلل -على سبيل المثال لا الحصر-: الأوراق والحشائش ومُخلفات السوق. وعلى الرغم من أن المنتجات الأخرى في هذا الكتاب تحتوي على المواد العضوية، فإنَّ مصطلح المواد العضوية هنا يُشير إلى المواد النباتية غير المهضومة.

الدُبال Pit Humus هو مصطلح يستخدم لوصف المواد الدُبالية الغنية بالمُغذيات والمُحسَّنة صحيًا، والتي تنتج عن تقنيات الحُفر المزدوجة (انظر ج.4-ج.6) وذلك عن طريق نزع المياه والتحلل. ويُشار إلى هذا المنتج الذي يشبه التربة *بالدُبال البيئي EcoHumus*، وهو مصطلح ابتكره الباحث الزمبابوي بيتر مورغان. ويمكن لعمليات التحلل الطبيعية المختلفة التي تحدث في الحُفر التبادلية أن تكون هوائية ولاهوائية على حد سواء في الطبيعة، وذلك حسب التقنية المستخدمة وظروف التشغيل. الفارق الرئيسي بين الدُبال والسماد العضوي، هو أن

عمليات التحلل في حالة الدُبال تكون طبيعية، بدون التحكم في التهوية والإمداد بالأكسجين؛ وكذلك يختلفان في نسبة الكربون إلى النتيروجين، والرطوبة، ودرجة الحرارة؛ لذلك، فإنَّ مُعدَّل الحد من العوامل المُسببة للأمراض -عمومًا- يكون أبطأ في حالة الدُبال. كما أن جودة المنتج يمكن أن تختلف إلى حد كبير، بما في ذلك المُغذيات و المواد العضوية. قد يبدو الدُبال مشابهًا جدًا للسماد العضوي، وله خصائص تحسينية جيدة للتربة، ولكنه قد يحتوي على مُسببات الأمراض.

مخلفات المُعالجة الأولية Pre-Treatment Products هي مواد يتم فصلها من المياه السوداء، أو المياه البُنِّية، أو المياه الرمادية، أو الحمأة في وحدات المعالجة الأولية، مثل المصافي، أو مصائد الشحوم، أو غرف حجز الحصى والرمال. (انظر المعالجة الأولية: صفحة رقم 100). هناك مواد مثل الدهون، والزيوت، والشحوم، والمواد الصلبة المُختلفة (مثل الرمال والأليياف والقمامة)، يمكنها أن تعيق عملية النقل و/أو كفاءة المعالجة، وذلك عن طريق التسبب في الانسدادات والتلف؛ لذلك فإن الإزالة المُبكرة لهذه المواد هو أمر ضروري لضمان استمرارية أي نظام صرف صحي.

الحمأة Sludge هي خليط من المواد الصلبة والسائلة، والتي تحتوي في الغالب على فضلات الجسم والمياه، إلى جانب الرمل و/أو الحصى، و/أو المعادن، و/أو القمامة، و/أو المركبات الكيميائية المختلفة. ويمكن تمييز حمأة مياه المجاري (أو حمأة مياه المجاري) Faecal Sludge عن حمأة محطة الصرف الصحي Wastewater Sludge بأن حمأة مياه المجاري تأتي من تقنيات الصرف الصحي في الموقع، أي لا يتم نقلها عن طريق شبكات الصرف الصحي. ويُمكن أن تكون على حالتها الأصلية أو تم هضمها جزئيًا، أو شبه سائلة، أو شبه صلبة، وهي تنتج عن عمليات التخزين أو المُعالجة، لفضلات الجسم أو المياه السوداء، التي تشمل -أو لا تشمل- المياه الرمادية. لمزيد من التفاصيل عن توصيف حمأة مياه المجاري يُرجى الرجوع إلى Strande et al., 2014 (انظر أدوات قطاع التنمية، صفحة 9). حمأة محطة الصرف الصحي هي الحمأة التي تنتج عن جمع مياه الصرف من شبكات الصرف الصحي، وعمليات المُعالجة (شبه) المركزية. ويتم تحديد نوع المُعالجة المطلوبة للحمأة وإمكانيات الاستخدام النهائي لها عن طريق تحليلها والتعرف على مكوناتها الأساسية.

البول المُخزَّن Stored Urine هو البول الذي تم تحلله مائيًا hydrolysed بشكل طبيعي مع مرور الوقت، أي أنَّه تم تحويل اليوريا عن طريق الإنزيمات إلى الأمونيا والبيكربونات. ولدى البول المُخزَّن درجة أس هيدروجيني pH تقريبًا 9. وحيث إن مُعظم مُسببات الأمراض لا يُمكنها البقاء على قيد الحياة عند هذه الدرجة من القلوية. وبعد 6 أشهر من التخزين يتقلّص خطر انتقال مسببات الأمراض إلى حد كبير.

مياه الأمطار Stormwater هو مصطلح عام لمياه الأمطار الجارية التي تُجمَع من أسطح المنازل والطرق والأسطح الأخرى قبل أن تصب في اتجاه الأراضي ذات المنسوب المنخفض. وهو الجزء من مياه الأمطار الذي لم يترشح في التربة.

البول Urine هو السائل الذي ينتجه جسم الإنسان للتخلص من اليوريا (البولة) وفضلات الجسم الأخرى. وفي هذا الكتاب، يُعتبر منتج البول صافٍ ولا يختلط مع البُراز أو الماء. اعتمادًا على النظام الغذائي للإنسان، فإنَّ البُول البشري الذي يُجمَع من شخص واحد خلال سنة واحدة يقدر بحوالي 300-550 لترًا، ويحتوي على 2-4 كجم من النيتروجين. ويكون البول مُعقَّمًا عندما يخرج من الجسم، باستثناء بعض الحالات النادرة.

المجموعات الوظيفية

المجموعة الوظيفية هي عبارة عن مجموعة من التقنيات التي لها وظائف مماثلة. وهناك خمس مجموعات وظيفية مختلفة، يمكن اختيار التقنيات منها لبناء نظام صرف صحي.
المجموعات الوظيفية الخمس هي:

و **واجهة المُستخدم** (تشمل التقنيات: و.1 - و.6): أحمر

ج **الجمع والتخزين/المعالجة**
(تشمل التقنيات: ج.1 - ج.12): برتقالي

ن **النقل** (تشمل التقنيات: ن.1 - ن.7): أصفر

م **المعالجة (شبه) المركزية** (تشمل التقنيات: المعالجة الأولية، م.1 - م.17، المعالجة اللاحقة):أخضر

س **الاستخدام و/أو التخلص**
(تشمل التقنيات: س.1 - س.13): أزرق

تتميز كل مجموعة وظيفية بلون معين، وتتماثل تقنيات كل مجموعة وظيفية في نفس الترميز اللوني حتى يسهل التعرف عليها، كما تم تحديد رمز مرجعي لكل تقنية في المجموعة الوظيفية مُكوَّن من حرف واحد ورقم؛ بحيث يتناسب الحرف مع المجموعة الوظيفية (مثلًا، يشير الحرف "و" إلى واجهة المُستخدم)، أما الأرقام فتترتب من الأدنى إلى الأعلى؛ حيث تشير إلى متطلبات الموارد (أي: التكلفة الاقتصادية، وتوافر الأدوات، والموارد البشرية) التي تحتاجها كل تقنية مقارنةً بالتقنيات الأخرى ضمن المجموعة الواحدة.

و واجهـة المُسـتخدم (و) تصـف نوع المِرحـاض، أو قاعدة المِرحـاض، أو البلاطـة الأرضيـة، أو المبولـة، التـي يتعامل معهـا المسـتخدم؛ حيث تُعبِّر عـن الطرق التي يُمكن للمسـتخدم مـن خلالهـا الوصـول إلى نظام الصـرف الصحـي. وفي كثير مـن الحالات، فـإن اختيار واجهة المُسـتخدم يعتمـد على توافر الميـاه. وتجدر الإشـارة إلـى أن المياه الرماديـة ومياه الأمطار لا تُنتَـج فـي واجهة المُسـتخدم، ولكـن يمكن علاجهـا جنبًا إلى جنـب مع المنتجـات التي تَنتُـج عنها.

ج الجمـع والتخزين/المُعالجـة (ج) تصـف طـرق الجمـع، والتخزيـن، وأحيانًـا المعالجـة للمنتجات التي تَنتُـج عن واجهة المُسـتخدم. تتم المُعالجـة التي تقدمها هذه التقنيـات -غالبًا- عبر التخزيـن وتكون عادةً سـاكنة (أي، لا تتطلـب مصادر للطاقه)؛ ومـن ثـم فالمنتجـات التـي تمـت معالجتهـا مـن خـلال هـذه التقنيـات -غالبًـا مـا- تتطلب معالجـة بعد ذلك، قبل الاسـتخدام و/أو التخلص.

ن النقـل (ن) تصـف نقـل المنتجـات مـن مجموعـة وظيفية إلـى أخـرى. وعلـى الرغـم مـن أن تلـك المنتجات قـد تتطلب طـرق مختلفة لنقلها مـن بين المجموعـات الوظيفية، فإن أطول وأهـم مسـافة تكون بين واجهة المُسـتخدم أو الجمـع والتخزين/ المعالجـة، وبيـن المعالجـة (شـبه) المركزية للمنتجـات. لذلك، فمن أجل التبسـيط، تم تحديـد النقل هنا في التقنيات المسـتخدمة لنقـل المنتجات بين هـذه المجموعـات الوظيفية.

م المُعالجة (شـبه) المركزية (م) تُشـير إلى تقنيـات المُعالجة المُناسـبة لمجموعـات كبيرة من المسـتخدمين (أي من مسـتوى الحـي حتـى مسـتوى المدينـة). تُعتبـر متطلبـات التشـغيل، والصيانـة، والطاقـة للتقنيـات المتضمنـة فـي هـذه المجموعة الوظيفيـة، أكبـر -بشـكل عـام- مـن التقنيـات الأصغـر حجمًا المطروحـة على مسـتوى الجمـع والتخزين/المُعالجة. وتنقسـم التقنيـات إلى مجموعتيـن: م.1 - م.12، وهي فـي المقام الأول لمعالجـة الميـاه السـوداء، أو الميـاه البُنِّية، أو الميـاه الرمادية، أو التدفقـات السـائلة الخارجة؛ فـي حين تقـوم التقنيات م.13 - م .17 بشـكل رئيسـي بمُعالجـة الحمـأة. وقـد تـم أيضًـا وصف تقنيـات مرحلـة المعالجـة الأوليـة و المعالجة اللاحقـة (ملفات معلومـات التقنيـات للمعالجة الأوليـة والمعالجـة اللاحقة).

س الاسـتخدام و/أو التخلص (س) تُشـير إلـى الطرق التي تتم بهـا إعـادة المنتجـات فـي نهايـة المطاف إلـى البيئـة، إما في شـكل مـوارد مفيدة أو مـواد مُنخفضـة المخاطر. عـلاوةً على ذلـك، فـإن المنتجـات يمكن تدويرها مـرةً أخرى داخـل النظام (علـى سـبيل المثـال، عـن طريـق اسـتخدام الميـاه الرماديـة المُعالَجَـة فـي الدفْق).

تقنيات الصرف الصحي

تُعرَّف التقنيات على أنها المرافـق المحدّدة، أو الطرق، أو الخدمات المُصمّمـة لاحتـواء وتحويـل المنتجـات، أو لنقـل المنتجـات إلى مجموعـة وظيفية أخـرى. في الجزء الثاني مـن الكتاب، تم وصف كل تقنيـة (57 تقنيـة) مُدرجـة فيه بملف معلومـات التقنية الخاص بهـا. وتحتـوي كل مجموعة وظيفية من الخمـس مجموعات، على عـدد مـن التقنيات يتراوح مـا بين 6 إلـى 17 تقنية مختلفة.

أُدرجـت فقط تقنيات الصرف الصحي التي تـم اختبارها واعتمادها فـي البلدان المنخفضة والمتوسـطة الدخـل. علاوةً علـى ذلك، لقد تـم إدراج هـذه التقنيات لأنها تُعتبر "مُحسّـنة"، فـي ما يخص توفير خدمات صـرف صحي آمنة، وصحيـة، ومتاحة.

هنـاك مجموعـة كبيـرة مـن تقنيـات الصـرف الصحـي، التابعة للمجموعـات الوظيفية المختلفـة، قيد التطوير حاليًـا، أو توجد فقط كنمـاذج أوّليـة، أو ليسـت ناضجـة تمامًـا ومتاحة. وبنـاءً عليه تم تلخيـص بعض النمـاذج الواعـدة، والمثيـرة للاهتمـام، لإمكانيتها العاليـة للتطبيـق فـي البلـدان المنخفضـة والمتوسـطة الدخل، في قسـم "تقنيات الصرف الصحي الناشـئة" (الصفحـات من 166 إلى 169). ومـن المأمـول أن يتـم إدراج بعض هذه التقنيات في شـكل ملـف معلومـات التقنية في طبعـة قادمة مـن الكتاب.

يهتـم هـذا الكتـاب -في المقـام الأول- بالنظـم والتقنيـات المُتعلقة مباشـرةً بفضلات الجسـم، ولا يتناول على وجـه الخصوص إدارة الميـاه الرمادية أو مياه الأمطـار؛ إلا أنها تظهر عندما يتم مُعالجتها مـع فضلات الجسـم. وهذا يفسـر لماذا لم يتـم التوصيف التفصيلي لتقنيـات المياه الرمادية ومياه الأمطـار ذات الصلة، ولكنها ما زالت تظهـر كمنتجات فـي نمـاذج الانظمـة. وللحصول علـى مُلخص شـامل للأنظمة والتقنيات الخاصة بالميـاه الرمادية، يرجى الرجوع إلى المصـدر التالي:

_ Morel, A. and Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low- and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods.* Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, CH. Available free for download at: www.sandec.ch

الجزء الأول: نماذج الأنظمة

يُحدد نموذج النظام مجموعة من التقنيات المُتوافقة والمثبتة التي يمكن من خلالها تصميم نظام الصرف الصحي. ويُمكن استخدام نماذج الأنظمة لتحديد وعرض أنظمة متكاملة تراعي إدارة تدفق كل المُنتجات بين واجهة المستخدم وحتى عملية الاستخدام أو التخلص، والمقارنة بين الخيارات المختلفة المتوفرة في سياقات محددة.

يشرح الجزء الأول من الكتاب كيفية قراءة نماذج الأنظمة واستخدامها بالتفصيل، ويتضمن عرضًا للنماذج المختلفة، كما يصف الاعتبارات الرئيسية وأنواع الاستخدامات المناسبة لكل نموذج من نماذج الأنظمة.

يتضمن الكتاب تسعة نماذج لأنظمة مختلفة؛ ما بين البسيطة (بخيارات قليلة للتقنيات والمُنتجات) إلى المُعقدة (بخيارات متعددة للتقنيات والمُنتجات)، حيث يتميز كل نموذج نظام عن غيره في عدد المُنتجات المُتولِّدة والمُعالَجَة. ونماذج الأنظمة التسعة هي:

النظام 1: نظام الحُفرة الواحدة
النظام 2: نظام الحُفرة الجافة بدون إنتاج حمأة
النظام 3: نظام الدفْق بالصب بدون إنتاج حمأة
النظام 4: نظام جاف مع فصل البول
النظام 5: نظام الغاز الحيوي
النظام 6: نظام مُعالجة المياه السوداء مع التصريف
النظام 7: نظام مُعالجة المياه السوداء مع نقل التدفقات السائلة الخارجة
النظام 8: نظام نقل المياه السوداء إلى المُعالجة (شبه) المركزية
النظام 9: نظام شبكة الصرف الصحي مع فصل البول

أثبتت جميع هذه الأنظمة جدواها في التطبيقات العملية، ولكل منها المزايا والعيوب الخاصة بها، بالإضافة إلى نطاق الاستخدام. ومع ذلك، لا يُعتبر هذا الكتاب قائمة شاملة بحد ذاتها لجميع التقنيات والأنظمة المرتبطة بها، ففي حالات معينة قد يكون هناك تقنيات متكاملة أخرى قابلة للتطبيق وغير مطروحة في الكتاب.

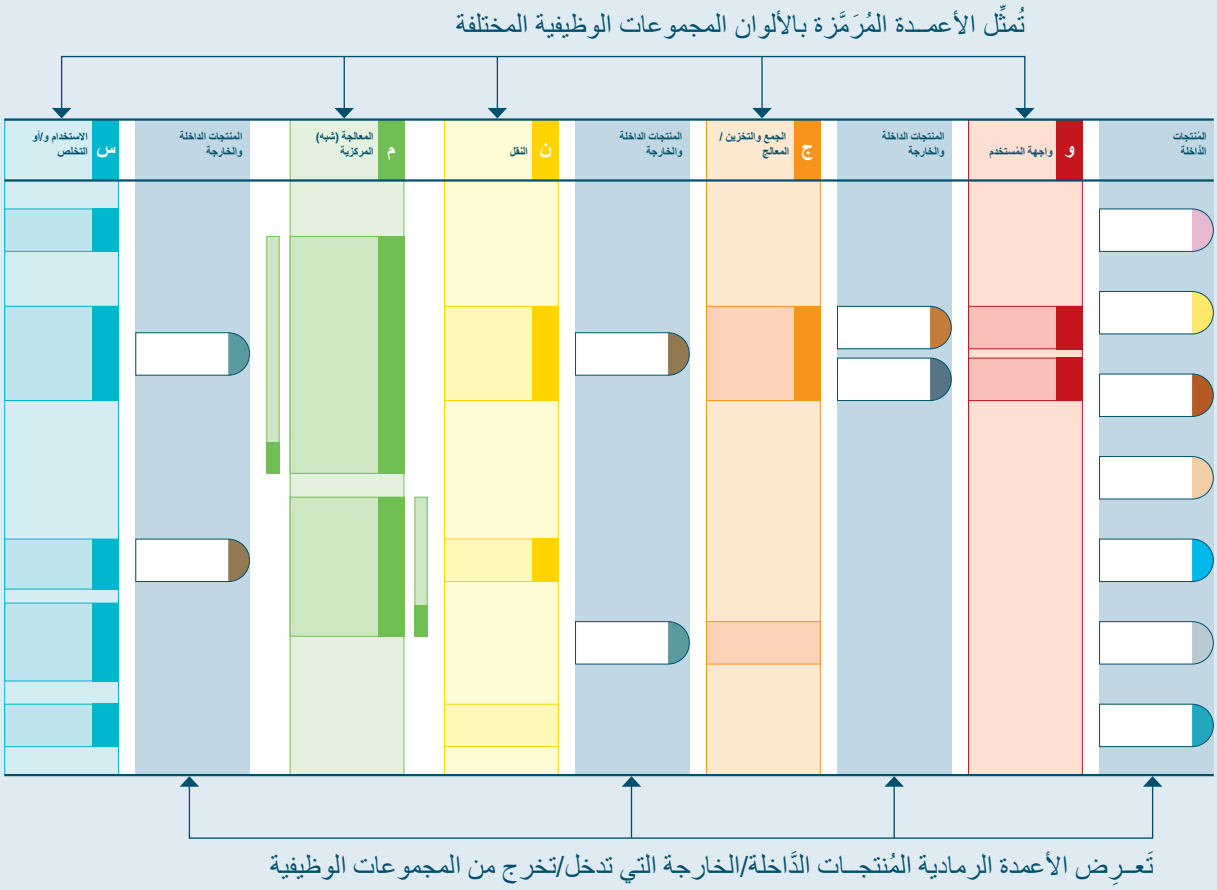
وعلى الرغم من أن نماذج الأنظمة مُحددة، فأنه يجب على مستخدم الكتاب أن ينتقي التقنية المناسبة من الخيارات المطروحة، ويكون الاختيار في إطار سياق محدد ومبنيًا على أساس البيئة المحيطة (درجات الحرارة، والأمطار، ... إلخ)، والثقافة (الذين يفضِّلون الجلوس المباشر على قاعدة المِرحاض، أو الجلوس بوضعية القُرفصاء دون ملامسة القاعدة، والذين يفضِّلون الغسل، أو المسح ... إلخ)، والموارد (البشرية، والمالية، والمادية).

يُمكـن تصـور نظام الصـرف الصحي على شـكل مصفوفة من **المجموعـات الوظيفية** (الأعمـدة) **والمُنتجـات** (الصفوف) التي ترتبط معًـا كمجموعة مُحتملة؛ حيث يعطي هـذا العرض البياني لمحـة عامة عن المكونـات التقنية للنظام وجميـع المُنتجات التي يقوم بإدارتها.

يتـم بالتتابـع جمـع المُنتجات، وتخزينهـا، ونقلهـا، وتحويلها عبر مجموعة مـن التقنيات المُتوافقة المختلفة من المجموعات الوظيفية الخمسـة، بحيـث تُصبـح المُخرجـات مـن تقنية ما فـي مجموعة وظيفيـة معينة، هي المُدخـلات للمجموعة الوظيفيـة التالية.

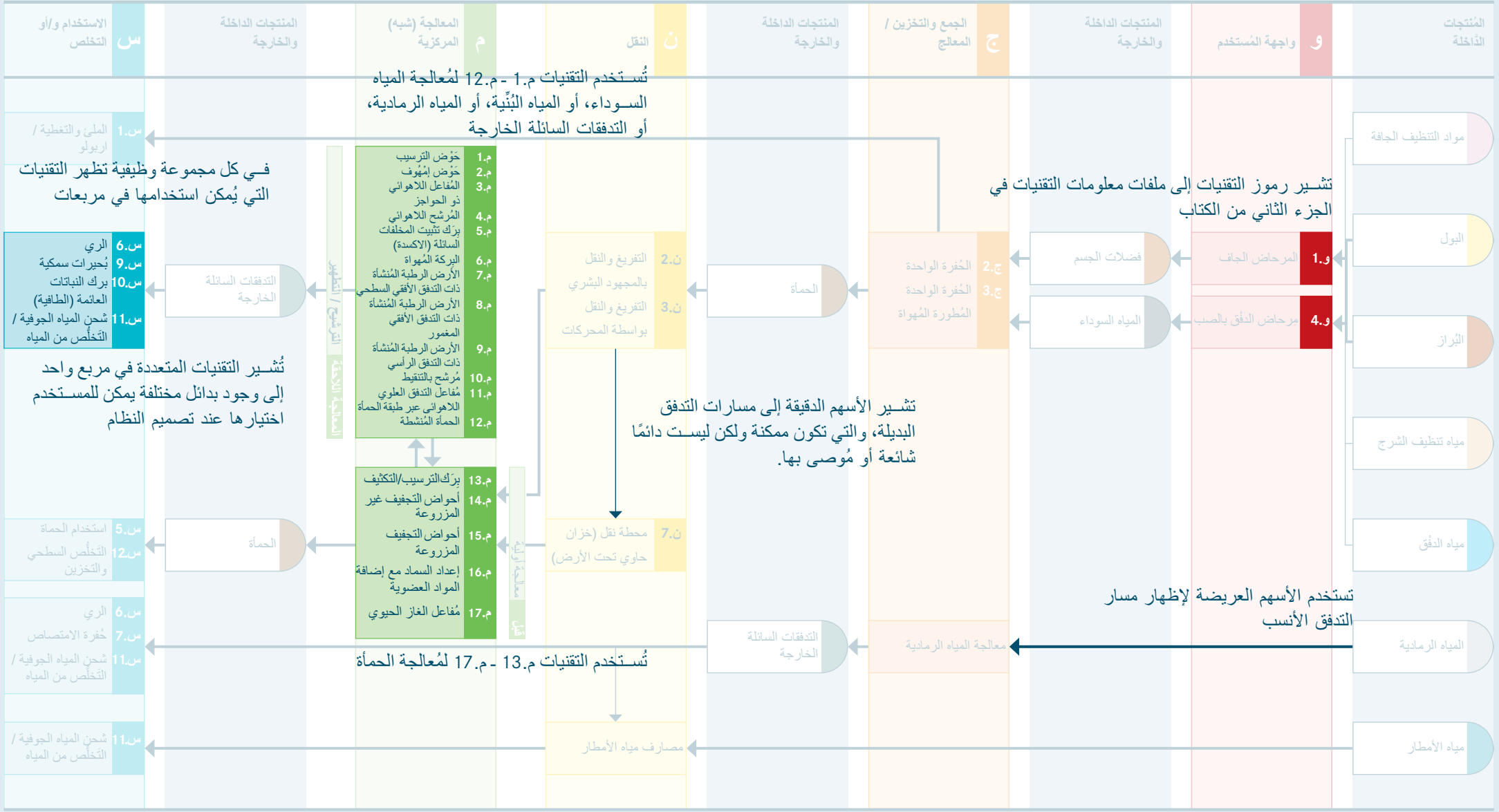
ليـس مـن الضـروري دائمًـا أن يمر المُنتـج عبـر أحـد تقنيـات المجموعـات الوظيفيـة الخمسـة، ولكـن ينبغـي -عـادةً- الحفاظ علـى ترتيـب المجموعات الوظيفيـة بغض النظر عـن عدد تلك المجموعـات التـي يتضمنهـا نظـام الصـرف الصحي.

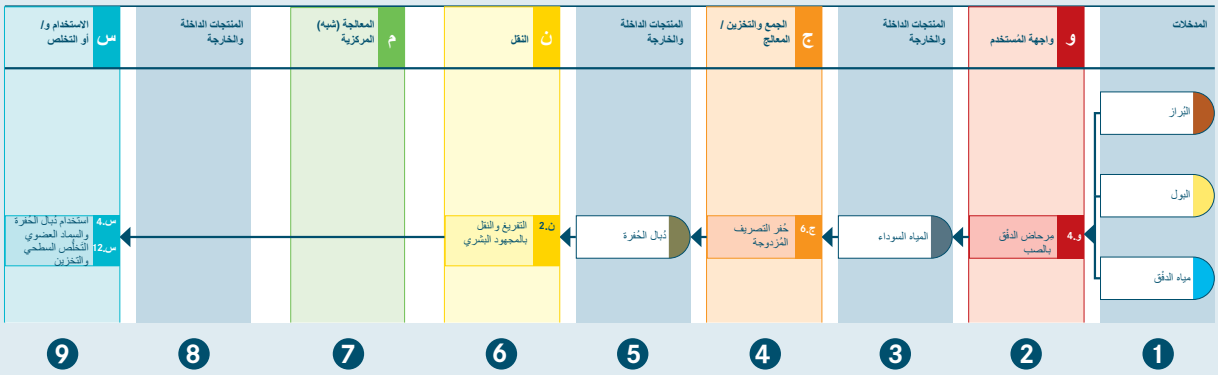
يشرح الشكلان 2 و 3 هيكل وعناصر نموذج النظام.



شـكل 2: شرح الأعمدة المختلفة لنموذج النظام

شـكل 3: شرح مُختَلف العناصر البيانية في نموذج النظام





شكل 4: مثال عن كيفية دخول المُدخلات إلى المجموعات الوظيفية وتحويلها

الشكل 4 هو مثال لنموذج النظام، حيث يبين كيفية دخول ثلاثة مُنتجات (البُراز، والبول، ومياه الدفْق) إلى النظام و كيفية إدارتهم باستخدام تقنيات الصرف الصحي المختلفة. وتصف الفقرة التالية كيفية انتقال المُنتجات من اليمين إلى اليسار من خلال الأعمدة 1–9 لنموذج النظام.

1 ثلاثة مُدخلات (البُراز، والبول، ومياه الدفْق) تدخل إلى 2 المجموعة الوظيفية (و) "واجهة المستخدم" (مرحاض الدفْق بالصب). المياه السوداء 3 المجموعة الوظيفية (و) "واجهة المستخدم" (مرحاض الدفْق بالصب). المياه السوداء المُنتجة 4 المجموعة الوظيفية (ج) "الجمع والتخزين/ المُعالجة" (حُفر التصريف المزدوجة)، ثم يتم تحويلها إلى 5 ذُبال الحُفرة عن طريق التخزين والتحلل الطبيعي. ثم يدخل ذُبال الحُفرة إلى 6 المجموعة الوظيفية (ن) "النقل" (التفريغ والنقل بواسطة المجهود البشري) ويتخطى 7 المجموعة الوظيفية (م) "المُعالجة (شبه) المركزية" (حيث إنه يكون آمنًا صحيًّا)، ودون أي 8 مُنتجات داخلة/خارجة. يتم نقلها مباشرةً إلى 9 آخر مجموعة وظيفية (س) "الاستخدام و/أو التخلص" حيث وجود الاحتماليين. وتبعًا للظروف، والاحتياجات، والتفضيلات المحلية فإنه يُمكن استخدام ذُبال الحُفرة كمُحسِّن للتربة الزراعية (استخدام) أو نقله إلى وحدة التخزين المؤقت، أو موقع التخلص النهائي (التخلص السطحي والتخزين).

خطوات انتقاء خيارات الصرف الصحي باستخدام نماذج الأنظمة

تطرح نماذج الأنظمة التسعة أكثر التوليفات المنطقية للتقنيات، ومع ذلك، فتعتبر التقنيات وروابطها ليست شاملة بحد ذاتها، وينبغي على المخططين ألا يفقدوا المنظور الهندسي الصائِب عند محاولة إيجاد أفضل الحلول الممكنة لسياق معين. كما يجب على المصممين محاولة الحد من الإسهاب، وتحسين البنية التحتية الموجودة، والاستفادة من الموارد المحلية المتاحة، مع مراعاة البيئة المواتية المحلية (خصوصًا بعض العوامل مثل: المهارات، والقدرات، والقبول الاجتماعي والثقافي، والموارد المالية، والمتطلبات القانونية).

الإجراءات التالية يمكن استخدامها في مرحلة ما قبل انتقاء خيارات الصرف الصحي المحتملة:

1. تحديد المُنتجات المُتولدة و/أو المتوفرة محليًّا (على سبيل المثال: مياه تنظيف الشرج، أو مياه الدفْق، أو المواد العضوية من أجل إعداد السماد).

2. تحديد نماذج الأنظمة التي تتعامل مع المُنتجات المُحددة.

3. لكل نموذج، اختر تقنية من كل مجموعة وظيفية، عندما يكون هناك خيارًا تقنيًّا مطروحًا (مربع يتضمن تقنيات متعددة)؛ وبذلك يتم تشكيل سلسلة تقنيات النظام.

4. قارن الأنظمة وقم بتغيير التقنيات الفردية بشكل متكرر، أو استخدم نموذج نظام مختلف اعتمادًا على الأولويات، والطلب لمُنتجات نهائية محددة (على سبيل المثال، السماد العضوي)، والمحددات الاقتصادية، والجدوى الفنية.

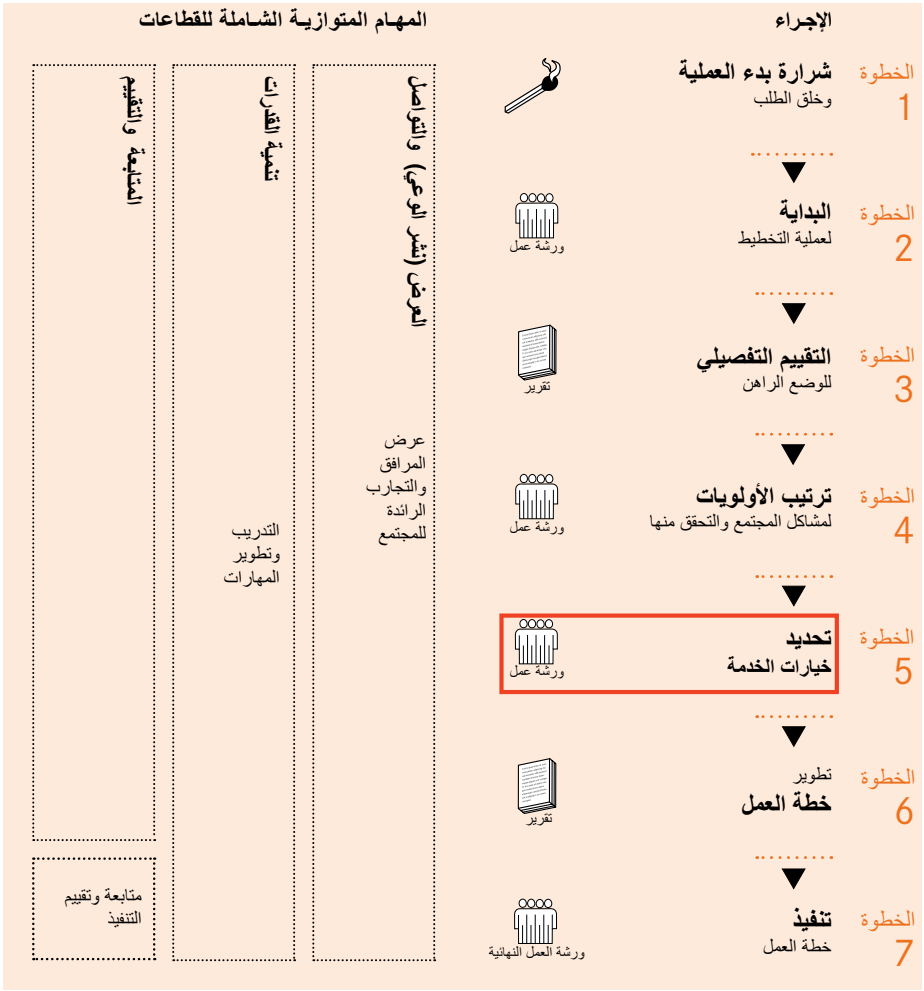
قـد يُفيد تقسـيم منطقة التخطيط إلى مناطـق فرعية بحيث تتضمن كل منطقـة خصائـص وظـروف مماثلة. ثـم تحديـد الإجراءات المناسـبة لكل منطقـة منفصلة من المناطق الفرعيـة، حيث يمكن اختيـار أي عدد مـن الأنظمة.

وقـد يتواجـد على أرض الواقع بعض من أجـزاء نظام الصرف الصحـي بالفعـل، وفـي هـذه الحالة، يكـون هـدف المخططين والمهندسـين هـو دمج البنيـة التحتية أو الخدمـات القائمة؛ حتى يتـم تحقيق المرونة وإرضاء المسـتخدمين بشـكل أساسـي.

انتقـاء خيـارات الصرف الصحي وفقًا لنهج "القيادة المجتمعية للصـرف الصحي البيئي في المدن CLUES" التخطيطي

في نهج القيادة المجتمعية للصرف الصحي البيئي في المدن، تكون الخطوة الخامسة -من الخطوات السبعة- هي "تحديد خيارات الخدمة".

إرشادات CLUES (انظر أدوات تطوير القطاع، صفحة 8) تُعطي وصفًا تفصيليًا لكيفية استخدام كتاب نُظم وتقنيات الصرف الصحي في ورش العمل التشاركية للخبراء والمجتمع؛ لتحديد ومناقشة الحلول الصحية الملائمة لمنطقة ما.
www.sandec.ch/clues

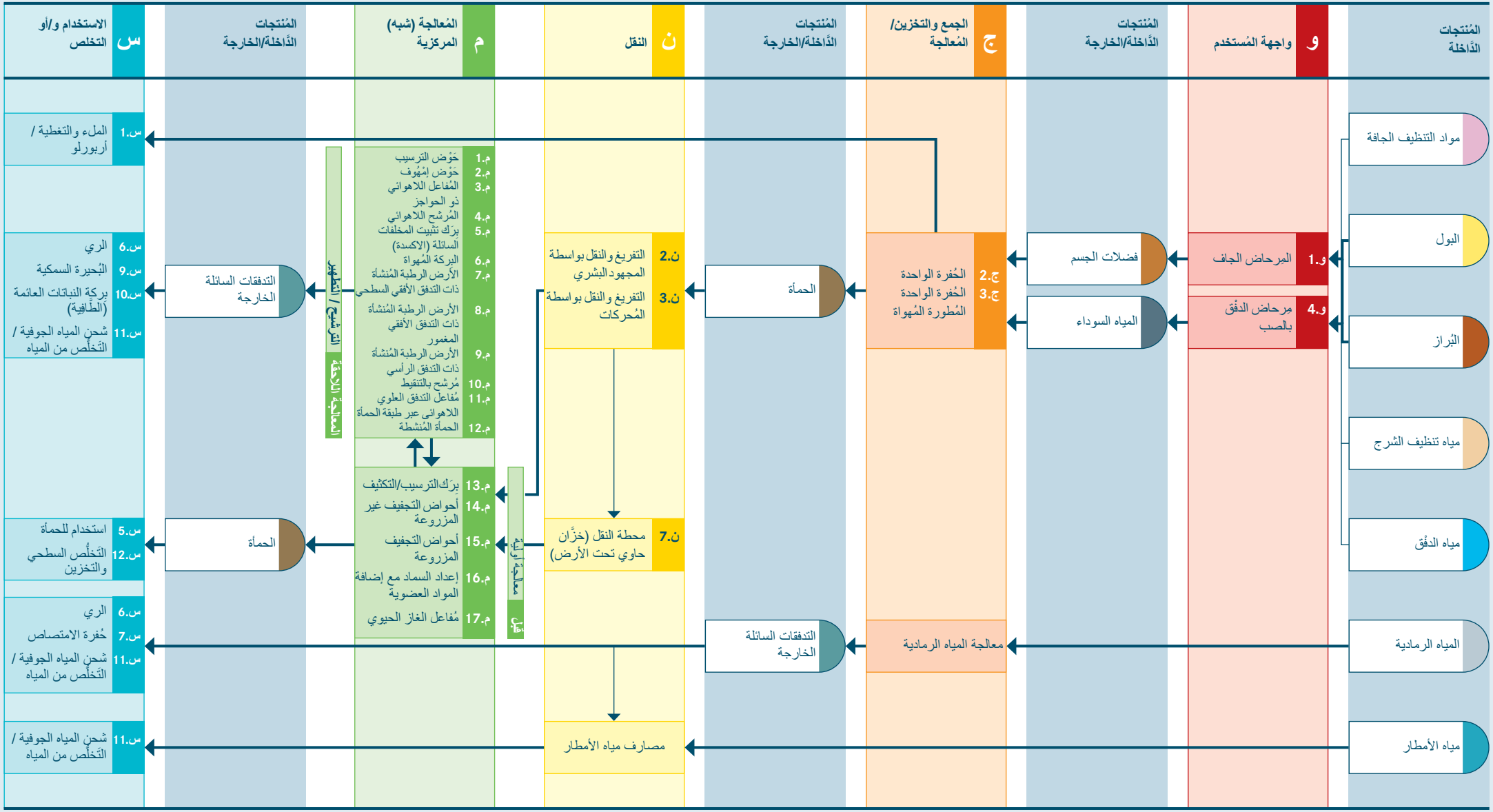


شـكل 5: الخطوات السبع لنهج القيادة المجتمعية للصرف الصحي البيئي في المدن

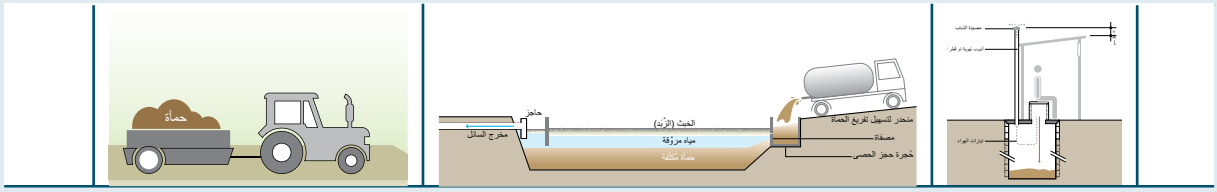
يمكـن تحميل نمـوذج النظام المُفرَّغ مـن www.sandec.ch/compendium، حيـث يمكـن طباعتـه واسـتخدامه في رسـم أنظمـة صرف صحـي وفقًـا للموقع، على سـبيل المثـال، عند مناقشـة الخيـارات المختلفة مـع الخبراء والجهـات المعنية في ورشـة العمل.

ومتوفـر أيضًـا نمـوذج العـرض التقديمـي PowerPoint للتحميـل، ويحتـوي علـى عناصـر الرسـومات البيانيـة (مثل المُنتجـات، والتقنيـات، والأسـهم)، وذلـك لتسـهيل إعـداد الرسـومات الخاصـة بنظـام الصـرف الصحي حسـب الطلب. تـم طـرح وتوصيـف نمـاذج الأنظمـة التسـعة فـي الصفحات التاليـة، حيـث شـرح كل نمـوذج نظـام بالتفصيل.

نظام الصرف الصحي 1: نظام الحُفرة الواحدة



النظام1: نظام الحُفرة الواحدة



يعتمد هذا النظام على استخدام تقنية الحُفرة الواحدة؛ لجمع وتخزين فضلات الجسم، ويُمكن استخدامه مع مياه الدفْق أو بدونها؛ وذلك اعتمادًا على واجهة المُستخدم. فقد تشمل مُدخلات هذا النظام: البول، والبُراز، ومياه تنظيف الشرج، ومياه الدفْق، ومواد التنظيف الجافة. حيث يَعتمِد استخدام مياه الدفْق و/أو مياه تنظيف الشرج على توافر المياه، وعلى العادات المحلية. وقد تكون واجهة المُستخدم لهذا النظام إما المِرحاض الجاف (و.1) أو مِرحاض الدفْق بالصب (و.4). بالإضافة إلى إمكانية استخدام المبولة (و.3). ثم تتصل واجهة المُستخدم مباشرة بالحُفرة الواحدة (ج.2)، أو بالحُفرة الواحدة المُطورة المُهواة (ج.3)؛ للجمع والتخزين/المُعالجة.

عند امتلاء الحُفرة يكون هناك عدة خيارات؛ فإذا توفرت المساحة، يمكن ملء الحُفرة بالتُربة، وزرع شجرة فاكهة أو زينة فيها، والتي ستنمو في بيئة غنية بالمُغذيات (س.1)، ومن ثَمَّ بناء حُفرة جديدة في مكان آخر، ويعتمد ذلك على إمكانية نقل البِنية الفوقية (الحمَّام) بالكامل. أو بدلًا من ذلك، تتم إزالة حمأة مياه المجاري المُتولدة من تقنية الجمع والتخزين/المُعالجة ونقلها للمُعالجة الإضافية. وتشمل تقنيات النقل التي يمكن استخدامها في هذا النظام: التفريغ والنقل بواسطة المجهود البشري (ن.2)، أو التفريغ والنقل بواسطة المُحركات (ن.3). أما شاحنة الشفط فتقوم بتفريغ حمأة مياه المجاري السائلة فقط.

كما يجب تفادي تعرض الإنسان لحمأة مياه المجاري غير المُعالجة، وعدم استخدامها مباشرةً في الزراعة؛ حيث إنها مسببة للأمراض بدرجة عالية. ويجب نقل الحمأة المُزالة لمرفق مُتخصص لمُعالجة حمأة مياه المجاري (م.13 - م.17)، وفي حالة صعوبة الوصول لمرفق كهذا؛ يُمكن تفريغ حمأة مياه المجاري في محطة النقل (خزَّان حاوي تحت الأرض) (ن.7)، ومن هناك، تُنقل لمرفق المُعالجة عن طريق وحدات التفريغ والنقل بواسطة المُحركات (ن.3).

تتوفر شجرة اختيار التقنية الخاصة بمحطات مُعالجة حمأة مياه المجاري في المرجع: Strande et al., 2014 (انظر أدوات تطوير القطاع، صفحة 9). تُنتج تقنيات المُعالجة (شبه) المركزية (م.1 - م.17) كلًا من: التدفقات السائلة الخارجة، والحمأة والتي تتطلب مزيدًا من المُعالجة قبل استخدامها و/أو التَخلُّص منها. على سبيل المثال، يُمكن مُعالجة التدفقات السائلة الخارجة من مرفق مُعالجة حمأة مياه المجاري مع مياه الصرف في بِرَك تثبيت المخلفات السائلة (الأكسدة) (م.5)، أو الأراضي الرطبة المُنشأة (م.7 - م.9).

تتضمن خيارات الاستخدام و/أو التَخلُّص من التدفقات السائلة الخارجة، الري (س.6)، والبُحيرات السمكية (س.9)، وبِرَك النباتات العائمة (الطَّافية) (س.10)، أو التصريف إلى مسطح مائي (إعادة شحن المياه الجوفية / التَخلُّص من المياه، س.11). وبعد المُعالجة المُناسبة، يُمكن استخدام الحمأة في الزراعة (س.5)، أو إحضارها لموقع التَخلُّص السطحي والتخزين (س.12).

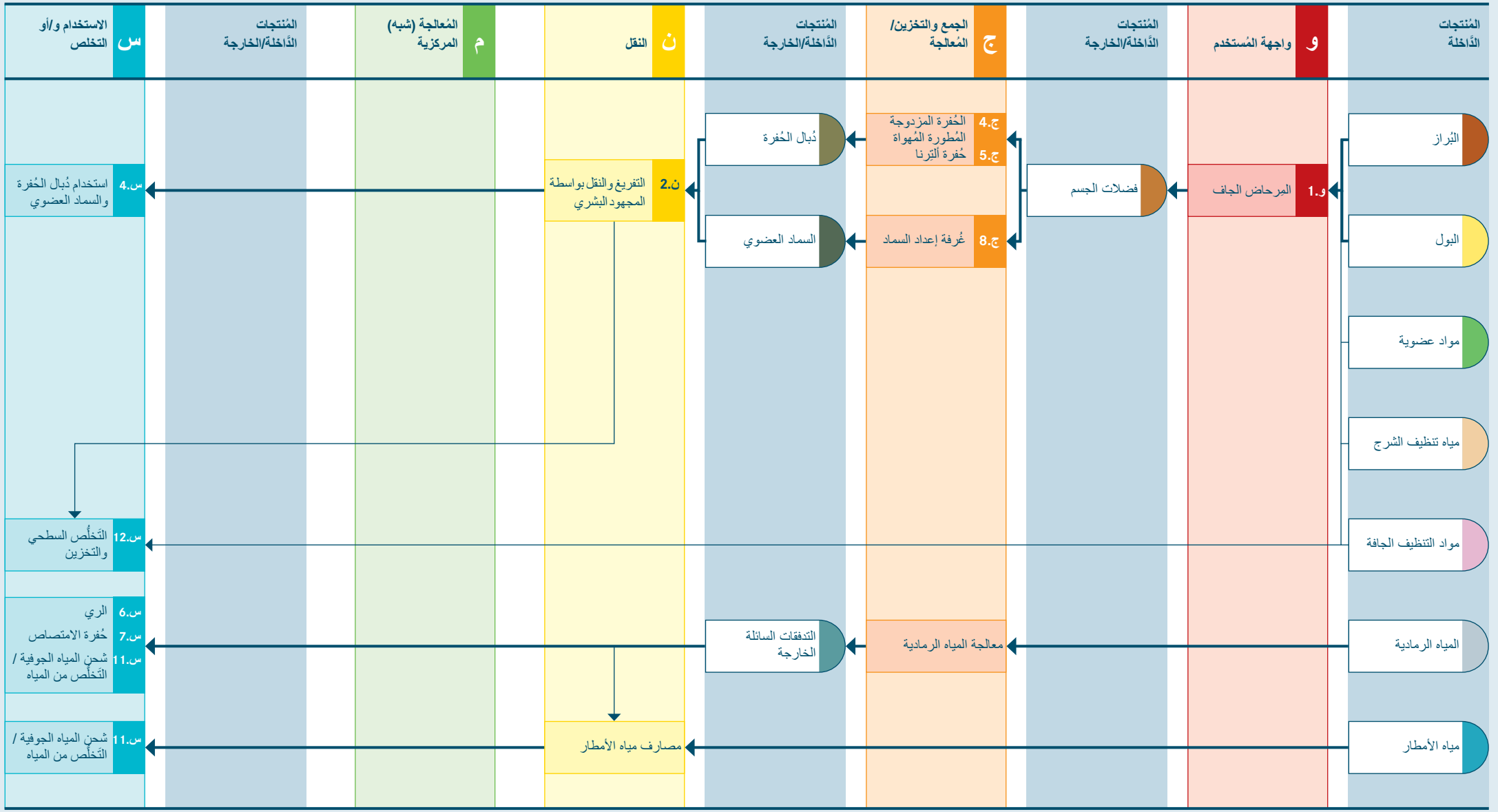
الاعتبارات يجب اختيار هذا النظام فقط عندما تتواجد مساحة كافية لحَفر الحُفر الجديدة باستمرار، أو حيث تواجد طريقة مناسبة لتفريغ، ومُعالجة، والتَخلُّص من حمأة مياه المجاري. في الأحياء السكنية الحضرية ذات الكثافة السكانية قد لا تتواجد مساحة كافية للوصول إلى الحُفرة لإزالة الحمأة، أو لحَفر حُفرة جديدة؛ لذلك يُعَد هذا النظام أكثر مُلاءَمَة في المناطق الريفية وشبه الحضرية، حيث تكون التربة مُناسبة لحَفر الحُفر، وامتصاص السوائل المُرتَشِحة. كما لا يُوصى بهذا النظام في المناطق التي تتعرض للأمطار الغزيرة أو الفيضانات، والتي قد تتسبب في طفح (فيض) الحُفرة.

قد يساعد وجود القليل من المياه الرمادية في الحُفرة على التحلل، بينما الكميات الكبيرة منها قد تؤدي للامتلاء السريع للحفرة و/أو الترشيح الزائد. ويُمكن التَخلُّص من كافة أنواع مواد التنظيف الجافة في الحُفرة، مع أن ذلك قد يتسبب في قِصَر عُمرها وجعلها صعبة التفريغ؛ لذا يجب التَخلُّص -كلما أمكن- من مواد التنظيف الجافة بشكل مُنفصل.

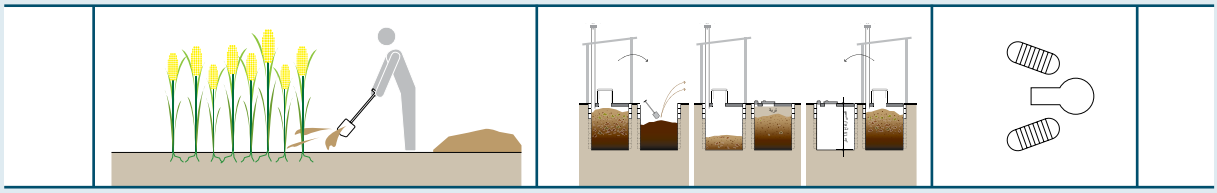
يُعد هذا النظام من الأنظمة ذات التكاليف المحدودة لرأس المال اللازم للبناء؛ ومع ذلك قد تكون تكاليف الصيانة كبيرة، وذلك اعتمادًا على وتيرة وطريقة تفريغ الحُفرة. إذا كانت الأرض مناسبة ولها سِعة امتصاص جيدة، فيمكن حَفر الحُفرة على عمق كبير (أكثر من 5 أمتار)، كما يُمكن استخدامها لعدة سنوات دون تفريغ (قد تصل المدة لأكثر من 20 عامًا)؛ ولكن يجب مراعاة منسوب المياه الجوفية واستخداماتها عند الحَفر لتجنب تلوثها. وعلى الرغم من شيوع الأنواع المختلفة من الحُفر في معظم أنحاء العالم، فإنه من النادر وجود نظام قائم على الحُفرة مصمم جيدًا بالوسائل الملائمة للنقل، والمُعالجة، والاستخدام أو التَخلُّص.

تم نشر الإرشادات العامة لاستخدام الحمأة من قِبَل منظمة الصحة العالمية WHO، وتمت الإشارة إليها في ملفات معلومات التقنيات المُتعلقة بهذا الشأن.

نظام الصرف الصحي 2: نظام الحُفرة الجافة بدون إنتاج حمأة



النظام 2: نظام الحُفرة الجافة بدون إنتاج حمأة



يتم تصميم هذا النظام لإنتاج مواد صلبة شبيهة بالتربة باستخدام حُفَر تبادلية أو غُرفة إعداد السماد (ج.8). تشمل مُدخلات هذا النظام: البول، والبُراز، والمواد العضوية، ومياه تنظيف الشرج، ومواد التنظيف الجافة. ولا تُستخدام مياه الدفْق.

يُعَد المِرحاض الجاف (و.1) هو واجهة المُستخدم المُوصى بها لهذا النظام، بالرغم من إمكانية استخدام المِرحاض الجاف الفاصل للبول (و.2) أو المبولة (و.3) فى حالة وجود رغبة عالية في استخدام البول. ولا يتطلب المِرحاض الجاف وجود الماء حتى يعمل، ففي الواقع، لا ينبغي إدخال الماء إلى هذا النظام. كما يجب تقليص أو حتى استبعاد مياه تنظيف الشرج قدر الإمكان.

تتصل واجهة المُستخدم مباشرةً بحُفرة مزدوجة مُطورة مُهواة (ج.4) أو بحُفرة ألتِرنا (ج.5) أو غُرفة إعداد السماد (ج.8) للجمع والتخزين/المُعالجة.

يُتيح وجود حُفرتين تبادليتين -كما في الحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة أو حُفرة ألتِرنا- الفرصة لتجفيف المواد وتحللها وتحويلها لدُبال الحُفرة (يُسمى أحيانًا بالدُّبال البيئي)، وهو عبارة عن مادة دُبالية غنية بالمُغذيات، مُحسَّنة صحيًا، وآمنة في استخراجها. عندما تمتلئ الحُفرة الأولى، تُغَطَّى وتُستبعد مؤقتًا من الخدمة، بينما يتم ملء الحُفرة الأخرى بفضلات الجسم (وربما بالمواد العضوية)، حيث يُترك محتوى الحُفرة الأولى ليستقر ويتحلل، ويتم تفريغها وإعادتها للخدمة مرة أخرى فقط عندما تمتلئ الحفرتان بشكل كامل؛ ويتم تكرار هذه الدورة إلى ما لا نهاية. يتم تجفيف فضلات الجسم وتتحللها في الحُفرة غير المستخدمة (المُعطَّلة) لمدة عام على الأقل، ثم يتم إزالة دُبال الحُفرة الناتج يدويًا باستخدام الجواريف. وليس من الضرورى دخول شاحنات الشفط إلى الحُفرة.

لا تُعتبر غرفة إعداد السماد مطابقة لتقنيات الحُفر، ولكنها تحتوي أيضًا على غُرف تعمل بالتناوب والتي إذا تم تشغيلها بشكل صحيح، تُنتج سمادًا آمنًا وصالحًا للاستعمال، ولهذا السبب تم تضمينها في هذا النظام.

يمكن إزالة دُبال الحُفرة أو السماد المُتولد من تقنيات الجمع والتخزين/المُعالجة ونقله للاستخدام و/أو التَخلُّص منه يدويًا باستخدام خدمة التفريغ والنقل بواسطة المجهود البشري (ن.2). وحيث إنها خضعت للتحلل بشكلٍ كافٍ، فإن المواد الدُبالية تكون آمنة تمامًا للتعامل معها واستخدامها كمُحسِّن للتربة الزراعية (س.4). وإذا كانت هناك مخاوف بشأن جودة دُبال الحُفرة أو السماد، فيمكن إعداده في مرفق مخصص لإعداد السماد قبل استخدامه. وإذا لم يكن هناك استخدام للمنتج، فيمكن تخزينه مؤقتًا أو التَخلُّص منه بشكل نهائي (س.12).

يختلف هذا النظام عن النظام 1 (نظام الحُفرة الواحدة) من حيث المنتج المُتولد من مرحلة الجمع والتخزين/المُعالجة.

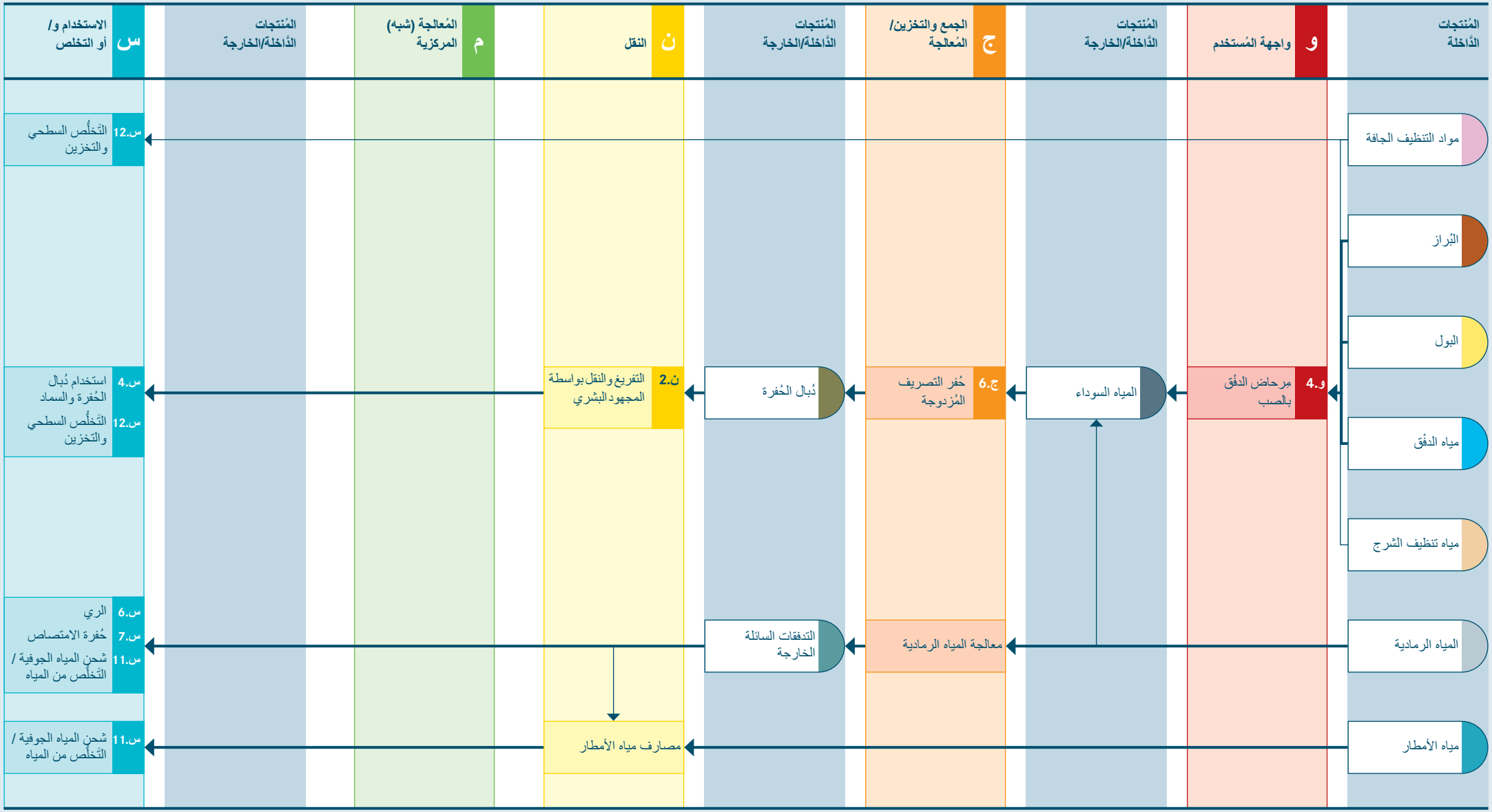
ففي النظام السابق، تتطلب الحمأة مزيدًا من المُعالجة قبل استخدامها، في حين أن دُبال الحُفرة والسماد الناتج من هذا النظام يكون جاهزًا للاستخدام و/أو التَخلُّص بعد مرحلة التجميع والتخزين/المُعالجة.

الاعتبارات يُعتبر هذا النظام من الأنظمة الدائمة والتى يمكن استخدامها إلى ما لا نهاية (على عكس بعض الحُفر الواحدة، والتي قد تُملأ وتُغطى)، لذا فيمكن استخدامه فى المساحات المحدودة. بالإضافة إلى ذلك، يتسبب وجوب إزالة المنتج يدويًا في جعل هذا النظام مناسبًا للمناطق الكثيفة التي لا يُمكن خدمتها بطرق التفريغ والنقل بواسطة المحركات (ن.3). كما يُعَد هذا النظام مناسبًا بصورة خاصة للمناطق التي تُعاني من ندرة المياه والأماكن التي يُمكن فيها استخدام الدُبال كمُحسِّن للتربة. وعلى الرغم من أن المواد المُزالة تكون آمنة وصالحة للاستعمال، فإنه يجب استخدام الحماية الشخصية المناسبة أثناء عمليات الإزالة، والنقل، والاستخدام.

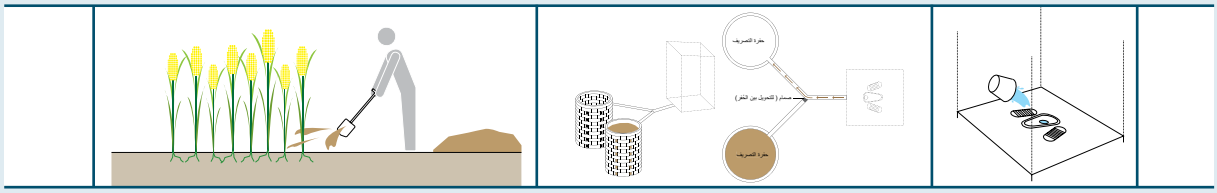
يعتمد نجاح هذا النظام على التشغيل السليم وفترة التخزين الطويلة. فإذا تم توفير مصدر مناسب ومستمر من التربة، أو الرماد، أو المواد العضوية (أوراق الأشجار، قُلامَات العشب، قشور جوز الهند أو الأرز، رقاقات الخشب، ... إلخ)، فذلك يُحسِّن من عملية التحلل، ويقلل من فترة التخزين. كما يقل الوقت المطلوب للتخزين إذا كانت تهوية المواد في الحُفرة تمت بشكل جيد، وكانت غير رطبة بدرجة عالية. وبناءً عليه، يجب جمع ومُعالجة المياه الرمادية بشكل منفصل؛ حيث تؤدي زيادة الرطوبة في الحُفرة إلى ملء فراغات الهواء وحرمان الكائنات الدقيقة من الأكسجين، وذلك يُفسد عملية التحلل. ويُمكن جمع مواد التنظيف الجافة في غُرفة إعداد السماد أو الحُفرة مع فضلات الجسم، لا سيما إذا كانت غنية بالكربون (على سبيل المثال، ورق المِرحاض (ورق التواليت)، ورق الصحف، أكواز الذرة، ... إلخ)، فقد يساعد ذلك على التحلل وتدفق الهواء.

تم نشر الإرشادات العامة للاستخدام الآمن لفضلات الجسم من قِبَل منظمة الصحة العالمية WHO، وتمت الإشارة إليها في ملفات معلومات التقنيات المُتعلقة بهذا الشأن.

نظام الصرف الصحي 3: نظام الدفْق بالصب بدون إنتاج حمأة



النظام 3: نظام الدفْق بالصب بدون إنتاج حمأة



يعتمد هذا النظام على المياه، حيث يستعمل مِرحاض الدفْق بالصب (قاعدة المِرحاض أو القرفصاء، و.4) أو حُفر التصريف المُزدوجة (ج.6) لإنتاج مواد تشبه الدُّبال مهضومة جزئيًا يُمكن استخدامها كمُحسِّن للتربة. وفي حالة عدم توفر المياه برجاء الرجوع إلى الأنظمة 1 و 2 و 4. تشمل مُدخلات هذا النظام: البُراز، والبول، ومياه الدفْق، ومياه تنظيف الشرج، ومواد التنظيف الجافة، والمياه الرمادية وتكون تقنية واجهة المُستخدم لهذا النظام هي مِرحاض الدفْق بالصب (و.4)، بالإضافة إلى إمكانية استخدام المبولة (و.3). يتم تصريف المياه السوداء، وربما المياه الرمادية الناتجة من واجهة المُستخدم إلى حُفر التصريف المُزدوجة (ج.6) من أجل الجمع والتخزين/المُعالجة. يتم تبطين الحُفر المُزدوجة بمواد مسامية، مما يسمح للسائل بالارتشاح إلى داخل الأرض بينما تتراكم المواد الصلبة وتتحلل في الجزء السفلي من الحُفرة. وبينما يتم ملء إحدى الحفر بالمياه السوداء، تبقى الحُفرة الثانية خارج الخدمة، وعندما تمتلئ الحُفرة الأولى تمامًا، تُغَطّى وتُستبعد مؤقتًا من الخدمة، ولا يُعاد فتحها وتفريغها إلا عند امتلاء الحفره الثانية، حيث ينبغي أن تأخذ الحُفرة ما لا يقل عن عامين لامتلائها.

بعد فترة استراحة (توقف) لا تقل عن عامين، يتحول المحتوى إلى دُبال الحُفرة (يُسمى أحيانًا بالدُّبال البيئي) وهو عبارة عن مادة دُبالية غنية بالمُغذيات، مُحسَّنة صحيًا، وآمنة في استخراجها. وحيث إن دُبال الحُفرة خضع لعملية إزالة المياه وللتحلل بشكلٍ كافٍ، فإنه يصبح صحيًا أكثر من الحمأة الخام غير المهضومة؛ وبالتالي لا يحتاج إلى مزيد من المُعالجة في مرفق المُعالجة (شبه) المركزية. وتتم عملية إزالة دُبال الحُفرة باستخدام التفريغ والنقل بواسطة المجهود البشري (ن.2) ثم تُنقل للاستخدام و/أو التَخلُّص. ثم بعد ذلك يتم إعادة تشغيل الحُفرة التي تم تفريغها؛ ويتم تكرار هذه الدورة إلى ما لا نهاية.

يمكن استخدام دُبال الحُفرة في الزراعة (س.4)، وذلك لأنه يمتلك خصائص جيدة كمُحسِّن للتربة. وإذا كانت هناك مخاوف بشأن جودة دُبال الحُفرة، فيمكن إعداده في مرفق مخصص لإعداد السماد قبل استخدامه. وإذا لم يكن هناك استخدام للمنتج، فيمكن تخزينه مؤقتًا أو التَخلُّص منه بشكل نهائي (س.12).

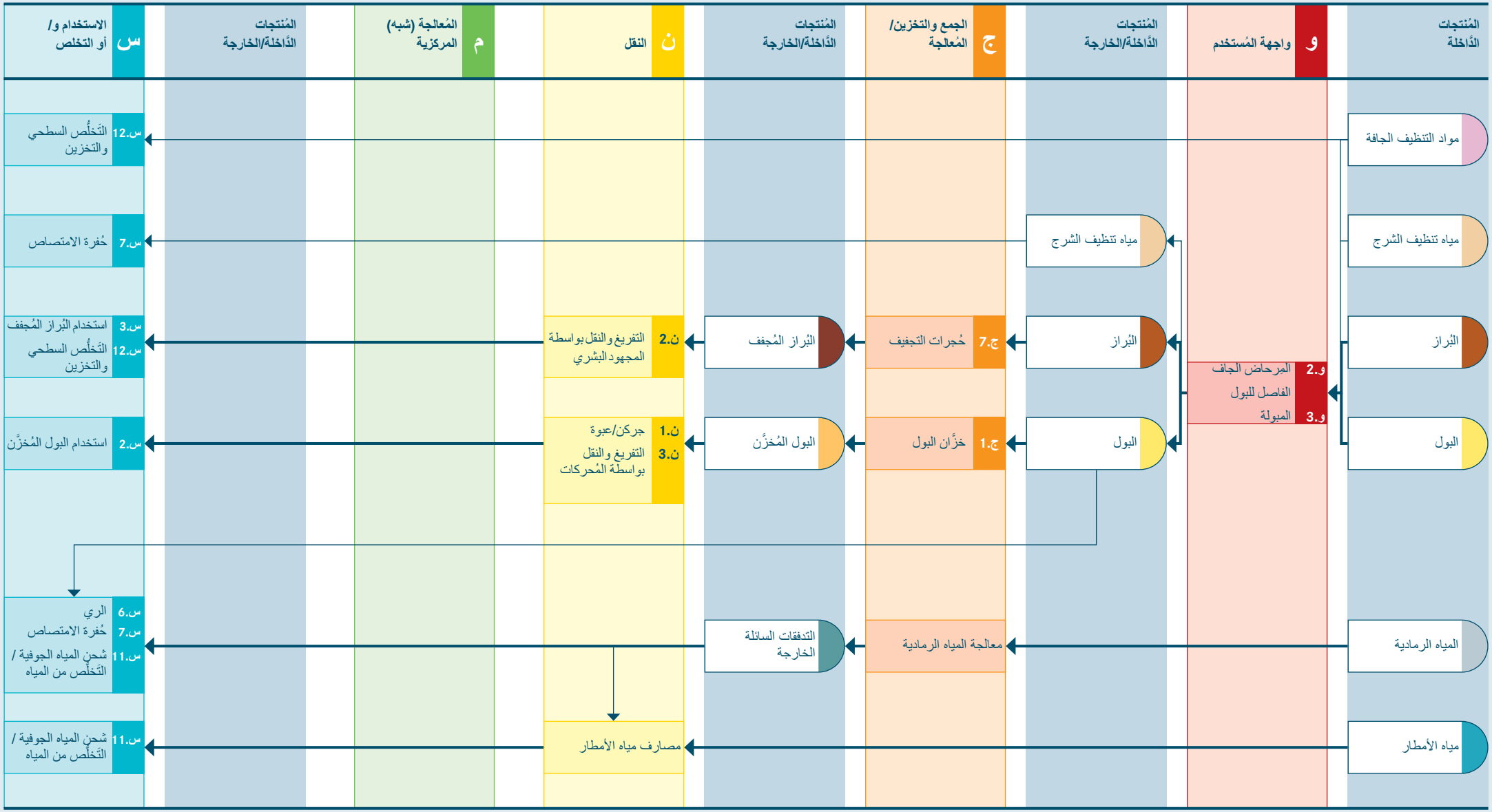
الاعتبارات: يتناسب هذا النظام مع المناطق الريفية وشبه الحضرية ذات التربة الملائمة التي يمكنها امتصاص السوائل المُرتَشِحة باستمرار وبشكلٍ كافٍ. ولا يتناسب مع المناطق ذات التربة الطينية أو المدكوكة الكثيفة. وحيث إن السوائل المُرتَشِحة من الحُفر المُزدوجة ترتشح مباشرة في التربة المحيطة بها، فيجب إنشاء هذا النظام فقط عندما يكون منسوب المياه الجوفية منخفضًا، وذلك للحد من تُعرضه لخطر التلوث من الحُفر. تتم عرقلة عملية إزالة المياه من الحُفر المزدوجة -خصوصًا في الحُفرة غير المستخدمة (المُعطّلة)- إذا كان هناك فيضانات متكررة، أو ارتفاع في منسوب المياه الجوفية ودخولها إلى الحُفر. وعلى الرغم من أن المواد المُزالة تكون آمنة وصالحة للاستعمال، فإنه يجب استخدام الحماية الشخصية المناسبة أثناء عمليات الإزالة، والنقل، والاستخدام.

يمكن إدارة المياه الرمادية مع المياه السوداء في الحُفر المزدوجة، خاصةً إذا كانت كميات المياه الرمادية صغيرة نسبيًا ولا يوجد نظام إدارة آخر لها. أمّا الكميات الكبيرة من مياه الدفْق و/أو المياه الرمادية فقد تؤدي إلى الارتشاح الزائد من الحُفرة واحتمالية تلوث المياه الجوفية.

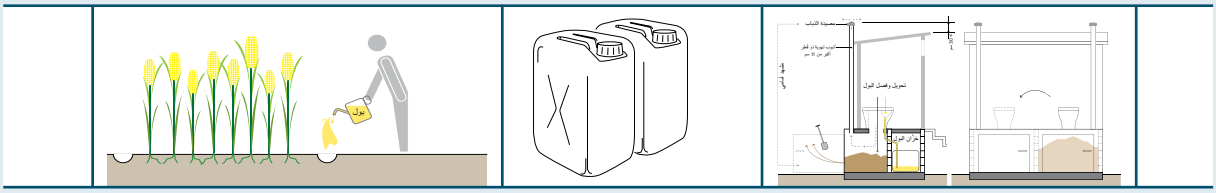
كما يتناسب هذا النظام مع مياه تنظيف الشرج، أما مواد التنظيف الجافة فينبغي تجميعها والتَخلُّص منها بشكل منفصل إذا أمكن (س.12) حيث إنها قد تتسبب في انسداد وصلات الأنابيب، وتمنع ارتشاح السائل من الحُفرة إلى التربة.

تم نشر الإرشادات العامة للاستخدام الآمن لفضلات الجسم من قِبَل منظمة الصحة العالمية WHO، وتمت الإشارة إليها في ملفات معلومات التقنيات المُتعلقة بهذا الشأن.

نظام الصرف الصحي 4: نظام جاف مع فصل البول



النظام 4: نظام جاف مع فصل البول



يتم تصميم هذا النظام لفصل البول عن البُراز؛ وذلك للسماح بتجفيف البُراز و/ أو استرجاع البول للاستخدام المفيد. وتشمل مُدخلات هذا النظام: البُراز، والبول، ومياه تنظيف الشرج، ومواد التنظيف الجافة.

تُعَد التقنية الرئيسية لواجهة المُستخدم في هذا النظام هي المِرحاض الجاف الفاصل للبول (و.2) الذي يسمح بالجمع المنفصل للبول والبُراز. بالإضافة إلى إمكانية استخدام المبولة (و.3) وذلك لجمع البول بطريقة فعَّالة. وتُوجد تصميمات مختلفة للمَراحيض الجافة الفاصلة للبول حسب التفضيلات المختلفة (على سبيل المثال، نماذج مزودة بفاصل ثالث لمياه تنظيف الشرج).

يتم استعمال حُجرات التجفيف (ج.7) لجمع وتخزين/مُعالجة البُراز. وعند تخزين البُراز في الحُجرات ينبغي إبقاؤه جافًّا قدر الإمكان؛ وذلك لدعم عملية التجفيف والحد من مسببات الأمراض. ولتحقيق ذلك، يجب أن تكون الغُرف معزولة -غير مُنفذة للمياه-، وينبغي توخي الحذر لضمان عدم دخول الماء إليها؛ فلا ينبغي أبدًا وضع مياه تنظيف الشرج داخل خزائن التجفيف، ولكن من الممكن تحويلها وتصريفها داخل حُفرة الامتصاص (س.7). ومن المهم أيضًا توفير إمدادات ثابتة من: الرماد، أو الجير، أو التربة، أو نشارة الخشب لتغطية البُراز، حيث يساعد ذلك على امتصاص الرطوبة، وتقليل الروائح، وعزل البُراز عن الناقلات المُحتملة (مثل الذباب). وفي حالة استخدام الرماد أو الجير تزداد درجة الأس الهيدروجيني pH المصاحب لذلك والتي قد تساعد على قتل الكائنات المسببة للأمراض.

يتم استعمال خزَّانات البول (ج.1) لجمع وتخزين/مُعالجة البول، أو بدلًا من ذلك، يمكن تحويل البول مباشرة إلى الأرض عن طريق نظام الري (س.6)، أو ترشيحه عن طريق حُفرة الامتصاص (س.7). ويُمكن التعامل مع البول -الذي تم تخزينه- بسهولة، ونسبة خطورته قليلة لأنه يُعتبر شِبه مُعَقَّم. وبفضل مُحتواه الغني بالمُغذيات، يُمكن استخدامه كسماد سائل جيد. ويمكن نقل البول المُخزَّن للاستخدام في الزراعة (س.2) سواء تم النقل باستخدام جراكن أو عبوات (ن.1)، أو وحدات التفريغ والنقل بواسطة المُحرّكات (ن.3)؛ وذلك بنفس طريقة نقل الكميات الكبيرة من المياه أو الحمأة إلى الحقول.

تتطلب إزالة ونقل البُراز المُجفّف المُتولد من حُجرات التجفيف إلى استخدام التفريغ والنقل بواسطة المجهود البشري (ن.2). ويسمح الاستخدام المتناوب لحُجرات التجفيف المُزدوجة بمدة تجفيف مطولة، وبذلك يشكِل البُراز المُجفف خطرًا محدودًا على صحة الإنسان عند إزالته. ويُنصح بالتخزين لمدة ستة أشهر على الأقل عندما يُستخدم الرماد أو الجير كمواد للتغطية؛ ومن ثَمَّ يُمكن استخدام البُراز المُجفف كمُحسِّن للتربة (س.3). وإذا كانت هناك مخاوف بشأن جودة المادة المُنتَجة، فيمكن إعدادها في مرفق مخصص لإعداد السماد قبل استخدامها. وإذا لم يكن هناك استخدام للمُنتجات، فيمكن تخزينها مؤقتًا أو التَخلُّص منها بشكل نهائي (س.12).

الاعتبارات يُمكن استخدام هذا النظام في أي مكان، ولكنه يتناسب بشكلٍ خاص مع المناطق الصخرية حيث صعوبة عملية الحَفر، أو مع المناطق ذات المنسوب المرتفع للمياه الجوفية، أو مع المناطق التي تُعاني من ندرة المياه. ويَعتمد نجاح هذا النظام على الفصل الفعّال للبول والبُراز، وكذلك على استخدام المواد المناسبة للتغطية. كما يُمكن أن يساهم المناخ الحار الجاف بشكلٍ كبيرٍ في التجفيف السريع للبُراز. وعلى الرغم من أن المواد المُزالة تكون آمنة وصالحة للاستعمال، فإنه يجب استخدام الحماية الشخصية المناسبة أثناء عمليات الإزالة، والنقل، والاستخدام.

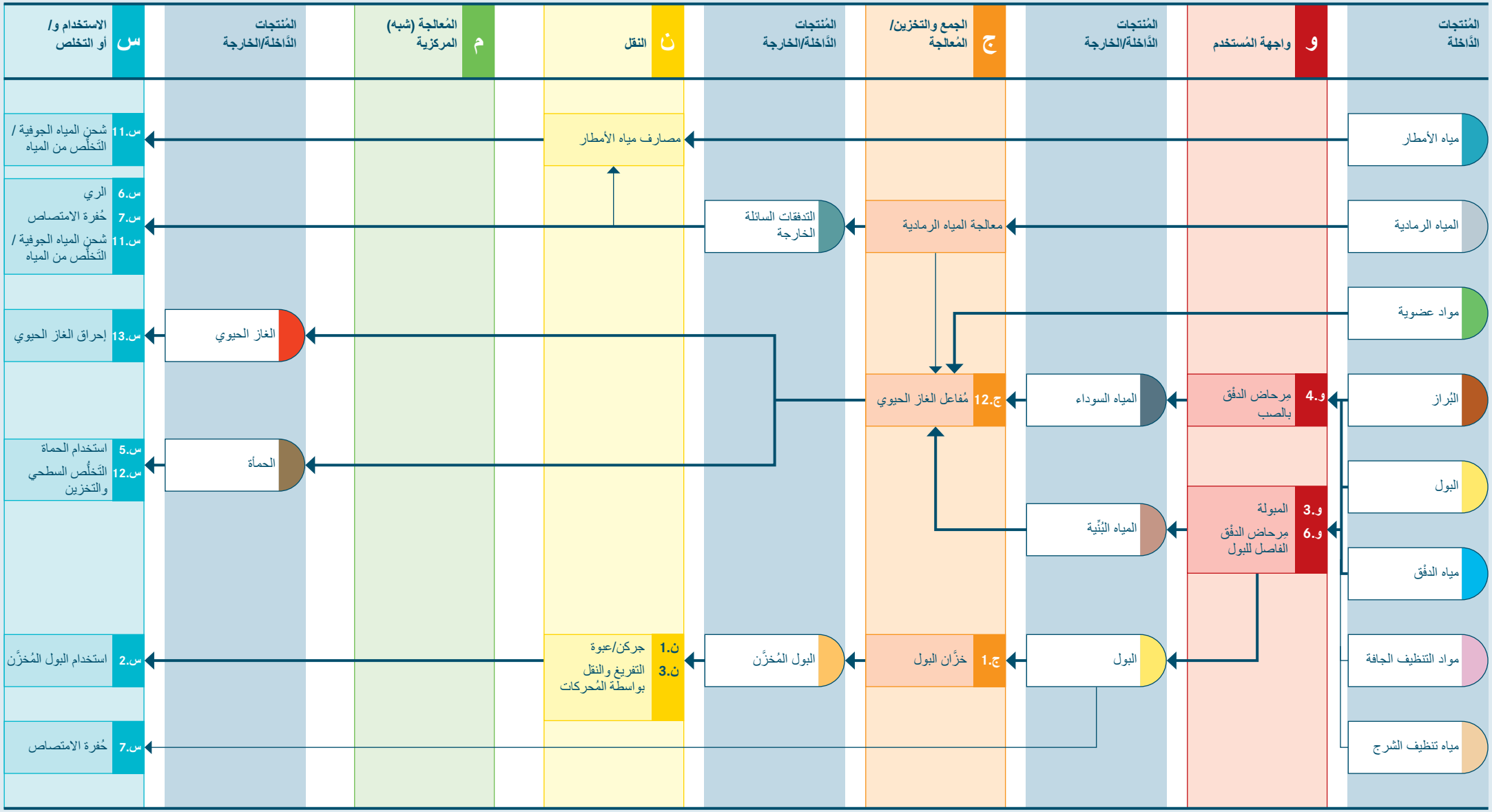
يتطلب الأمر نظامًا لفصل المياه الرمادية، حيث لا يجب إدخالها في حُجرات التجفيف. وإذا لم تكن هناك حاجة زراعية و/أو أي قبول لاستخدام البول، فيمكن تصريفه مباشرة في التربة أو في حفرة امتصاص. وفي حالة عدم وجود مُورِّدين لقواعد المِرحاض الجافة الفاصلة للبول أو البلاطات الأرضية سابقة الصنع، فيمكن صُنعها محليًّا باستخدام المواد المتاحة.

يُمكن استخدام جميع أنواع مواد التنظيف الجافة بالرغم من أنه يُفضَّل جمعها بطريقة منفصلة، حيث إنها لن تتحلل في الحُجرات، وتشغل المساحة.

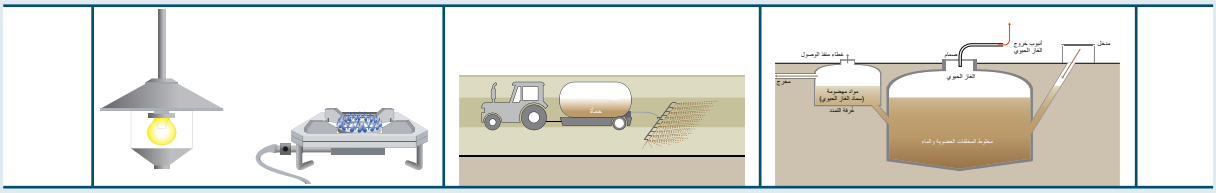
و يجب فصل مياه تنظيف الشرج عن البُراز، ولكن من الممكن أن يتم خلطها مع البول إذا تم نقلها إلى حفرة الامتصاص. أما فى حالة استخدام البول في الزراعة، فيجب إبقاء مياه تنظيف الشرج منفصلة لكي يتم ترشيحها فى الموقع، أو مُعالجتها مع المياه الرمادية.

تم نشر الإرشادات العامة للاستخدام الآمن للبُراز والبول من قِبَل منظمة الصحة العالمية WHO، وتمت الإشارة إليها في ملفات معلومات التقنيات المُتعلقة بهذا الشأن.

نظام الصرف الصحي 5: نظام الغاز الحيوي



النظام 5: نظام الغاز الحيوي



يعتمد هذا النظام على استخدام مُفاعل الغاز الحيوي (ج.12) في جمع، وتخزين، ومُعالجة فضلات الجسم. كما أنه يُنتج الغاز الحيوي الذي يمكن إحراقه لأغراض الطهي، أو الإضاءة، أو توليد الكهرباء. تشمل مُدخلات هذا النظام: البول، والبُراز، ومياه الدفْق، ومياه تنظيف الشرج، ومواد التنظيف الجافة، والمواد العُضوية (على سبيل المثال، مُخلفات السوق أو المطبخ)، والمُخلفات الحيوانية إن وجدت. يدعم هذا النظام نوعين مختلفين من تقنيات واجهة المُستخدم: مِرحاض الدفْق بالصب (و.4)، أو مِرحاض الدفْق الفاصل للبول (و.6) عن الحاجَة لاستخدام البول في الزراعة. كما يُمكن استخدام المبولة (و.3). وقد تتصل واجهة المُستخدم مباشرة بمفاعل الغاز الحيوي (ج .12)، والمعروف أيضًا باسم الهاضم اللاهوائي) من أجل الجمع والتخزين/المُعالجة. وفي حالة تركيب مِرحاض الدفْق الفاصل للبول (و/أو المبولة) يتم توصيله بخزَّان البول (ج.1) لجمع البول.

اعتمادًا على التصميم والأحمال المُصرَّفة إلى مُفاعل الغاز الحيوي يتم إفراز مواد مهضومة (حمأة) خفيفة أو كثيفة من المُفاعل باستمرار. وبسبب الوزن والحجم الكبيرين للمواد المُنتجة، فإنه يجب استخدام الحمأة داخل الموقع. وفي بعض الأحيان يتم تفريغ المواد المهضومة الخفيفة جدًّا في شبكة الصرف الصحي (على الرغم من أن هذا لم يتم توضيحه هنا في نموذج النظام).

وعلى الرغم من خضوع الحمأة لعملية الهضم اللاهوائي، فإنها لا تكون خالية من مسببات الأمراض، وبالتالي يجب التعامل معها بحذر، خاصةً إذا لم يكن هناك مُعالجة إضافية. ويتم تحديد نوعية المُعالجة الإضافية (على سبيل المثال، أحواض التجفيف المزروعة، م.15) بناءً على كيفية استخدام الحمأة. ويكون المُنتج غنيًّا بالمُغذيات حيث يُعتبر سمادًا جيدًا يمكن استخدامه في الزراعة (س.5)، أو نقله إلى موقع التخلص السطحي أو التخزين (س.12).

كما يجب استخدام الغاز الحيوي الناتج باستمرار، على سبيل المثال، كوقود نظيف لأغراض الطهي أو الإضاءة (س.13). أما في حالة عدم إحراق الغاز، فسيتراكم في الخزَّان ويزيد الضغط فيه، مما يؤدي إلى دفع المواد المهضومة للخارج حتى يتسرب الغاز الحيوي للغلاف الجوي عبر مخرج المواد المهضومة (سماد الغاز الحيوي).

ويعمل مُفاعل الغاز الحيوي مع البول أو بدونه. ولكن فصل البول عن المفاعل يتميز بإمكانية استخدامه بشكل مُنفصل كمصدر مُركّز للمغذيات وخالي من مسببات الأمراض. حيث يُمكن استخدام البول -الذي تم تجميعه في خزَّان التجميع- بشكل نموذجي في الحقول الزراعية المحلية (س.2). ويمكن نقل البول المُخزَّن بواسطة الجراكن أو العبوات (ن.1) أو عن طريق وحدات التفريغ والنقل بواسطة المحركات (ن.3).

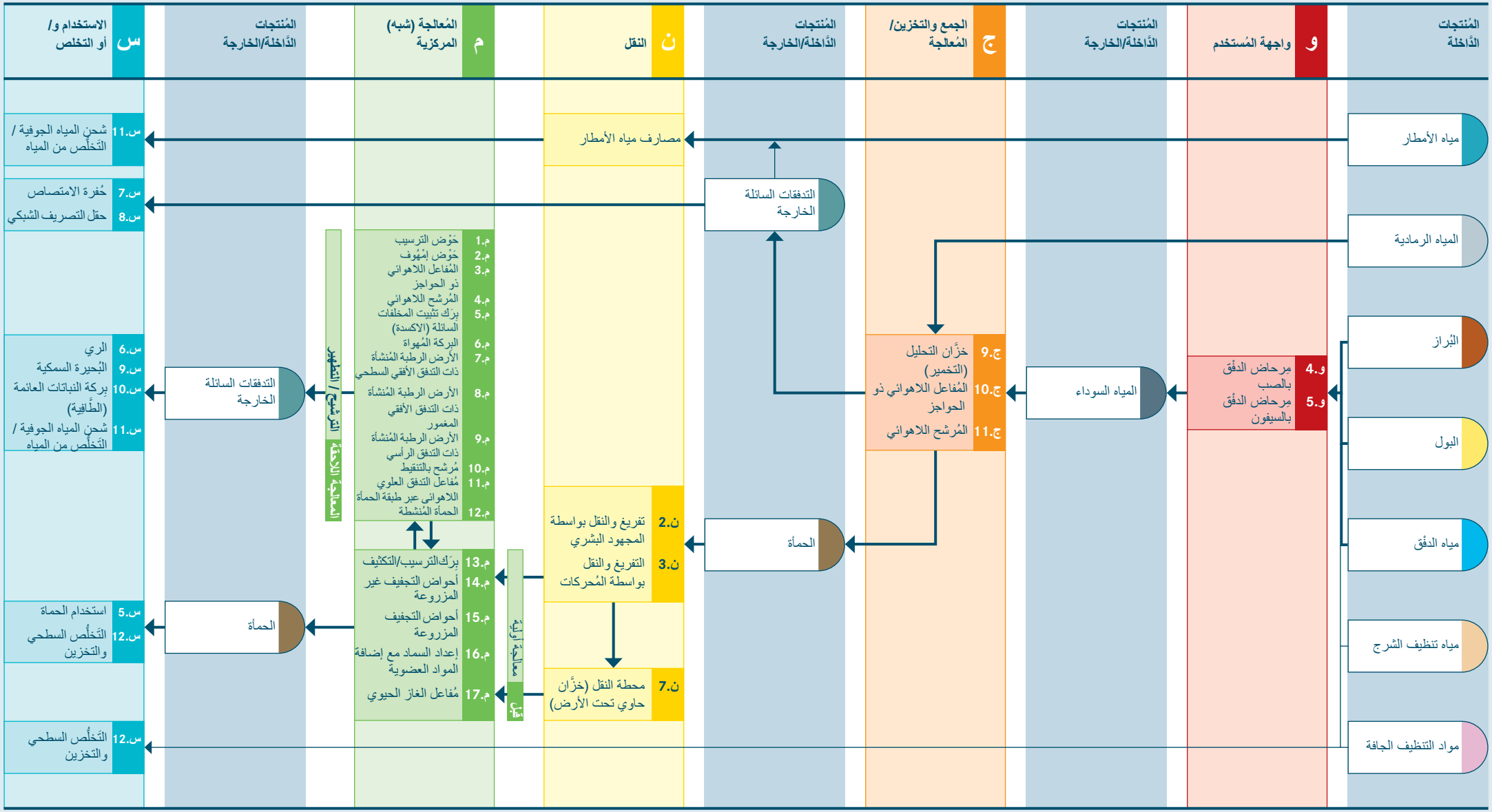
الاعتبارات يتناسب هذا النظام مع المناطق الريفية وشبه الحضرية حيث تتوفر المساحات المناسبة، والمصدر الثابت للمواد العضوية اللازمة لمُفاعل الغاز الحيوي، وحيث يوجد استخدام للمواد المهضومة والغاز الحيوي .كما يمكن بناء المُفاعل تحت الأرض (على سبيل المثال، تحت الأراضي الزراعية، وفي بعض الحالات أسفل الطرق)، وبالتالي، لا يتطلب مساحة كبيرة. وعلى الرغم من ذلك، فقد يكون المُفاعل مجديًا في مناطق حضرية عالية الكثافة السكانية، ولكن يحتاج إلى اهتمام خاص و إدارة ملائمة للحمأة بشكل سليم. وبما أن عملية إنتاج المواد المهضومة عملية مستمرة، فيجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة على مدار السنة سواء للاستخدام و/أو النقل بعيدًا عن الموقع.

ويمكن لنظام الغاز الحيوي أن يعمل مع مجموعة كبيرة من المُدخلات، ويكون مناسبًا بشكل خاص في حالة توفر مصدرًا ثابتًا للروث الحيواني، أو عندما تتوافر مُخلفات السوق والمطبخ بشكل كبير. فعلى سبيل المثال، يُمكن في المزارع إنتاج كميات كبيرة من الغاز الحيوي إذا تم هضم روث الحيوانات مع المياه السوداء، حيث لا يتحقق هذا الإنتاج الكبير من فضلات جسم الإنسان وحدها. ويصعب تحلل المواد الخشبية أو القش، لذا ينبغي تجنب وجودها في المواد الدَّاخلة للمُفاعل. قد يتطلب الأمر بعض الوقت لتحقيق التوازن الجيد بين الفضلات (البشرية أو الحيوانية)، والمواد العضوية، والمياه، ولكن في أغلب الأحيان تكون النتيجة مُرضية. ومع ذلك، ينبغي الحرص على عدم تحميل النظام بكميات كبيرة من المواد الصلبة أو السوائل (على سبيل المثال، لا ينبغي أن تضاف المياه الرمادية في نظام مفاعل الغاز الحيوي لأنها تُقلل بشكل كبير من زمن البقاء الهيدروليكي).

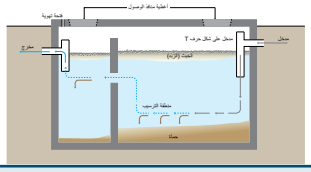
كما يُمكن تصريف معظم أنواع مواد التنظيف الجافة والمواد العضوية في مُفاعل الغاز الحيوي. ويجب تكسير أو تقطيع المواد الكبيرة إلى قطع صغيرة قبل إضافتها للمُفاعل، وذلك لتسريع التفاعل ولضمان التفاعلات المتوازنة.

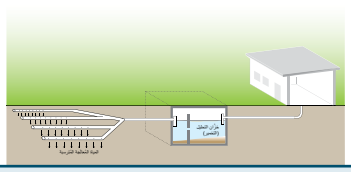
تم نشر الإرشادات العامة لاستخدام الحمأة من قِبَل منظمة الصحة العالمية WHO، وتمت الإشارة إليها في ملفات معلومات التقنيات المُتعلقة بهذا الشأن.

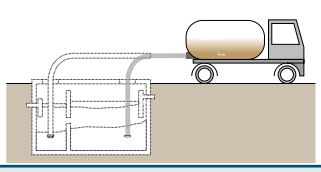
نظام الصرف الصحي 6: نظام مُعالجة المياه السوداء مع التصريف



النظام 6: نظام مُعالجة المياه السوداء مع التصريف







يعتمد هذا النظام على المياه، حيث يتطلب مِرحاض دفْق وتقنية جمع وتخزين/مُعالجة مناسبة لاستقبال كميات كبيرة من المياه. تشمل مُدخلات هذا: النظام البُراز، والبول، ومياه الدفْق، ومياه تنظيف الشرج، ومواد التنظيف الجافة، والمياه الرمادية.

كما يمكن استخدام نوعين من تقنيات واجهة المُستخدم في هذا النظام: مِرحاض الدفْق بالصب (و.4) أو مِرحاض الدفْق بالسيفون (و.5)، بالإضافة إلى إمكانية استخدام المبولة (و.3). وتتصل واجهة المُستخدم مباشرةً بتقنية لجمع وتخزين/مُعالجة المياه السوداء المُتولدة، وقد تكون هذه التقنية: خزَّان تحليل (تخمير) (ج.9)، أو مفاعل لاهوائي ذو حواجز (ج.10)، أو مُرشِّح لاهوائي (ج.11). وعلى الرغم من العمليات اللاهوائية تعمل على تخفيض الحِمل العضوى و مسببات الأمراض، فإن التدفقات السائلة الخارجة تظل غير مناسبة للاستخدام المباشر. وينبغي مُعالجة المياه الرمادية جنبًا إلى جنب مع المياه السوداء في تقنية الجمع والتخزين/المُعالجة، ولكن إذا كانت هناك حاجة لاسترجاع المياه، فيُمكن مُعالجتها بشكل منفصل (لم تتم الإشارة إلى ذلك في نموذج النظام).

أما التدفقات السائلة الخارجة المُتولدة من الجمع والتخزين/المُعالجة فيمكن تصريفها مباشرة في الأرض للاستخدام و/أو للتخلص، وذلك عن طريق حُفرة الامتصاص (س.7) أو حقل التصريف الشبكي (س.8). ويُمكن تصريف التدفقات السائلة الخارجة في شبكة صرف مياه الأمطار لإعادة شحن المياه الجوفية / التَّخلّص من المياه (س.11) ولكن ذلك غير موصى به. حيث يجب اعتبار ذلك فقط عندما تكون التدفقات السائلة الخارجة ذات جودة عالية، وعندما لا يكون هناك إمكانية للارتشاح داخل الموقع، أو النقل إلى خارجه.

كما يجب إزالة الحمأة المُتولدة من تقنية الجمع والتخزين/المُعالجة ونقلها لتخضع لمُعالجة إضافية. وقد تشمل تقنيات النقل المُستخدمة: طرق التفريغ والنقل بواسطة المجهود البشري (ن.2)، أو التفريغ والنقل بواسطة المحركات (ن.3). ويجب تجنب تعرُّض الإنسان للحمأة غير المُعالجة، وكذلك عدم استخدامها مباشرةً في الزراعة؛ حيث إنها مسببة للأمراض بدرجة عالية. ويتم بعد ذلك نقل الحمأة المُزالة إلى المرفق المخصص لمُعالجة الحمأة (م.13 - م.17)؛ وفي حالة تعذر الوصول لمثل هذا المرفق، فإنه من الممكن تفريغ الحمأه في محطة النقل (التحويل) (ن.7)، ومن ثَّم يتم نقلها إلى مرفق المُعالجة بواسطة العَرَبات ذات المُحركات (ن.3).

شجرة اختيار التقنية الخاصة بمحطات مُعالجة الحمأة متوفرة في المرجع: Strande et al., 2014 (انظر أدوات تطوير القطاع، صفحة 9). تُنتج تقنيات المُعالجة (شبه) المركزية (م.1 - م.17) كلًا من التدفقات السائلة الخارجة والحمأة، والتي قد تتطلب مزيدًا من المُعالجة قبل استخدامها و/أو التَّخلّص منها، على سبيل المثال، التدفقات السائلة الخارجة من مرفق مُعالجة الحمأة يُمكن مُعالجتها مع مياه الصرف في بِركة تثبيت المخلفات السائلة (الأكسدة) (م.5) أو الأراضي الرطبة المُنشأة (م.7 - م.9).

تشمل الخيارات المتاحة للاستخدام و/أو التَّخلّص من التدفقات السائلة الخارجة التي تمت مُعالجتها كلًا من الري (س.6)، أو البُحيرات السمكية (س.9)، أو بِرَك النباتات العائمة (الطافِية) (س.10) أو التصريف في مُسطَّح مائي (إعادة شحن المياه الجوفية / التَّخلّص من المياه س.11). وبعد إجراء المُعالجة المناسبة يمكن استخدام الحمأة في الزراعة (س.5)، أو نقلها إلى موقع التخزين التَّخلّص (س.12)

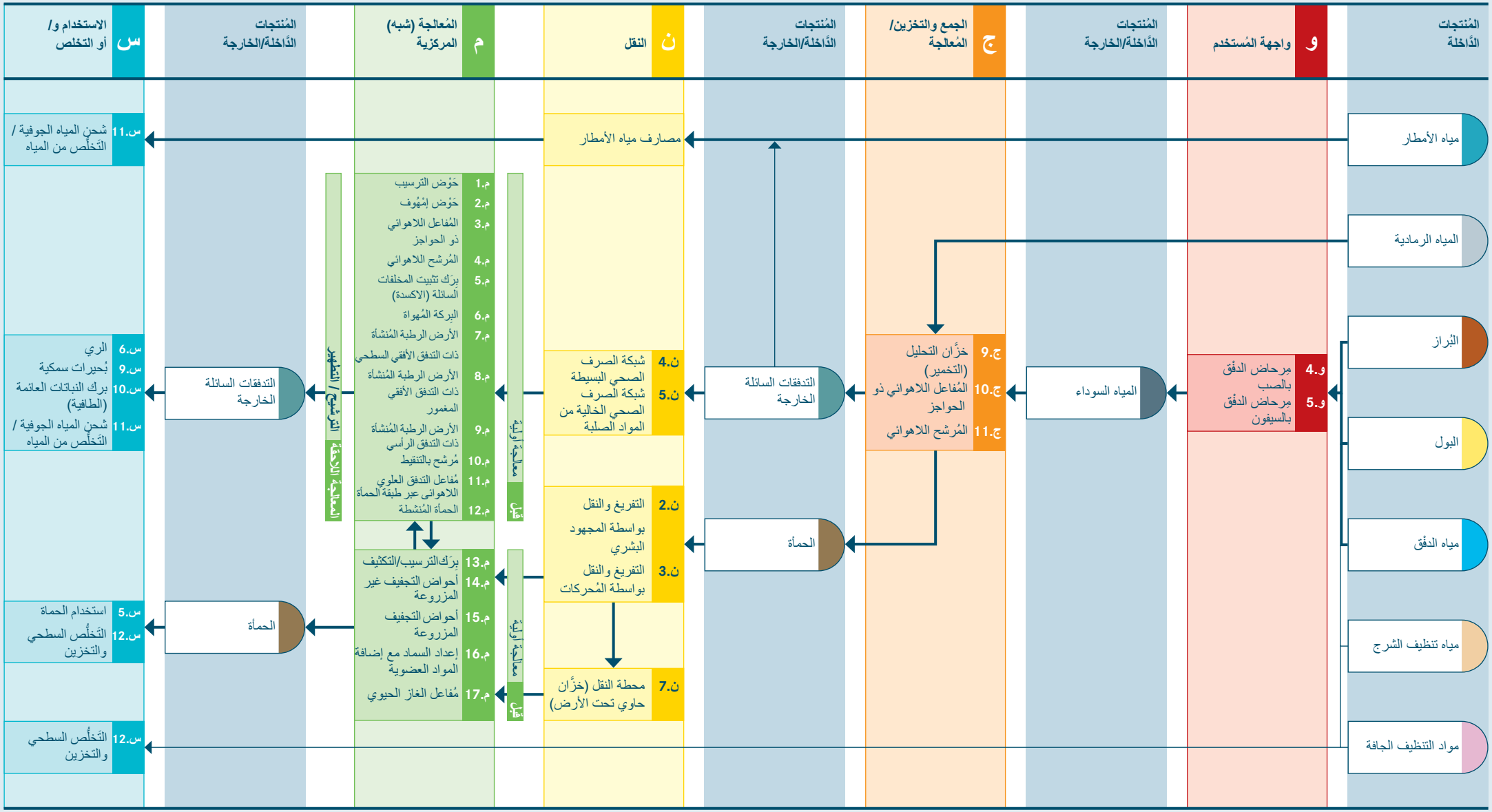
الاعتبارات يتناسب هذا النظام فقط مع المناطق التي تتوافر بها خدمات إزالة الحمأة بتكلفة معقولة، والتي تتوافر بها طريقة مناسبة للتخلص من الحمأة. ولكي تعمل التقنيات التي تعتمد على الارتشاح؛ يجب أن تتوفر المساحة الكافية، وأن تكون سِعة التربة كافية لامتصاص التدفقات السائلة الخارجة. وفي حالة عدم توفر ذلك، فينبغي الانتقال إلى النظام 7 (نظام مُعالجة المياه السوداء مع نقل التدفقات السائلة الخارجة). يُمكن تهيئة هذا النظام لاستخدامه في المناخات الباردة، حتى وإن كان هناك صقيع أرضي. كما يتطلب هذا النظام مصدرًا دائمًا للمياه.

يتناسب هذا النظام القائم على المياه مع مُدخلات مياه تنظيف الشرج، كما يُمكن استخدام مواد التنظيف الجافة سهلة التحلل، وذلك لأن المواد الصلبة تترسب وتُهضم في الموقع. أما بالنسبة للمواد المُتصلبة أو غير القابلة للتحلل (على سبيل المثال: أوراق الأشجار والأقمشة البالية) فقد تتسبب في انسدادات النظام مما يؤدي إلى مشاكل التفريغ، وبالتالي لا ينبغي استخدامها. كما يجب في الحالات التي يتم فيها تجميع مواد التنظيف الجافة بشكل منفصل من مراحيض الدفْق أن يتم التَّخلّص منها بطريقة مناسبة (على سبيل المثال، التَّخلّص السطحي، س.12)

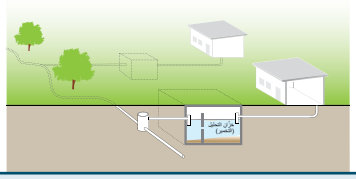
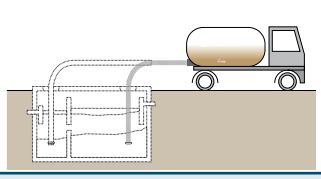
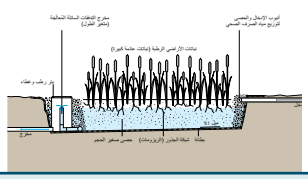
يُعتبر رأس المال المُستثمَر فى هذا النظام كبير (للحَفر وإنشاء تقنية التخزين والتصريف فى الموقع) ولكن يُمكن مشاركة هذه التكاليف بين العديد من الأسر إذا تم تصميم النظام لعدد كبير من المستخدمين.

تم نشر الإرشادات العامة لاستخدام التدفقات السائلة الخارجة والحمأة من قِبَل منظمة الصحة العالمية WHO، وتمت الإشارة إليها في ملفات معلومات التقنيات المُتعلقة بهذا الشأن.

نظام الصرف الصحي 7: نظام مُعالجة المياه السوداء مع نقل التدفقات السائلة الخارجة



النظام 7: نظام مُعالجة المياه السوداء مع نقل التدفقات السائلة الخارجة

يتصف هذا النظام باستخدام تقنية تعمل على المستوى المنزلي لإزالة وهضم المواد الصلبة المترسبة من المياه السوداء، موصولة بشبكة صرف صحي بسيطة (ن.4) أو شبكة صرف صحي خالية من المواد الصلبة (ن.5) لنقل التدفقات السائلة الخارجة إلى مرفق المُعالجة (شبه) المركزية. تشمل مُدخلات هذا النظام: البُراز، والبول، ومياه الدفْق، ومياه تنظيف الشرج، ومواد التنظيف الجافة، والمياه الرمادية.

هذا النظام مشابه للنظام 6 (نظام مُعالجة المياه السوداء مع التصريف) إلا أن إدارة التدفقات السائلة الخارجة المُنتَجة خلال جمع وتخزين/مُعالجة المياه السوداء مختلفة. حيث يتم نقل التدفقات السائلة الخارجة من خزَّانات التحليل (التخمير) (ج.9)، أو المُفاعلات اللاهوائية ذات الحواجز (ج.10)، أو المُرشِّحات اللاهوائية (ج.11) إلى مرفق المُعالجة (شبه) المركزية عن طريق شبكة الصرف الصحي البسيطة أو شبكة الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة.

تعمل وحدات الجمع والتخزين/المُعالجة بمثابة "خزَّانات حجز المواد الصلبة" وتسمح باستخدام شبكات الصرف الصحي البسيطة ذات القطر الصغيرة، حيث إن مياه الصرف تكون خالية من المواد الصلبة القابلة للترسيب. ومثل النظام 6، يُمكن أيضًا أن يتم تصريف التدفقات السائلة الخارجة في شبكة صرف مياه الأمطار من أجل إعادة شحن المياه الجوفية / التَخلُّص من المياه (س.11)، ولكن ذلك النهج غير موصى به. حيث يجب اعتبار ذلك فقط عندما تكون التدفقات السائلة الخارجة ذات جودة عالية، وعندما يكون نقلها إلى محطة المُعالجة غير ممكن.

تتم مُعالجة التدفقات السائلة الخارجة المنقولة إلى مرفق المُعالجة باستخدام مزيجًا من تقنيات م.1 - م.12. كما هو الحال في النظام 6، فإن الحمأة الناتجة من تقنية الجمع والتخزين/المُعالجة يجب إزالتها ونقلها لمزيد من المُعالجة في مرفق مخصص لمُعالجة الحمأة (م.13 - م.17).

شجرة اختيار التقنية الخاصة بمحطات مُعالجة الحمأة متوفرة في المرجع: Strande et al., 2014 (انظر أدوات تطوير القطاع، صفحة 9). تُنتج تقنيات المُعالجة (شبه) المركزية (م.1 - م.17) كلًا من التدفقات السائلة الخارجة والحمأة، والتي قد تتطلب مزيدًا من المُعالجة قبل استخدامها و/أو التَّخلص منها.

تشمل الخيارات المتاحة للاستخدام و/أو التَّخلُّص من التدفقات السائلة الخارجة التي تمت مُعالجتها كلًا من الري (س.6)، أو البُحيرات السمكية (س.9)، أو برَك النباتات العائمة (الطافِية) (س.10) أو التصريف في مُسطَّح مائي (إعادة شحن المياه الجوفية / التَّخلُّص من المياه س.11). وبعد إجراء المُعالجة المناسبة يمكن استخدام الحمأة في الزراعة (س.5)، أو نقلها إلى موقع التخزين/التَّخلُّص (س.12)

الاعتبارات يتناسب هذا النظام بصفة خاصة مع المناطق الحضرية حيث تكون التربة غير مناسبة لارتشاح التدفقات السائلة الخارجة، ولأن شبكة الصرف الصحي -في الحالة المثالية- تكون معزولة (غير منفذة للمياه)، فإن هذا النظام يكون قابل للتطبيق -أيضًا- في المناطق ذات مناسيب المياه الجوفية العالية. ويمكن استخدام هذا النظام كوسيلة لتحسين أداء تقنيات الجمع والتخزين/المُعالجة القائمة بالفعل والتي تكون دون المستوى (على سبيل المثال، خزَّانات التحليل (التخمير) عن طريق تقديم مُعالجة مُحسَّنة.

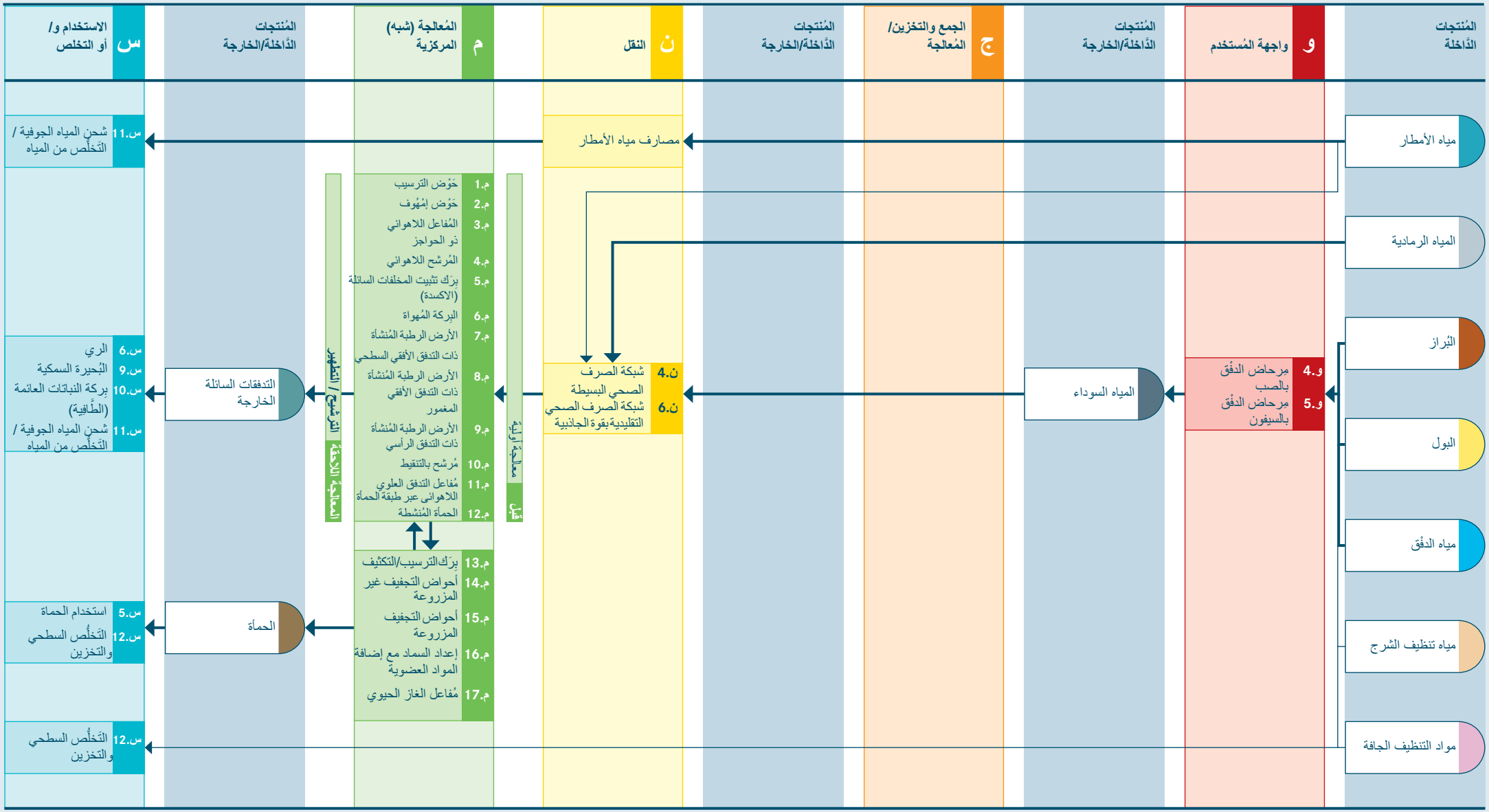
يعتمد نجاح هذا النظام على التزام المستخدِم في ما يتعلق بتشغيل وصيانة شبكة الصرف الصحي. كما يُمكِن لأي شخص أو هيئة أن تكون مسئولة عن التشغيل والصيانة بالنيابة عن المستخدمين. ويجب أن يكون هناك طريقة سهلة (غير مُكلفة) ومنتظمة لإزالة الحمأة من خزَّانات حجز المواد الصلبة (التجميع) حيث إن استعمال خزَّان واحد بطريقة غير صحيحة بواسطة أحد المستخدمين قد يؤثر سلبًا على شبكة الصرف الصحي بالكامل. ومن المهم أيضًا الاهتمام بصيانة مرفق المُعالجة بطريقة مناسبة، ففي بعض الحالات تُدار عملية الصيانة على مستوى البلديات (المحليات) أوعلى المستوى الإقليمي. وفي حالة وجود حل محلي على نطاق ضيق (على سبيل المثال، الأراضي الرطبة المُنشأة) فإن تنظيم مسؤوليات التشغيل والصيانة تكون على مستوى المجتمع.

يتناسب هذا النظام القائم على المياه مع مُدخلات مياه تنظيف الشرج، كما يُمكن استخدام مواد التنظيف الجافة سهلة التحلل، وذلك لأن المواد الصلبة تترسب وتُهضم في الموقع. أما بالنسبة للمواد المُتصلبة أو غير القابلة للتحلل (على سبيل المثال: أوراق الأشجار والأقمشة البالية) فقد تتسبب في انسدادات النظام مما يؤدي إلى مشاكل التفريغ، وبالتالي لا ينبغي استخدامها. كما يجب في الحالات التي يتم فيها تجميع مواد التنظيف الجافة بشكل منفصل من مراحيض الدفْق أن يتم التَّخلُّص منها بطريقة مناسبة (على سبيل المثال، التَّخلُّص السطحي، س.12)

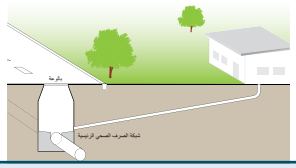
مع نقل التدفقات السائلة الخارجة خارج الموقع إلى مرفق المُعالجة (شبه) المركزية، يصبح رأس المال المُستثمَر لتنفيذ هذا النظام كبير. وقد يكون إنشاء تقنية الجمع والتخزين/المُعالجة في الموقع أمرًا مكلفًا، ولكن تصميم وإنشاء شبكة صرف صحي بسيطة أو شبكة صرف صحي خالية من المواد الصلبة يكون أقل في التكلفة من شبكات الصرف الصحي التقليدية بقوة الجاذبية. كما تُعتبر محطة المُعالجة خارج الموقع عاملًا مهمًا من حيث التكلفة، خصوصًا إذا لم تكن هناك وحدة موجودة بالفعل يمكن توصيل شبكة الصرف الصحي بها.

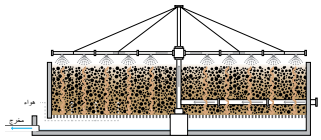
تم نشر الإرشادات العامة للاستخدام الآمن للتدفقات السائلة الخارجة والحمأة من قِبَل منظمة الصحة العالمية WHO، وتمت الإشارة إليها في ملفات معلومات التقنيات المُتعلقة بهذا الشأن.

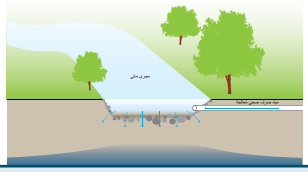
نظام الصرف الصحي 8: نظام نقل المياه السوداء إلى المُعالجة (شبه) المركزية



النظام 8: نظام نقل المياه السوداء إلى المُعالجة (شبه) المركزية







يعتمد هذا النظام -القائم على المياه- على شبكات الصرف الصحي، حيث يتم نقل المياه السوداء إلى مرفق المُعالجة المركزية أو شبه المركزية. وتكون السمة المهمة لهذا النظام هي عدم وجود مرحلة الجمع والتخزين/المُعالجة. تشمل مُدخلات هذا النظام: البُراز، والبول، ومياه الدفْق، ومياه تنظيف الشرج، ومواد التنظيف الجافة، والمياه الرمادية، وربما مياه الأمطار.

كما يمكن استخدام نوعين من تقنيات واجهة المُستخدم في هذا النظام: مِرحاض الدفْق بالصب (و.4) أو مِرحاض الدفْق بالسيفون (و.5)، بالإضافة إلى إمكانية استخدام المبولة (و.3).

ثم يتم نقل المياه السوداء المُتولدة من واجهة المُستخدم مع المياه الرمادية مباشرةً إلى مرفق المُعالجة (شبه) المركزية، وذلك عن طريق شبكة صرف صحي بسيطة (ن.4) أو شبكة صرف صحي تقليدية بقوة الجاذبية (ن.6).

كما يمكن أيضًا تصريف مياه الأمطار في شبكة الصرف الصحي بقوة الجاذبية، على الرغم من أن ذلك قد يُخفِّف من مياه الصرف الصحي، كما يتطلب أيضًا كميات غزيرة من مياه الأمطار؛ لذلك فإن النُّهُج المُوصى بها هي: الحفظ والتصريف الأرضي لمياه الأمطار، أو عمل نظام صرف مُنفصل لمياه الأمطار. وبما أنه لا تُوجد مرحلة الجمع والتخزين/المُعالجة، فإن المياه السوداء يتم نقلها بالكامل إلى مرفق المُعالجة (شبه) المركزية. كما يساعد إدخال المياه الرمادية إلى تقنية النقل على منع تراكم المواد الصلبة في شبكة الصرف الصحي.

وتتطلب مُعالجة المياه السوداء المنقولة استخدام مزيجًا من تقنيات م.1 - م.12. كما يجب المُعالجة الإضافية للحمأة المُتولدة من هذه التقنيات في مرفق مخصص لمُعالجة الحمأة (التقنيات م.13 - م.17) قبل الاستخدام أو التّخلّص منها.

تشمل الخيارات المتاحة للاستخدام و/أو التَخلُّص من التدفقات السائلة الخارجة التي تمت مُعالجتها كلًا من الري (س.6)، أو البُحيرات السمكية (س.9)، أو بِرَك النباتات العائمة (الطافِية) (س.10) أو التصريف في مُسطَّح مائي (إعادة شحن المياه الجوفية / التَخلُّص من المياه س.11). وبعد إجراء المُعالجة المناسبة يمكن استخدام الحمأة في الزراعة (س.5)، أو نقلها إلى موقع التخزين/التَخلُّص (س.12)

الاعتبارات يتناسب هذا النظام بصفة خاصة مع المناطق الحضرية وشبه الحضرية الكثيفة، حيث المساحة القليلة أو عدم وجود مساحة في الموقع على الإطلاق لتقنيات التخزين أو التفريغ. ولا يتناسب بشكل كبير مع المناطق الريفية ذات الكثافة المنخفضة للمنازل. وحيث إن شبكة الصرف الصحي -في الحالة المثالية- تكون معزولة (غير منفذة للمياه)، فإن هذا النظام يكون قابل للتطبيق -أيضًا- في المناطق ذات مناسيب المياه الجوفية العالية. ويجب توفر الإمدادات الثابتة من المياه في شبكات الصرف الصحي للتأكد من عدم انسدادها.

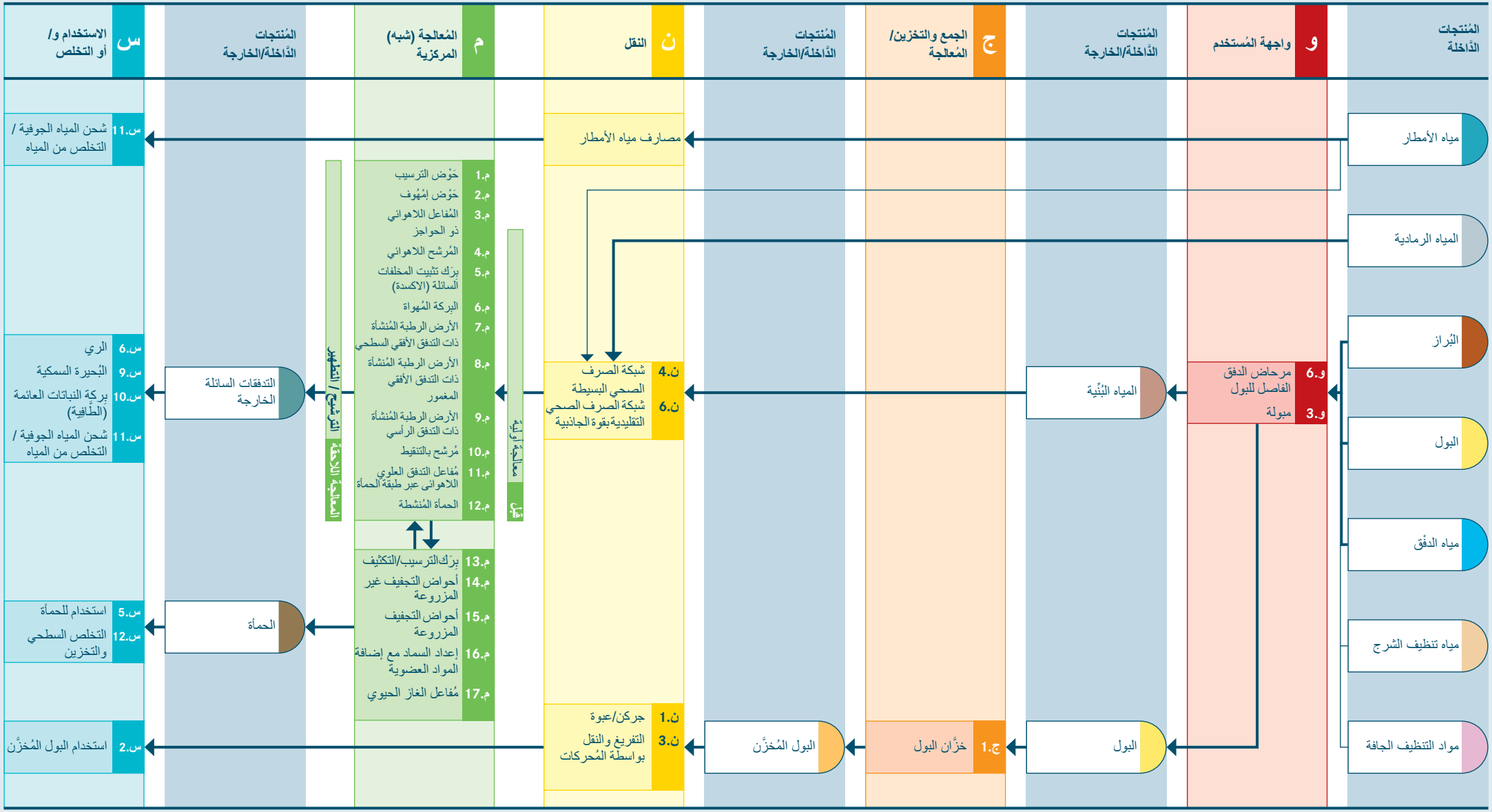
كما يمكن استيعاب مواد التنظيف الجافة في هذا النظام أو جمعها والتَّخلّص منها بشكل منفصل (على سبيل المثال، التَّخلّص السطحي، س.12).

قد يكون رأس المال المُستثمر في هذا النظام عالٍ جدًّا؛ حيث تتطلب شبكات الصرف الصحي التقليدية بقوة الجاذبية حَفر بالغ، وتركيبات مُكلفة، بينما تكون شبكة الصرف الصحي البسيطة -بشكلٍ مُجمل- أقل في التكلفة، وذلك إذا سَمحت ظروف الموقع بتصميم تشاركي مناسب. وقد يتطلب من المستخدمين أن يدفعوا رسومًا لاستخدام هذا النظام، وأن يتكفلوا بتكاليف صيانته. واعتمادًا على نوع شبكة الصرف الصحي ومنظومة الإدارة (البسيطة في مقابل التقليدية، والتي تدار بواسطة المدينة في مقابل التي تدار بواسطة المجتمع) تكون هناك درجات متفاوتة في مسئوليات التشغيل أو الصيانة على أصحاب المنازل.

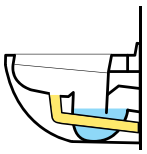
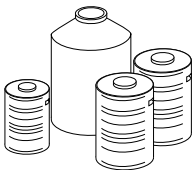
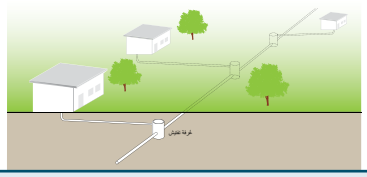
يُصبح هذا النظام أكثر مُلاءَمَةً في حالة وجود الرغبة والقدرة على دفع تكاليف الاستثمار والصيانة، ووجود مرفق مُعالجة قائم بالفعل ولديه المقدرة على استيعاب التدفق الإضافي.

تم نشر الإرشادات العامة للاستخدام الآمن للتدفقات السائلة الخارجة والحمأة من قِبَل منظمة الصحة العالمية WHO، وتمت الإشارة إليها في ملفات معلومات التقنيات المُتعلقة بهذا الشأن.

نظام الصرف الصحي 9: نظام شبكة الصرف الصحي مع فصل البول



نظام 9: نظام شبكة الصرف الصحي مع فصل البول

يعتمد هذا النظام على المياه، حيث يتطلب مِرحاض دفْق فاصل للبول (و.6)، وشبكة صرف صحي. مِرحاض الدفْق الفاصل للبول عبارة عن واجهة مُستخدِم خاصة تسمح بالجمع المُنفصل للبول بدون خلطه بالمياه، على الرغم من أن هذه التقنية تستخدم المياه من أجل طرد البُراز. قد تشمل مُدخلات هذا النظام: البُراز، والبول، ومياه الدفْق، ومياه تنظيف الشرج، ومواد التنظيف الجافة، والمياه الرمادية، وربما مياه الأمطار.

تقنية واجهة المُستخدم الرئيسية لهذا النظام هي مِرحاض الدفْق الفاصل للبول (و.6)، ويمكن إضافة المَبولة (و.3) لهذا النظام؛ لجمع البول بطريقة فَعَّالة. يتم فصل المياه البُنِّية عن البول في واجهة المُستخدم، وتتخطى المياه البُنِّية وحدة الجمع والتخزين/المُعالجة، وتنتقل مباشرةً إلى مرفق المُعالجة (شبه) المركزية عن طريق شبكة صرف صحي بسيطة (ن.4)، أو شبكة صرف صحي تقليدية بقوة الجاذبية (ن.6)، كما يتم نقل المياه الرمادية أيضًا عبر نفس الشبكة، ولا تتم معالجتها بشكل مُنفصل.

كما يمكن أيضًا تصريف مياه الأمطار في شبكة الصرف الصحي بقوة الجاذبية، على الرغم من أن ذلك قد يُخفِّف من مياه الصرف الصحي، كما يتطلب أيضًا كميات غزيرة من مياه الأمطار؛ لذلك فإن النُّهُج المُوصى بها هي: الحفظ والتصريف الأرضي لمياه الأمطار، أو عمل نظام صرف مُنفصل لمياه الأمطار.

البول الذي تم فصله في واجهة المُستخدم يتم تجميعه في خزَّان البول (ج.1). ويمكن تحويل البول مباشرة إلى الأرض عن طريق نظام الري (س.6)، أو ترشيحه عن طريق حُفرة الامتصاص (س.7). ويُمكن التعامل مع البول -الذي تم تخزينه- بسهولة، ونسبة خطورته قليلة لأنه يُعتبر شِبه مُعَقَّم. وبفضل مُحتواه الغني بالمُغذيات، يُمكن استخدامه كسماد سائل جيد. ويمكن نقل البول المُخزَّن للاستخدام في الزراعة (س.2) سواء تم النقل باستخدام جراكن أو عبوات (ن.1)، أو وحدات التفريغ والنقل بواسطة المُحرّكات (ن.3)؛ وذلك بنفس طريقة نقل الكميات الكبيرة من المياه أو الحمأة إلى الحقول.

يتم مُعالجة المياه البُنِّية في مرفق المُعالجة (شبه) المركزية باستخدام مزيجًا من تقنيات م.1 - م.12. كما يجب المُعالجة الإضافية للحمأة المُتولدة من هذه التقنيات في مرفق مخصص لمُعالجة الحمأة (التقنيات م.13 - م.17) قبل الاستخدام أو التَّخلُّص منها.

تشمل الخيارات المتاحة للاستخدام و/أو لتَّخلُّص من التدفقات السائلة الخارجة التي تمت مُعالجتها كلًا من الري (س.6)، أو البُحيرات السمكية (س.9)، أو بِرَك النباتات العائمة (الطَّافية) (س.10) أو التصريف في مُسطَّح مائي (إعادة شحن المياه الجوفية / التَخلُّص من المياه س.11). وبعد إجراء المُعالجة المناسبة يمكن استخدام الحمأة في الزراعة (س.5)، أو نقلها إلى موقع التخزين/ لتَّخلُّص (س.12)

الاعتبارات يتناسب هذا النظام فقط عندما تكون هناك حاجة إلى فصل البول، و/أو عندما تكون هناك رغبة في الحد من استهلاك المياه، وذلك عن طريق استخدام مِرحاض دفْق فاصل للبول ذي استهلاك مائي قليل في عمليه الدفْق (على الرغم من ذلك، فإن هذا النظام يتطلب مصدرًا دائمًا للمياه). قد يكون هذا النظام مُجديًا لمحطة المُعالجة إذا كانت حمولتها زائدة في العادة؛ فحمولة المُغذيات المنخفضة (عن طريق إزالة البول) يُمكن أن تُساعد في تحسين المُعالجة. ومع ذلك، فإن كانت المحطة تعمل بحمولة منخفضة (أي أنه تم تصميمها بإمكانيات فوق المطلوبة) فإن هذا النظام يُمكن أن يزيد من تفاقم المشكلة. واعتمادًا على نوع شبكات الصرف الصحي المستخدمة، يمكن تهيئة هذا النظام لكل من المناطق الحَضرية وشبه الحضرية الكثيفة. ولكنه لا يتناسب بشكل كبير مع المناطق الريفية ذات الكثافة المنخفضة للمنازل. وحيث إن شبكة الصرف الصحي -في الحالة المثالية- تكون معزولة (غير منفذة للمياه)، فإن هذا النظام يكون قابل للتطبيق -أيضًا- في المناطق ذات مناسيب المياه الجوفية العالية.

كما يمكن استيعاب مواد التنظيف الجافة في هذا النظام أو جمعها و لتَّخلُّص منها بشكل منفصل (على سبيل المثال، لتَّخلُّص السطحي، س.12).

مراحيض الدفْق الفاصلة للبول ليست شائعة، وتكلفة رأس المال لهذا النظام يمكن أن تكون مُرتفعة جدًّا؛ ويرجع هذا جُزئيًا إلى حقيقة أن المنافسة محدودة في سوق تقنيات واجهة المُستخدم، وأيضًا لأنها تتطلب عمالة ماهرة جدًّا لعمل نظام السباكة المزدوج.

تتطلب شبكات الصرف الصحي التقليدية بقوة الجاذبية حَفر بالغ، وتركيبات مُكلفة، بينما تكون شبكة الصرف الصحي البسيطة -بشكلٍ مُجمل- أقل في التكلفة؛ وذلك إذا سَمحت ظروف الموقع بتصميم تشاركي مناسب. وقد يتطلب من المستخدمين أن يدفعوا رسومًا لاستخدام هذا النظام، وأن يتكفلوا بتكاليف صيانته. واعتمادًا على نوع شبكة الصرف الصحي ومنظومة الإدارة (البسيطة في مقابل التقليدية، والتي تدار بواسطة المدينة في مقابل التي تدار بواسطة المجتمع) تكون هناك درجات متفاوتة في مسئوليات التشغيل أو الصيانة على أصحاب المنازل.

يُصبح هذا النظام أكثر مُلاءَمَةً في حالة وجود الرغبة والقدرة على دفع تكاليف الاستثمار والصيانة، ووجود مرفق مُعالجة قائم بالفعل ولديه المقدرة على استيعاب التدفق الإضافي.

تم نشر الإرشادات العامة للاستخدام الآمن للبول والتدفقات السائلة الخارجة والحمأة من قِبَل منظمة الصحة العالمية WHO، وتمت الإشارة إليها في ملفات معلومات التقنيات المُتعلقة بهذا الشأن.

الجزء الثاني: المجموعات الوظيفية مع ملفات معلومات التقنيات

يُقدم الجزء الثاني من الكتاب لمحة عامة عن تقنيات الصرف الصحي المختلفة في كل مجموعة وظيفية، وذلك عن طريق شرح كيفية عمل هذه التقنيات وأين يمكن استخدامها، ومزاياها، وعيوبها.

يوجد لكل تقنية مذكورة في نماذج الأنظمة ملف معلومات التقنية والذي يشمل توضيحًا وملخصًا للتقنية، ومناقشة للتطبيقات المناسبة لها ومحدداتها. كما يُوجد شرح لكيفية قراءة ملفات معلومات التقنيات بالصفحتين التاليتين.

وليس المقصود من ملف التقنية أن يكون دليلًا للتصميم أو مرجعًا تقنيًا؛ ولكن المقصود به أن يكون نقطة انطلاقٍ لتصميم أكثر تفصيلًا. علاوة على ذلك، تعتبر تلك الشروحات التقنية بمثابة مصدرٍ للإلهام والنقاش بين المهندسين والمخططين الذين ربما لم يكن لديهم اعتبارات سابقة عن كل الخيارات الممكنة.

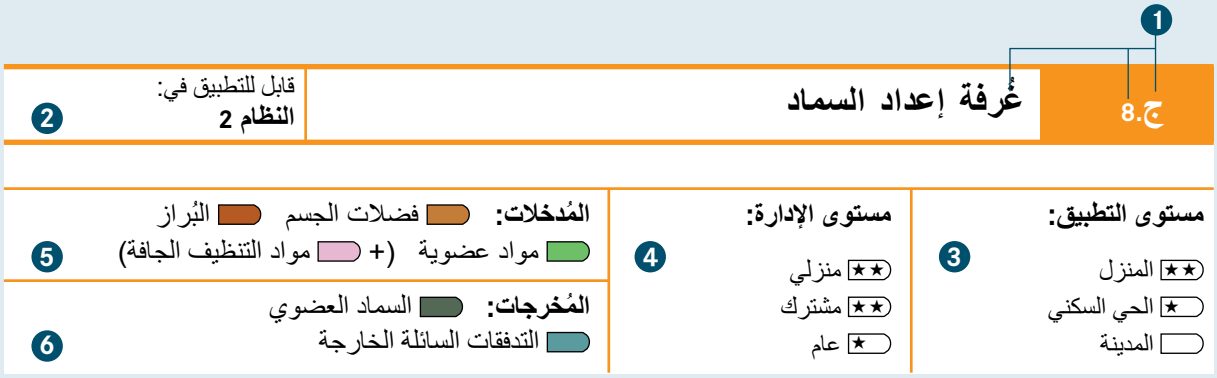
تم ترتيب التقنيات وترميزها بالألوان وفقًا للمجموعة الوظيفية المرتبطة بها:

- و **واجهة المستخدم**
  (تشمل التقنيات: و.1 - و.6): أحمر
- ج **الجمع والتخزين/المعالجة**
  (تشمل التقنيات: ج.1 - ج.12): برتقالي
- ن **النقل** (تشمل التقنيات: ن.1 - ن.7): أصفر
- م **المعالجة (شبه) المركزية**
  (تشمل التقنيات: المعالجة الأولية، م.1 - م.17، المعالجة اللاحقة): أخضر
- س **الاستخدام و/أو التخلص**
  (تشمل التقنيات: س.1 - س.13): أزرق

تم تحديد رمز مرجعي لكل تقنية في المجموعة الوظيفية مُكوَّن من حرف واحد ورقم؛ بحيث يتناسب الحرف مع المجموعة الوظيفية (مثلًا، يشير الحرف "و" إلى واجهة المستخدم)، أما الأرقام فتترتب من الأدنى إلى الأعلى؛ حيث تشير إلى متطلبات الموارد (أي: التكلفة الاقتصادية، وتوافر الأدوات، والموارد البشرية) التي تحتاجها كل تقنية مقارنةً بالتقنيات الأخرى ضمن المجموعة الواحدة.

أما الجزء الختامي فيُقدم التقنيات الناشئة حديثًا، والتي بالرغم من أنها لا تزال قيد التطوير والاختبار فإنها تؤشر إلى تطبيقات واعدة في المستقبل.

الشكل التالي هو مثال على الجزء الخاص بالعنوان في ملف معلومات التقنية.



1 العنوان باللون، والحرف، والرقم الترميزي: يشير كلٌ من اللون (البرتقالي) و الحرف (ج) لانتماء هذه التقنية إلى المجموعة الوظيفية الخاصة بالجمع والتخزين/المُعالجة (ج). كما يُشير الرقم (8) إلى أن هذه التقنية هي التقنية الثامنة لتلك المجموعة الوظيفية.
وتحتوي كل صفحة من صفحات وصف التقنية على لون، وحرف، وترميز رقمي متشابه؛ لسهولة الوصول للمعلومات والإحالة المرجعية.

2 قابل للتطبيق في النظام 2: تُشير إلى نموذج النظام الذي يُمكن إيجاد هذه التقنية به، ففي هذه الحالة يُمكن إيجاد غرفة إعداد السماد (فقط) في النظام 2. بينما يُمكن تطبيق بعض التقنيات الأخرى في أكثر من نظام.

3 مستوى التطبيق: تم تعريف ثلاثة مستويات مكانيّة تحت هذا العنوان:

- *المنزل*: يعني أن هذه التقنية مناسبة لمنزل واحد أو أكثر .
- *الحي السكني*: يعني أن هذه التقنية مناسبة لأي مكان يتكون من بضعة منازل إلى بضع مئات من المنازل.
- *المدينة*: يعني أن هذه التقنية ملائمة على مستوى المدنية (إما وحدة واحدة للمدينة بأكملها أو العديد من الوحدات لأجزاء مختلفة من المدينة).

تُستخدم النجوم للإشارة إلى مدى مُلاءَمَة كل مستوى للتقنية المُقدَّمة:

- *نجمتان* تعني أنها ملائمة
- نجمة واحدة تعنى أنها أقل ملاءمة
- عدم وجود أي نجمة يعنى أنها غير ملائمة

ويرجع الأمر لمستخدم الكتاب في اختيار المستوى الملائم للموقع المعين الذي يعمل عليه.
يُقصد من الرسم التخطيطي لمستوى التطبيق أن يكون مؤشرًا إرشاديًا فقط لاستخدامه في مرحلة التخطيط التمهيدية.
كما لا تحتوي تقنيات المجموعة الوظيفية لواجهة المستخدم على "مستوى التطبيق"، حيث إنها تخدم فقط عددًا محدودًا من الأشخاص.

4 مستوى الإدارة: يصف أفضل أسلوب تنظيمي مُستخدم في تشغيل وصيانة التقنية المُقدَّمة:

- *منزلي*: يعنى أن قاطني المنزل -مثل الأسرة- هم المسؤولون عن التشغيل والصيانة.
- *مُشترك*: يعني أن مجموعة من المستخدمين (مثلًا: في مدرسة، أو منظمة مجتمعية، أو سوق تجاري) يديرون التشغيل والصيانة، وذلك عن طريق تولي شخص ما أو لجنة مُعيَّنة المسؤولية نيابةً عن جميع المستخدمين. يتم تحديد إمكانية استخدام المرافق المشتركة من قِبل المُستخدمين، وذلك بإقرار الأشخاص المسموح لهم بذلك وتحديد مسؤولياتهم تجاهها.
- *عام*: يعني أن مؤسسة أو جهة حكومية تقوم بإدارة المرافق وجميع أعمال التشغيل والصيانة. ويُسمَح -عادةً- للمستخدمين الذين يستطيعون دفع تكلفة الخدمة فقط باستخدام المنشآت العامة.

ففي هذا المثال، يمكن إدارة غُرفة إعداد السماد بالأساليب الثلاثة جميعها بالرغم من أنها أقل ملاءمة للمنشآت العامة.
كما لا تحتوي تقنيات المجموعة الوظيفية لواجهة المستخدم على مستوى الإدارة، حيث إن الصيانة تعتمد على التقنيات التالية وليس على واجهة المستخدم.

5 المُدخلات: تُشير إلى المنتجات التي تتدفق إلى داخل التقنية.

فترمز الأيقونات المُوضحة **بدون أقواس** إلى المُدخلات التي تدخل إلى التقنية بصورةٍ دائمة. أما بالنسبة لبعض التقنيات فقد تُعد هذه المُنتجات بمثابة بدائل أو خيارات (احتمالات) ليست ضرورية. ومن ثم فإن الأيقونات بدون الأقواس تمثل *منتجات إلزامية أوخيارات لمنتجات إلزامية رئيسية*.

أما المُنتجات المشار إليها **بين قوسين ()** فتُعتبر *مُنتجات إضافية (اختيارية)* قد -لا- تُستخدم أو -لا- تتواجد كمُنتجات مُدخلة، وذلك اعتمادًا على التصميم أو السياق.

كما يتم التعبير بعلامة + عندما يكون *المُنتج مختلط* مع مُنتج آخر، حيث يكون المُنتج اللاحق **لعلامة +** مختلط مع المُنتج/المُنتجات التي تسبق العلامة؛ بعبارة أخرى: فإن كلا المنتجين على جانبي **علامة +** يكونان متضمنَينِ في التقنية ويكونان مختلِطين معًا.

ففي هذا المثال، نجد أن فضلات الجسم أو البراز (إذا تم استخدام المِرحاض الجاف الفاصل للبول كواجهة للمستخدم) وكذلك المواد العضوية هي المُنتجات الأساسية التي يُمكن مُعالجتها عن طريق غرفة إعداد السماد؛ كما يُمكن أن يشتمل أيضًا على مواد التنظيف الجافة (فالأقواس تشير إلى أنها مُدخلات إضافية اختيارية في حالة تفضيل المستخدمين للمسح أو مواد التنظيف الجافة القابلة للتحلل الحيوي)، حيث لا يتم فصل مواد التنظيف الجافة عن فضلات الجسم أو البُراز في واجهة المستخدم، ولذلك تدخل إلى غُرفة إعداد السماد مع المُنتجات السابقة (التي تشير إليها علامة +)، كما لا يجب تصريف مياه تنظيف الشرج إلى غُرفة إعداد السماد؛ لذلك لم يتم إدراجها.

6 المُخرجات: تُشير للمنتجات التي تتدفق إلى خارج التقنية.

فترمز الأيقونات المُوضحة **بدون أقواس** إلى المُخرجات التي تخرج من التقنية بصورةٍ دائِمة، أما المُنتجات **بين القوسين ()** فهي *مُنتجات إضافية (اختيارية)* قد تتواجد أو لا تتواجد كمُنتجات مُخرجة، وذلك اعتمادًا على التصميم أو السياق. كما يتم التعبير **بعلامة +** عندما تتواجد هذه المُنتجات مختلطة مع منتج آخر، حيث يكون المنتج اللاحق لعلامة + مختلط مع المُنتج/المُنتجات التي تسبق العلامة؛ بعبارة أخرى: فإن كلا المنتجين على جانبي علامة + ينبعثان من التقنية على هيئة تكوين مختلط.

ففي هذا المثال، تنتج غرفة إعداد السماد منتجين منفصلين: السماد العُضوي والتدفقات السائلة الخارجة (السوائل المُرتَشِحة).

يصف هذا القسم التقنيات التي يتعامل معها المُستخدم، ويُقصد بها: نوع المِرحاض، وقاعدة المِرحاض، والبلاطة الأرضية، أو المبولة التي يستعملها المُستخدم. و يجب في واجهة المُستخدم أن تكون فضلات الجسم البشرية منفصلة بشكل صحي عن التماس البشري؛ لمنع التعرض للتلوث بالبُراز. ويوجد نوعان رئيسيان من واجهات المُستخدم: التقنيات الجافة التي تعمل بدون مياه (و.1 - و.3)، والتقنيات القائمة على المياه التي تحتاج لإمداد منتظم بالمياه لكي تعمل بشكل جيد (و.4 - و.6).
وتُولّد التقنيات المختلفة لواجهة المُستخدم مُنتجات مختلفة من المخرجات، ويؤثر هذا على كيفية الجمع والتخزين/المُعالجة أو تقنية النقل اللاحقة.

و.1 المِرحاض الجاف
و.2 المِرحاض الجاف الفاصل للبول
و.3 المبولة
و.4 مِرحاض الدفْق بالصب
و.5 مِرحاض الدفْق بالسيفون
و.6 مِرحاض الدفْق الفاصل للبول

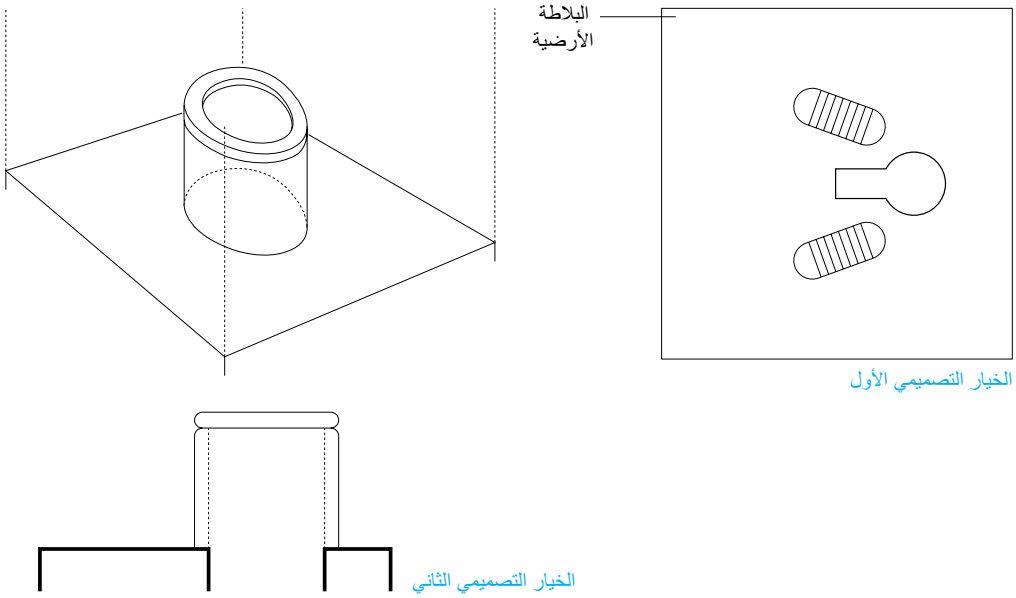
يعتمد اختيار التقنية المناسبة -في أي سياق- بشكل عام على العوامل التالية:

- تَوفُّر المياه للدفْق.
- عادات المُستخدم وتفضيلاته (الجلوس المباشر على قاعدة المِرحاض، أو الجلوس بوضعية القرفصاء دون ملامسة القاعدة؛ والغسل، أو المسح).
- الاحتياجات الخاصة لمجموعات المُستخدمين.
- تَوفُّر المواد محليًا.
- التوافق مع المراحل التالية لتقنيات الجمع والتخزين/المُعالجة أو النقل.

المِرحاض الجاف

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 2

		المُدخلات: البُراز البول (مياه تنظيف الشرج) (مواد التنظيف الجافة)
		المُخرجات: فضلات الجسم (+ مياه تنظيف الشرج) (+ مواد التنظيف الجافة)



الخيار التصميمي الأول

الخيار التصميمي الثاني

المِرحاض الجاف Dry Toilet هو مِرحاض يعمل بدون مياه الدفْق، وقد يكون المِرحاض الجاف عبارة عن قاعدة مِرحاض مرتفعة يستعملها المُستخدم بالجلوس عليها، أو قد يكون بلاطة أرضية يستعملها المُستخدم للجلوس فوقها بوضعية القُرفصاء دون ملامستها. وفي كلتا الحالتين تُجمع فضلات الجسم -كلٌّ من البول والبُراز- في فتحة التجميع.

يشير المِرحاض الجاف -في هذا الكتاب- تحديدًا إلى قاعدة المِرحاض التي يجلس عليها المُستخدم مباشرةً أو البلاطة الأرضية المُستخدمة للجلوس فوقها بوضعية القُرفصاء، وفي مصادر أخرى قد يُشير المِرحاض الجاف إلى أنواع مختلفة من التقنيات أو توليفات مُجمّعة من بعض التقنيات (وخاصةً الحُفَر).

اعتبارات التصميم يُوضع المِرحاض الجاف عادةً فوق حُفرة؛ إذا تم استخدام حفرتين فيجب أن تكون قاعدة المِرحاض Pedestal أو البلاطة الأرضية Slab مصممين بطريقة تُمكّن من رفعهما ونقلهما من حُفرة لأخرى. ويجب أن يكون حجم البلاطة الأرضية أو قاعدة المِرحاض مناسبًا تمامًا للحُفرة بحيث يكون آمنًا للمُستخدم، وفي نفس الوقت يمنع تسرب مياه الأمطار للحُفرة (والذي قد يتسبب في طفحها). ويُمكن أن تُغلَق الحُفرة بغطاء لمنع دخول أي حشرات أو قوارض غير مرغوب فيها. ومن الممكن أن يتم تصنيع قواعد المراحيض أو البلاطات الأرضية محليًا باستخدام الخرسانة (بشرط توفر الرمل والأسمنت). وتتوفر أيضًا مُنتجات منها مصنوعة من الألياف الزجاجية (الفيبر جلاس) والخزف والفولاذ المقاوم للصدأ، ويمكن استخدام القوالب الخشبية والمعدنية لإنتاج عدة وحدات بسرعة وكفاءة.

المُلاءَمة تُعتبر المراحيض الجافة سهلة الاستعمال لأغلب المُستخدمين، إلا أن الأمر قد يتطلب عمل بعض التجهيزات الخاصة للمُستخدمين المُسنين وذوي الاحتياجات الخاصة الذين قد يجدون بعض المشقة. عندما تُصنع المراحيض الجافة محليًا فإنه يمكن أن تُصمم بشكل خاص لتتلائم مع احتياجات الفئة المستهدفة من المُستخدمين (على سبيل المثال: المراحيض الصغيرة للأطفال). وحيث إنه لا حاجة لفصل البول عن البُراز في هذا النوع، فغالبًا ما يُعد الخيار الأسهل والأكثر راحة عمليًا.

الجوانب الصحية / القبول الجلوس بوضعية القرفصاء هو وضع طبيعي للعديد من الناس؛ لذلك قد تكون البلاطة الأرضية ذات الحالة الجيدة والمخصصة للجلوس فوقها بوضعية القرفصاء هي الخيار الأكثر قبولًا. وقد تُشكِّل الروائح مشكلةً، حيث لا يوجد بالمراحيض الجافة حاجز مائي Water Seal (أو كوع الرائحة)، وذلك اعتمادًا على تقنية الجمع والتخزين/المُعالجة المتصلة بهم.

التشغيل والصيانة يجب الحفاظ على نظافة وجفاف السطح الذي يتم الجلوس أو الوقوف عليه للوقاية من انتقال الأمراض

أو مُسببات الأمراض، وللحد من الروائح الكريهة. ولا يحتوي المرحاض الجاف على أي أجزاء ميكانيكية؛ لذلك فإنه لا يحتاج لأي إصلاحات إلا في حالة تعرضه للتشقق.

الإيجابيات والسلبيات

+ لا يتطلب وجود مصدر مياه ثابت.
+ يُمكن إنتاجه، وتركيبة، وصيانته بمواد متوفرة محليًا.
+ تكاليف رأس المال والتشغيل مُنخفضة.
+ مناسب لجميع أنواع المُستخدمين (الذين يفضّلون الجلوس المباشر على القاعدة أو الجلوس بوضعية القُرفصاء دون ملامسة القاعدة، والذين يفضّلون الغسل، أو المسح).
- عادةً ما تكون الروائح محسوسة (حتى لو كانت الحُجرة أو الحُفرة المُستخدمة لجمع فضلات الجسم مُجهّزة بأنبوب تهوية).
- تكون أكوام فضلات الجسم مرئية، إلا في حالة استخدام حُفرة عميقة.
- من الصعب التحكم في الناقلات مثل الذباب، إلا إذا تم استخدام مصائد للذباب واستخدام أغطية مناسبة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيار بورقي وآخرون (2014). *حلول تقنية وممارسات أفضل للصرف الصحي*، نواكشوط، موريتانيا.

_ بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الاولى، اللجنة الدولية للصليب الاحمر، جنيف، سويسرا.

_ بيتر ينسن (2005). *نظرة شمولية لتقنية الإصحاح البيئي*، جامعة النرويج *لعلوم الحياة*، النرويج.

_ عبد الرقيب على حمادي (2001). *بناء الحمامات وطرق تحسينها وصيانتها*، انترآكشن في التنمية، اليمن.

_ برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

مراجع إنجليزية:

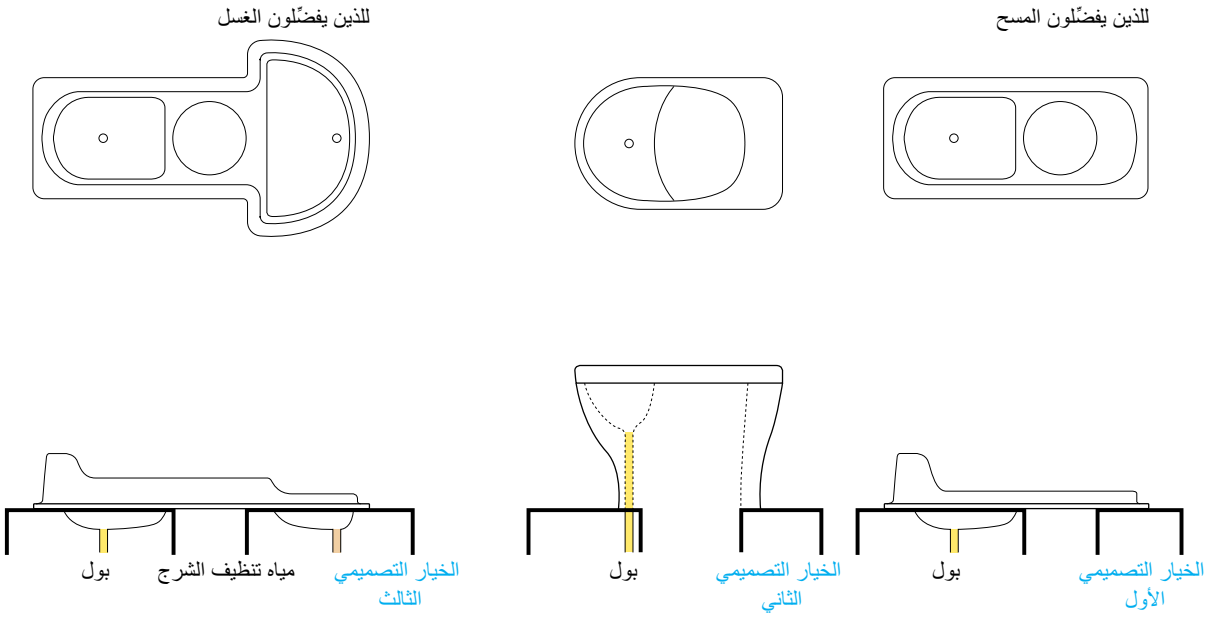
_ CAWST (2011). *Introduction to Low Cost Sanitation. Latrine Construction. A CAWST Construction Manual.* Centre for Affordable Water and Sanitation Technologies (CAWST), Calgary, CA.
Available at: www.cawst.org

_ Morgan, P. R. (2007). *Toilets That Make Compost. Low-Cost, Sanitary Toilets That Produce Valuable Compost for Crops in an African Context.* Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Available at: www.ecosanres.org

قابل للتطبيق في:
النظام 4

المُدخلات: البُراز البول
(مياه تنظيف الشرج)(مواد التنظيف الجافة)

المُخرَجات: البُراز (+ مواد التنظيف الجافة)
البول (مواد التنظيف الجافة)



المِرحاض الجاف الفاصل للبول Urine-Diverting Dry Toilet (UDDT)؛ هو مِرحاض يعمل بدون مياه، وله فاصل مُقسَّم بحيث يمكن للمُستخدم -بالقليل من الجهد- أن يفصل البول بعيدًا عن البُراز.

المِرحاض الجاف الفاصل للبول؛ مصمم ومُنشأ بحيث يتم تجميع البول وتصريفه من المنطقة الأمامية للمِرحاض، بينما يقع البُراز من خلال فتحة في الجزء الخلفي. وبناءً على وحدة الجمع والتخزين/المُعالجة التالية، فإنه يجب أن تُضاف المواد المُجففة مثل: الجير، و/أو الرماد، و/أو الثُراب إلى نفس الفتحة بعد قضاء الحاجة.

اعتبارات التصميم من المُهم أن يكون قسما المِرحاض مفصولين بشكل جيد لضمان: أ) ألا يصل البُراز إلى منطقة تجميع البول في المقدمة ويَسُدها. ب) ألا يتدفّق البول إلى المنطقة الجافة من المِرحاض
هناك أيضًا مراحيض مُزودة بثلاث فتحات فاصلة، تسمح بجمع مياه تنظيف الشرج في حوضٍ ثالث مُخصص لها، ومُنفصل عن مكان تجميع البُراز ومكان تصريف البول.
بناءً على تفضيل المُستخدم؛ فإنه يُمكن استخدام كلٍّ من قاعدة المِرحاض Pedestal، والبلاطة الأرضية المُستخدمة للجلوس فوقها بوضعية القُرفصاء Slab لفصل البول عن البُراز.
يؤدي البول إلى إصابة معظم المعادن بالصدأ؛ لذلك يجب تجنب استخدام المعادن في بناء المِرحاض الجاف الفاصل للبول والأنابيب الخاصة به. وللحد من الرواسب أو التكلس Scaling؛ يجب مراعاة أن تكون كافة الوصلات (الأنابيب) المتصلة بخزانات التخزين قصيرة قدر الإمكان، ويجب تثبيت الأنابيب -أينما كانت- بميل 1% على الأقل، ويجب تجنُّب الزوايا القائمة (90 درجة). وتعتبر الأنابيب ذات قطر 50 ملليمتر مناسبة للميول الحادة؛ لكونها سهلة الصيانة. وتُستخدم الأنابيب ذات القطر الأكبر (> 75 ملليمتر) في وضع آخر، وخاصةً للميول البسيطة والنقاط التي يصعب الوصول إليها. ولمنع الروائح من العودة مرة أخرى عبر الأنبوب، يجب تثبيت مانع تسرب الروائح في مكان تصريف البول.

المُلاءمة يُعتبر المِرحاض الجاف الفاصل للبول بسيطًا في تصميمه وإنشاؤه، باستخدام مواد مثل: الخرسانة والشبكات السلكية، أو البلاستيك، ويُمكن تغيير تصميم المِرحاض الجاف الفاصل للبول ليتناسب مع احتياجات فئات معينة من السكان (بمعنى توفير نماذج أصغر للأطفال، وأخرى للذين يفضلون الجلوس بوضعية القُرفصاء، وما إلى ذلك).

الجوانب الصحية / القبول إنَّ المِرحاض الجاف الفاصل للبول ليس بالشيء البديهي أو الواضح لبعض المُستخدمين، ففي البداية قد يتردد البعض في استخدامه، وقد تحدث بعض الأخطاء -على سبيل المثال: وجود البُراز في فتحة البول- قد تُثني مُستخدمين آخرين عن قبول هذا النوع من المراحيض، لذا فمن الضروري توفير الإرشادات التوضيحية والتدريب؛ لتحقيق القبول الجيد من قِبَل المُستخدمين. ولزيادة تقبل النظام وتجنُّب وجود البول في

فتحة تجميع البُراز يمكن دمج المِرحاض بالمبولة (و.3) مما يسمح للرجال بالوقوف والتبوُّل.

التشغيل والصيانة المِرحاض الجاف الفاصل للبول أكثر صعوبة نسبيًّا في الحفاظ على نظافته مقارنةً بالمراحيض الأخرى، لسببين وهما: عدم توفر المياه، وكذلك الحاجة لفصل البُراز الصلب عن البول السائل. ولن يتناسب تصميم واحد مع الجميع؛ وبالتالي فقد يجد بعض المُستخدمين صعوبة في الفصل التام بين الفتحتين، مما قد يتطلب مزيدًا من التنظيف والصيانة. ويُمكن أن يُودَع البُراز عن طريق الخطأ في الجزء المُخصَّص للبول؛ مما يُسبِّب انسداده، ومشاكل في التنظيف. يجب أن يتم تنظيف كل الأسطح بانتظام؛ لمنع الروائح وتراكم الأوساخ قدر الإمكان. ويجب ألا يتم صَبَّ المياه في المِرحاض للتنظيف، وعِوضًا عن ذلك، يمكن استخدام قطعة مُبللة من القماش لمسح القاعدة أو الفتحات الداخلية. وبعض المراحيض يمكن نقلها بسهولة حيث يتم تنظيفها بطريقة أفضل. ومن المهم أن يبقى البُراز منفصلًا وجافًّا، وعندما يتم تنظيف المِرحاض بالماء يجب تَوخِي الحذر؛ لضمان عدم مَزج البُراز بالماء.
وحيث إنه يتم تجميع البول بشكل مُنفصل، فقد تترسب الأملاح المعدنية المُكونة من مُركبَّات الكالسيوم والمغنيسيوم، وتتراكم في الأنابيب، وعلى الأسطح المُعرَّضة للبول باستمرار. ويُمكن أن يُمنع تراكم الأملاح المعدنية والتكلس Scaling بغسل الوعاء بحمض متوسط (على سبيل المثال، الخل) و/أو الماء الساخن، ويمكن استخدام حمض أقوى (>24 % حمض الخليك Acetic)، أو محلول الصودا الكاوية (جزئين من الماء مع جزء واحد من الصودا) لإزالة الانسدادات، ومع ذلك ففي بعض الحالات قد يتطلَّب الأمر الإزالة اليدوية للانسدادات.
يتطلب مانع تسرب الروائح صيانة أيضًا بين الحين والآخر، ومن المهم أن يتم التحقق من أدائه بانتظام.

الإيجابيات والسلبيات

+ لا يتطلب وجود مصدر مياه ثابت.
+ لا توجد مشاكل حقيقية مع الذُباب أو الروائح إذا ما تم استخدامه وصيانته بشكل صحيح.
+ يُمكن إنتاجه، وتركيبة، وصيانته بمواد متوفرة محليًّا.
+ تكاليف رأس المال والتشغيل مُنخفضة.
+ مناسب لجميع أنواع المُستخدمين (الذين يفضِّلون الجلوس المباشر على القاعدة أو الجلوس بوضعية القُرفصاء دون ملامسة القاعدة، والذين يفضِّلون الغسل، أو المسح).
- النماذج الجاهزة غير متوفرة في كل المناطق.
- يتطلب التدريب والقبول ليتم استخدامه بشكل صحيح.
- عُرضة لسوء الاستخدام والانسداد بالبُراز.
- تكون أكوام فضلات الجسم مرئية.
- عادةً ما يتطلب الرجال مبولة منفصلة؛ للتجميع الأمثل للبول.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيار بورقي وآخرون (2014). *حلول تقنية وممارسات أفضل للصرف الصحي*، نواكشوط، موريتانيا.

_ بيتر ينسن (2005). *نظرة شمولية لتقنية الإصحاح البيئي*، جامعة النرويج لعلوم الحياة، النرويج.

مراجع إنجليزية:

_ Morgan, P. R. (2007). *Toilets That Make Compost. Low-Cost, Sanitary Toilets That Produce Valuable Compost for Crops in an African Context.* Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Available at: www.ecosanres.org

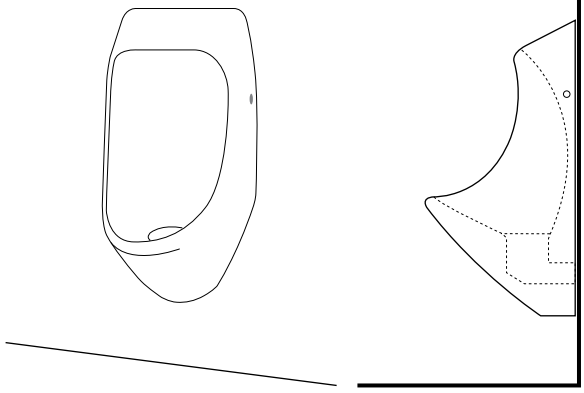
_ Rieck, C., von Münch, E. and Hoffmann, H. (2012). *Technology Review of Urine-Diverting Dry Toilets (UDDTs). Overview of Design, Operation, Management and Costs.* Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Available at: www.susana.org/library

مبولة

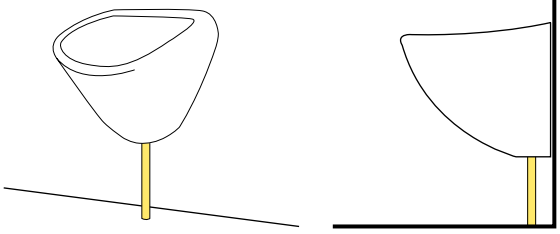
قابل للتطبيق في:
الأنظمة 4، 5، 9

		المُدخلات: البول (مياه الدفْق)
		المُخرجات: البول (+ مياه الدفْق)

الخيار التصميمي الأول



الخيار التصميمي الثاني



تُستخدم المبولة Urinal لتجميع البول فقط. وتُستخدم المباول عمومًا للرجال، بالرغم من تطوير بعض النماذج للنساء أيضًا. وتَستخدم معظم المباول المياه لأغراض التنظيف، إلا إن شعبية المباول التي لا تعمل بالمياه آخذة في الازدياد.

تتكون المباول النسائية من مكان مرتفع لوضع الأقدام وقناة منحدرة الميل -أو مُستجمع البول- لتُوصيل المياه إلى تقنية التجميع. بالنسبة للرجال فيمكن أن تكون المباول عبارة عن وحدات مُركبة رأسيًّا على الحائط، أو بلاطات أرضية يستعملها المُستخدم بالجلوس فوقها بوضعية القرفصاء.
يمكن استخدام المبولة بالمياه أو بدونها، ويمكن تركيب أنابيب المياه -أعمال السباكة- وفقًا لذلك. وإذا تم استخدام المياه فإنها تُستخدم بشكل أساسي في الغسيل وللحد من الروائح (باستخدام الحاجز المائي أو كوع الرائحة Water Seal).

اعتبارات التصميم بالنسبة للمباول القائمة على المياه فإن كمية المياه المُستخدمة لكل مرة في عملية دفْق المياه تتروح ما بين أقل من لترين في التصميمات الحالية إلى 20 لترًا تقريبًا من مياه الدفْق في النماذج القديمة. وينبغي تفضيل ودعم التقنيات الموفرة للمياه أو التي لا تستخدم المياه. ولكي يتم تقليل الروائح وفقد النيتروجين لأقل حد في التصاميم البسيطة للمبولة التي لا تستخدم المياه، يجب أن تكون أنبوبة تجميع البول مغمورة في خزان البول لعمل مانع لتسرب الروائح بالمياه.
وتتوفر المباول التي لا تستخدم المياه بأنماط وتوليفات عديدة.

وبعض المباول تأتي مُجهّزة بمانع لتسرب الروائح والذي قد يكون مزودًا بغالق ميكانيكي أو غشاء أو سائل مانع للتسرب. يمكن تقليل كمية الرذاذ أو البلل بوضع هدف صغير أو ذبابة مرسومة بالقرب من مكان تصريف المياه (البالوعة)، ويمكن لهذا النوع أن يساعد في توجيه المُستخدم لتحسين نظافة المِرفق. ولأن المبولة مُخصصة للبول فقط فمن المهم أيضًا وضع مِرحاض لاستخدامه من أجل البُراز.

المُلاءَمة يمكن استخدام المباول في المنازل والمرافق العامة، وفي بعض الحالات يكون تزويد المكان بمبولة مفيدًا لمنع سوء استخدام الأنظمة الجافة (على سبيل المثال، مِرحاض جاف فاصل للبول، و.2).
تم تطوير المباول المتنقلة غير المعتمدة على المياه ليتم استخدامها في الاحتفالات الكبيرة والحفلات الموسيقية والتجمعات الأخرى لتخفيف الضغط على مرافق الصرف الصحي، وتخفيض الحِمل الذي يتم تصريفة بها في هذه المناطق المُكدسة؛ وبهذه الطريقة يمكن جمع قدر كبير من البول -ومن الممكن استخدامه أو تفريغه في أماكن أو أوقات أكثر ملاءمة- وبذلك يمكن خفض أعداد المراحيض الثابتة في المكان أو استخدامها بكفاءة أفضل.

الجوانب الصحية / القبول تُعتبر المبولة واجهة مُستخدم مُريحة وسهلة القبول. وبالرغم من بساطة بنيتها وتصميمها إلا أنه يمكن أن يكون للمباول أثرٌ كبيرٌ على سلامة المجتمع. وعندما يمكن

للرجال الوصول إلى مبولة فذلك يقلل كثيرًا من فرص تبولهم في الأماكن العامة، والذي بدوره يمنع الروائح غير المرغوب فيها، ويُشعِر النساء براحة أكبر للسير في الطرقات. يَتَقبَّل الرجال -عمومًا- المباول التي لا تستخدم المياه على اعتبارها لا تتطلب تغييراً في العادات (ولكن في المجتمع العربي يُفضِّل الرجال المباول المُستخدمة للمياه وذلك للاستبراء من البول).

الصيانة والتشغيل تُعتبر الصيانة بسيطة لهذا النظام، ولكن يجب أن تتم بشكل متكرر وخاصة للمباول التي لا تستخدم المياه. ويجب أن تُنظَّف كل الأسطح بانتظام -الوعاء والبلاطة الأرضية والحائط- لمنع الروائح وللحد من تَكوُّن الأوساخ. في المباول التي لا تستخدم المياه من الممكن أن تترسب الأملاح المعدنية المُكونة من مركبَّات الكالسيوم والمغنيسيوم، وتتراكم في الأنابيب، وعلى الأسطح المُعرَّضة للبول باستمرار. ويُمكن أن يُمنع تراكم الأملاح المعدنية والتكلس Scaling بغسل الوعاء حمض متوسط (على سبيل المثال، الخل) و/أو الماء الساخن، ويمكن استخدام حمض أقوى (> 24% حمض الخليك Acetic)، أو محلول الصودا الكاوية (جزئين من الماء مع جزء واحد من الصودا) لإزالة الانسدادات، ومع ذلك ففي بعض الحالات قد يتطلَّب الأمر الإزالة اليدوية للانسدادات.
بالنسبة للمباول التي لا تستخدم المياه فمن الأهمية بمكان أن يتم التحقق من انتظام عمل مانع تسرب الروائح.

الإيجابيات والسلبيات

+ لا يتطلب وجود مصدر مياه ثابت.
+ يُمكن إنتاجه، وتركيبة، وصيانته بمواد متوفرة محليًا.
+ تكاليف رأس المال والتشغيل مُنخفضة.
- قد تشكل الروائح مشكلة إذا لم يتم استخدامه وصيانته بالطريقة الصحيحة.
- عدم تَوفُّر النماذج الخاصة بالنساء على نطاق واسع.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الاولى، اللجنة الدولية للصليب الاحمر، جنيف، سويسرا.

_ بيتر ينسن (2005). *نظرة شمولية لتقنية الإصحاح البيئي*، جامعة النرويج لعلوم الحياة، النرويج.

مراجع إنجليزية:

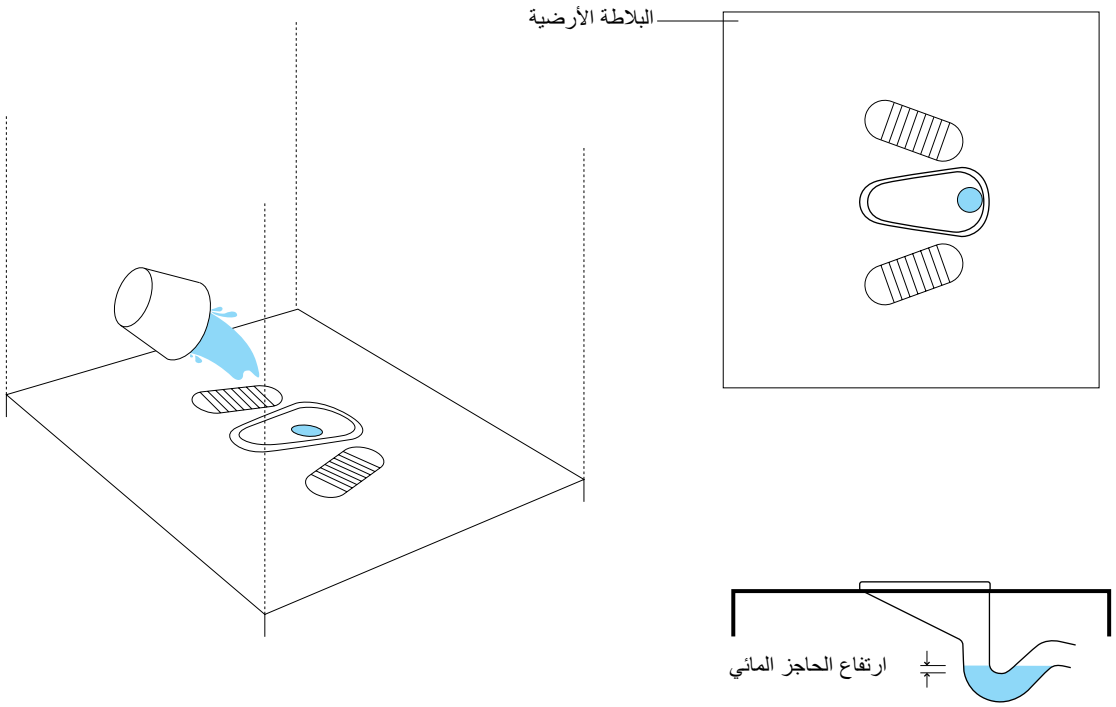
_ von Münch, E. and Winker, M. (2011). *Technology Review of Urine Diversion Components. Overview of Urine Diversion Components Such as Waterless Urinals, Urine Diversion Toilets, Urine Storage and Reuse Systems. Gesellschaft* für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Available at: www.susana.org/library

_ NWP (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of Innovative, Low-Cost Technologies for Toilets, Collection, Transportation, Treatment and Use of Sanitation Products.* Netherlands Water Partnership, The Hague, NL.
Available at: www.ircwash.org

_ Austin, A. and Duncker, L. (2002). *Urine-Diversion. Ecological Sanitation Systems in South Africa*. CSIR, Pretoria, ZA.

المُدخلات: البُراز البول مياه الدفْق (مواد التنظيف الجافة) (مياه تنظيف الشرج)

المُخرَجات: المياه السوداء



مِرحاض الدفْق بالصب Pour Flush Toilet مثل مِرحاض الدفْق بالسيفون المعتاد (و.5)، غير أن المياه يتم صبها من قِبَل المُستخدم بدلًا من أن تأتي من خزان المياه المخصص لذلك، فعندما لا يكون الإمداد بالمياه متواصل ومستمر فمن الممكن أن يتحول أي مِرحاض دفْق بالسيفون الى مِرحاض دفْق بالصب.

يحتوي مِرحاض الدفْق بالصب -مثل مِرحاض الدفْق بالسيفون- على حاجز المائي Water Seal (أو كوع الرائحة) يمنع الروائح والذباب من الارتداد والرجوع مرة أخرى من خلال الأنبوب. تُصَب المياه إلى داخل فتحة المرحاض لتنظيفه من فضلات الجسم، وعادةً ما يكفي 2 إلى 3 لترات من المياه تقريبًا لهذه العملية. ويجب أن تكون كمية المياه وقُوَّتها كافية لتحريك فضلات الجسم (وصَبُّ الماء من أعلى يساعد على ذلك) فوق الحاجز المائي، الذي يكون على شكل مُنحني.
يُمكن استخدام كلٌ من قواعد المراحيض Pedestals والبلاطات الأرضية المُستخدمة للجلوس فوقها بوضعية القُرفصاء Squatting pans في مراحيض الدفْق بالصب، وتسببت زيادة الطلب عليه في زيادة كفاءة المُصَنِّعين المحليين في إنتاج كميات كبيرة ذات أسعار معقولة من بلاطات ومراحيض الدفْق بالصب.

اعتبارات التصميم يجب أن يكون ميل الحاجز المائي Water Seal (أو كوع الرائحة) الموجود في أسفل بلاطة أو مِرحاض الدفْق بالصب حوالي 25° على الأقل، ويجب أن تُصنَّع الحواجز المائية من البلاستيك أو السيراميك؛ لتمنع الانسدادات، ولتسهل من عملية التنظيف (فالخرسانة قد تسبب الانسدادات بسهولة إذا كانت خشنة الملمس).
ويُحدِّد شكل S الذي يتخذه الحاجز المائي كمية المياه اللازمة للدفْق، ويكون الارتفاع الأمثل للحاجز المائي هو 2 سنتيمتر تقريبًا لتقليل كمية المياه اللازمة لتنظيف المِرحاض من فضلات الجسم، ويجب أن يكون قُطر مصيدة فضلات الجسم 7 سنتيمتر تقريبًا.

المُلاءَمة يُلائم مِرحاض الدفْق بالصب المُستخدمين الذين يُفضلون الجلوس المباشر على القاعدة، أو الجلوس بوضعية القُرفصاء دون ملامسة القاعدة (قواعد المراحيض أو البلاطة الأرضية)، وكذلك يُلائم المُستخدمين الذين يستخدمون المياه للاغتسال، إلا أنه يكون ملائمًا فقط في حال تَوَفُّر مصدر دائم للمياه. ويتطلب مِرحاض الدفْق بالصب مياه أقل -بكثير- من مِرحاض الدفْق بالسيفون التقليدي، غير أنه -نظرًا لقلة كمية المياه المُستخدمة- فإن مِرحاض الدفْق بالصب قد يتعرض للانسداد بسهولة أكبر، ومن ثَمَّ فإنه يتطلب المزيد من الصيانة. إذا توفرت المياه؛ فإن هذا النوع من المراحيض يكون مُلائمًا للاستخدامات الخاصة والعامة على حد سواء.

الجوانب الصحية / القبول يَحول مِرحاض الدفْق بالصب دون رؤية المُستخدم لفضلات المُستخدمين السابقين وكذلك يقيه من التعرض لرائحتها. ومن ثَمَّ فإنه عادةً ما يتم قبوله بشكل

جيـد. وفي حال قيـام الحاجز المائي بوظيفته بشـكل جيد، فينبغي ألا تكـون هنـاك أي رائحـة تقريبًـا وأن يكون المِرحـاض نظيفًا ومُريحًا في اسـتخدامه.

التشـغيل والصيانـة نظرًا لعدم وجـود أيَّة أجـزاء ميكانيكية؛ فإن مِرحـاض الدفْـق بالصب مَتيـن جدًّا ونـادرًا ما يحتـاج لصيانة، وبغـض النظـر عن حقيقة أنه مِرحاض قائم على اسـتخدام المياه، فإنـه يجب أن يتـم تنظيفه بانتظام؛ للحفاظ علـى النظافة الصحية، ومنـع تراكـم الأوسـاخ. ولتقليل احتياجـات المياه اللازمـة للدفْق ولمنـع الانسـداد يُوصَى بـأن يتم تجميع مـواد التنظيـف الجافة، وكذلـك المُنتجـات التـي تُسـتخدم للنظافـة أثنـاء الطمث بشـكل منفصـل، وألا يتـم رميها داخـل المِرحاض.

الإيجابيات والسلبيات

+ يَمنع الحاجز المائي الروائح بشكل فعَّال.
+ يتـم التخلـص من فضلات المُسـتخدم بواسـطة ميـاه الدفْق قبل وصول المُسـتخدم الآخر.
+ مناسـب لجميـع أنـواع المُسـتخدمين (الذين يفضِّلـون الجلوس المباشـر علـى القاعـدة، أو الجلـوس بوضعيـة القُرفصاء دون ملامسـة القاعـدة؛ والذيـن يفضِّلون الغسـل، أو المسـح).
+ تكاليـف رأس المـال مُنخفضـة، وتعتمد تكاليف التشـغيل على سـعر المياه.
- يتطلـب وجـود مصـدر دائـم للميـاه (قد يكـون من مـاء مُعاد تدويـره أو مـن ميـاه الأمطـار المُجمَّعـة أو كلتيهمـا).
- يتطلب أدوات ومهارات لإنتاجه قد لا تتوافر في كل الأماكن.
- قد تتسـبب مـواد التنظيـف الجافة الخَشِـنة في انسـداد الحاجز المائي.

المراجع والقراءات الإضافية:

مراجع عربية:

_ بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الاولى، اللجنة الدولية للصليب الاحمر، جنيف، سويسرا.

_ عبد الرقيب على حمادي (2001). *بناء الحمامات وطرق تحسينها وصيانتها، انترآكشن في التنمية*، اليمن.

_ برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

مراجع إنجليزية:

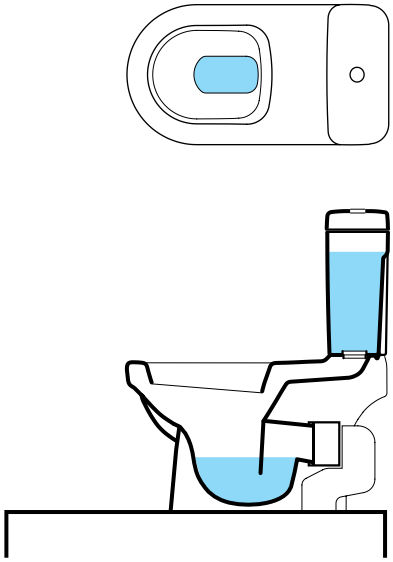
_ Mara, D. D. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation*. Wiley, Chichester, UK.

_ Mara, D. D. (1985). *The Design of Pour-Flush Latrines. UNDP Interregional Project* INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US.
Available at: documents.worldbank.org/curated/en/home

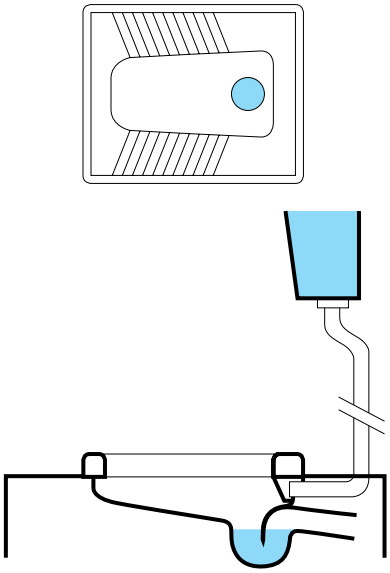
_ Roy, A. K., Chatterjee, P. K., Gupta, K. N., Khare, S. *T., Rau, B. B. and Singh, R. S. (1984). Manual on the Design, Construction and Maintenance of Low-Cost Pour-Flush Waterseal Latrines in India.* UNDP Interregional Project INT/81/047, the World Bank and UNDP, Washington, D.C., US.
Available at: documents.worldbank.org/curated/en/home

المُدخلات: البُراز البول مياه الدفْق
(مياه تنظيف الشرج)(مواد التنظيف الجافة)

المُخرجات: المياه السوداء



الخيار التصميمي الأول



الخيار التصميمي الثاني

يُصنع مِرحاض الدفْق بالسيفون Cistern Flush Toilet عادةً من الخزف، وهو واجهة مُستخدم تُصنع بكميات كبيرة بواسطة المصانع، ويتكوّن مِرحاض الدفْق من: خزان للمياه (سيفون، أو صندوق طرد) إذ يوفر مياه الشطف لتنظيف المِرحاض، وفتحة سفلية تُودع بها فضلات الجسم.

يتميز مِرحاض الدفْق بالسيفون بدمجه للحاجز المائي Water Seal (أو كوع الرائحة) ؛ لمنع الروائح من الارتداد مرة أخرى من خلال أنابيب السباكة. أما المياه المُخزَّنة في السيفون Cistern الموجود أعلى فتحة المِرحاض فيتم إطلاقها عن طريق سحب أو دفع المقبض. وهذا يسمح للماء بالجريان إلى فتحة المِرحاض والاختلاط بفضلات الجسم وحملها للتخلص منها.

اعتبارات التصميم تُستخدم المراحيض الحديثة من 6 إلى 9 لترات من المياه للدفْق بينما صُمِمَت النماذج القديمة لاستخدام كميات أكبر من مياه الدفْق تصل إلى 20 لترًا. تتوفر حاليًا أنواع مختلفة من مراحيض الدفْق التي تستخدم كميات أقل من 3 لترات من المياه للدفْق. وفي بعض الحالات نجد أن كمية المياه المُستخدمة للدفْق لا تكفي لإفراغ فتحة المِرحاض، وبالتالي علَى المُستخدم أن يسحب السيفون مرتين أو أكثر لتنظيف فتحة المِرحاض جيدًا، مما يناقض الغرض الأساسي وهو ترشيد استهلاك المياه.
يتطلب تركيب مِرحاض الدفْق سبّاكًا ذو خبرة، وعليه التأكد من أن كل الصمامات متصلة بشكل صحيح، ومحكمة الإغلاق كما ينبغي، وبالتالي سيُضمن الحد من التسرب.

المُلاءَمَة لا يجب التفكير في مِرحاض الدفْق إلا إذا توفرت محليًا كل الوصلات واللوازم والملحقات والأدوات الخاصة. ويجب أن يتصل مِرحاض الدفْق بمصدر دائم للمياه من أجل الدفْق، كما يجب أن يتصل أيضًا بإحدى تقنيات الجمع والتخزين/المُعالجة أو النقل وذلك لاستقبال المياه السوداء. ويناسب مِرحاض الدفْق الاستخدامات الخاصة والعامة على حد سواء.

الجوانب الصحية / القبول مِرحاض آمن ومريح في الاستخدام بشرط الحفاظ على نظافته.

التشغيل والصيانة على الرغم من أن مياه الدفْق تشطف فتحة المِرحاض باستمرار إلا أنه ينبغي أن يتم غسل المِرحاض للتنظيف، وأن يحدث ذلك بانتظام للحفاظ على النظافة الصحية، ولمنع تراكم الأوساخ. كما تُعتبر الصيانة مطلوبة لاستبدال أو إصلاح بعض الأجزاء الميكانيكية أو الوصلات، ويجب أن تُجمع المُنتجات التي تُستخدم للنظافة أثناء الطمث في صندوق منفصل.

الإيجابيات والسلبيات

+ يتـم التخلص من فضلات المُسـتخدم بواسـطة ميـاه الدفْق قبل وصول المُسـتخدم الآخر.
+ لا توجـد مشـاكل حقيقـة مـع الروائـح إذا مـا تم اسـتخدامه بشـكل صحيح.
+ مناسـب لجميع أنـواع المُسـتخدمين (الذين يفضِّلـون الجلوس المباشـر على القاعـدة، أو الجلـوس بوضعيـة القُرفصاء دون ملامسـة القاعـدة؛ والذين يفضِّلون الغسـل، أو المسـح).
- تكلفـة رأس المال مرتفعة، وتعتمد تكاليف التشـغيل على سـعر المياه.
- يتطلب وجود مصدر دائم للمياه.
- قـد يصعب إنتاجه، وتركيبـه، و/أو إصلاحه بالخامات المتوفرة محليًّا.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ عبد الرقيب على حمادي (2001). *بناء الحمامات وطرق تحسينها وصيانتها*، انترآكشن في التنمية، اليمن.

_ برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

مراجع إنجليزية:

_ Maki, B. (2005). *Assembling and Installing a New Toilet.* Hammerzone.com.
Available at: www.hammerzone.com

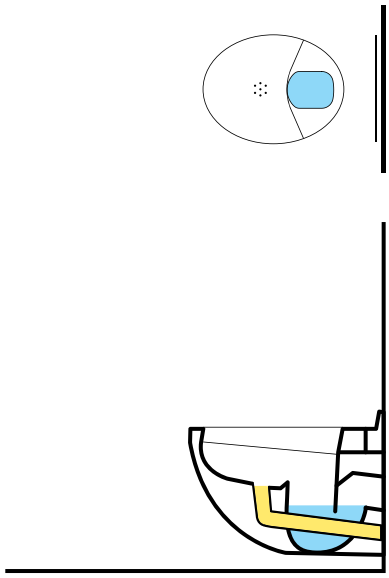
_ Vandervort, D. (2007). *Toilets: Installation and Repair.* HomeTips.com.
Available at: www.hometips.com/bathroom_toilets.html

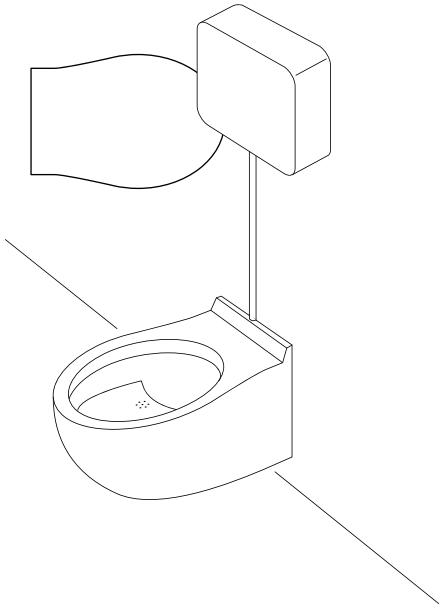
مِرحاض الدفْق الفاصل للبول

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 5، 9

المُدخلات: البُراز البول مياه الدفْق
(مياه تنظيف الشرج)(مواد التنظيف الجافة)

المُخرجات: المياه البُنِّية البول





يشبه مِرحاض الدفْق الفاصل للبول Urine-Diverting Flush Toilet (UDFT) في مظهره مِرحاض الدفْق بالسيفون (و.5) عدا الفصل في فتحة المِرحاض، حيث تكون فتحة المِرحاض مُقسَّمة إلى قسمين لفصل البول عن البُراز. ويتوفر منه نماذج للجلوس المباشر على القاعدة، وأخرى للجلوس فوقها بوضعية القرفصاء.

يتم جمع البول في مصرف في الجزء الأمامي من المِرحاض، ويتم جمع البُراز في فتحة في جزء المِرحاض الخلفي. ويتم جمع البول بدون ماء، ولكن تُستخَدم كمية صغيرة من المياه لشطف مصرف البول عندما يتم دفْق المياه في المِرحاض. ويتدفَّق البول إلى وحدة التخزين من أجل الاستخدام مرة أخرى أو المُعالجة، بينما يتم نزح البُراز بالمياه لتتم معالجته بعد ذلك.

اعتبارات التصميم يتطلب هذا النظام عمل تصميم مزدوج للسباكة مزدوج؛ أي أنابيب منفصلة للبول والمياه البُنِّية (البُراز، مواد التنظيف الجافة ومياه الدفْق). ويجب تثبيت المِرحاض بعناية مع فهم كيف وأين يمكن أن تحدث الانسدادات بحيث يمكن منعها وإزالتها بسهولة. وينبغي أن تُستخدم الأنابيب البلاستيكية لتصريف البول، وذلك لمنع التآكل. وللحد من التكلس Scaling على جدار الأنابيب؛ يجب مراعاة أن تكون كافة الوصلات (الأنابيب) المتصلة بخزانات التخزين قصيرة قدر الإمكان، ويجب تثبيت الأنابيب -أينما كانت- بميل 1% على الأقل، ويجب تَجنُّب الزوايا القائمة (90 درجة). وتُعتبر الأنابيب ذات قطر 50 ملليمتر مناسبة للمميول الحادة؛ لكونها سهلة الصيانة. وتُستخدم الأنابيب ذات القطر الأكبر (> 75 ملليمتر) في وضع آخر، وخاصةً للميول البسيطة والنقاط التي يصعب الوصول إليها.

المُلاءَمة يعتبر مِرحاض الدفْق الفاصل للبول مناسبًا حينما يكون هناك ما يكفي من المياه للدفْق، وعندما توجد تقنية لمُعالجة المياه البُنِّية، وعندما يتم استخدام البول الذي تم جمعه. ولتحسين كفاءة الفصل يُوصَى بوجود مباول (و.3) للرجال. مراحيض الدفْق الفاصلة للبول مناسبة للاستخدامات العامة والخاصة على الرغم من أن هناك ضرورة للتدريب الجاد والتوعية الشاملة في الأماكن العامة؛ لضمان الاستخدام الصحيح والسليم، وكذلك للحد من الانسدادات.
وحيث إن هذه التقنية تتطلب أنابيب منفصلة لجمع البول والمياه البُنِّية فإن تركيب الأنابيب (أعمال السباكة) تكون أكثر تعقيدًا من مِراحيض الدفْق. كما أن التصميم المناسب وتركيب الأنابيب (أعمال السباكة) الخاصة بالبول أمر بالغ الأهمية ويتطلب خبرة عالية.

الجوانب الصحية / القبول تُعتبر اللوحات الإرشادية و/أو الرسوم التوضيحية من الأمور الضرورية؛ لضمان الاستخدام السليم لهذه التقنية وتعزيز قبولها. وإذا فهم المُستخدمون لماذا يتم فصل البول فسوف يكونون أكثر استعدادًا لاستخدام مِرحاض الدفْق الفاصل للبول بشكل صحيح. وتضمن أعمال السباكة الصحيحة عدم وجود أي روائح.

التشـغيل والصيانـة كما هـو الحال مع أي مِرحـاض فإن النظافة اللائقـة والصحيحـة مهمة لفتحـة (أو فتحـات) المِرحاض و لمنع تراكـم الأوسـاخ. وحيـث إنه يتـم تجميـع البول بشـكل مُنفصل، فقد تترسـب الأمـلاح المعدنيـة المُكونة مـن مُركبَّات الكالسـيوم والمغنيسـيوم، وتتراكـم في الأنابيـب، وعلى الأسـطح المُعرَّضة للبـول باسـتمرار. ويُمكـن أن يُمنـع تراكـم الأمـلاح المعدنيـة والتكلـس Scaling بغسـل الوعاء بحمض متوسـط (على سـبيل المثـال، الخـل) و/أو المـاء السـاخن، ويمكـن اسـتخدام حامض أقـوى (> 24% حمـض الخليـك Acetic)، أو محلـول الصـودا الكاويـة (جزئيـن مـن الماء مع جـزء واحد من الصـودا) لإزالة الانسـدادات، ومـع ذلـك ففي بعـض الحـالات قد يتطلَّـب الأمر الإزالـة اليدوية للانسـدادات.

الإيجابيات والسلبيات

+ يتطلب مياه أقل من مِرحاض الدفْق بالسيفون التقليدي.
+ لا توجد مشكلات مع الروائح إذا تم استخدامه بشكل صحيح.
+ يبدو كمِرحاض الدفْق بالسـيفون و يمكن اسـتخدامه كمِرحاض الدفْق تقريبًا.
- المحدودية: حيث يصعب إنتاجه أو إصلاحه محليًا.
- تكلفـة رأس المـال مرتفعة، وتعتمـد تكلفة التشـغيل على قطع الغيـار والصيانة.
- تتطلب صيانته الكثير من العمالة.
- يتطلب التدريب والقبول ليتم استخدامه بشكل صحيح.
- معرض لسوء الاستخدام والانسداد.
- يتطلب وجود مصدر دائم للمياه.
- يحتاج الرجال عادةً مبولة منفصلة للتجميع الأمثل للبول.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيتر ينسن (2005). *نظرة شمولية لتقنية الإصحاح البيئي*، جامعة النرويج لعلوم الحياة، النرويج.

مراجع إنجليزية:

_ von Münch, E. and Winker, M. (2011). *Technology Review of Urine Diversion Components. Overview of Urine Diversion Components Such as Waterless Urinals, Urine Diversion Toilets, Urine Storage and Reuse Systems.* Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Available at: www.susana.org/library

_ Winker, M. and Saadoun, A. (2011). *Urine and Brownwater Separation at GTZ Main Office Building Eschborn, Germany – Case Study of Sustainable Sanitation Projects.* Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA), Eschborn, DE. Available at: www.susana.org/library

_ Larsen, T. A. and Lienert, J. (2007). *Novaquatis Final Report. NoMix – A New Approach to Urban Water Management.* Eawag, Dübendorf, CH. Available at: www.novaquatis.eawag.ch

يصف هذا القسم التقنيات التي تُجمِّع وتُخزِّن المنتجات المُتولِّدة من واجهة المستخدم. صُممت بعض التقنيات المُقدمة هنا خصيصًا للمعالجة، في حين أن بعض التقنيات الأخرى قد صُممت خصيصًا للجمع والتخزين، وتوفر تقنيات الجمع والتخزين قدرًا من المعالجة أيضًا، وذلك اعتمادًا على وقت التخزين وظروف التشغيل. تكون المعالجة المتوفرة بواسطة تقنيات المجموعة الوظيفية (ج) بسيطة في العادة (أي لا تتطلب طاقة). وتم تقديم أربع تقنيات حُفر/وتخزين تبادلية وهم ج.4 - ج.7. ويتم اعتبار فترة التخزين في تصميم هذه التقنيات، وذلك يقلص من خطر التلوث، ويتيح إمكانية تفريغها يدويًا.

ج.1 خزَّان البول
ج.2 الحُفرة الواحدة
ج.3 الحُفرة الواحدة المُطورة المُهواة
ج.4 الحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة
ج.5 حُفرة ألْتِرنا
ج.6 حُفر التصريف المزدوجة
ج.7 حُجرات التجفيف
ج.8 غُرفة إعداد السماد
ج.9 خزَّان التحليل (التخمير)
ج.10 المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز
ج.11 المُرشح اللاهوائي
ج.12 مُفاعل الغاز الحيوي

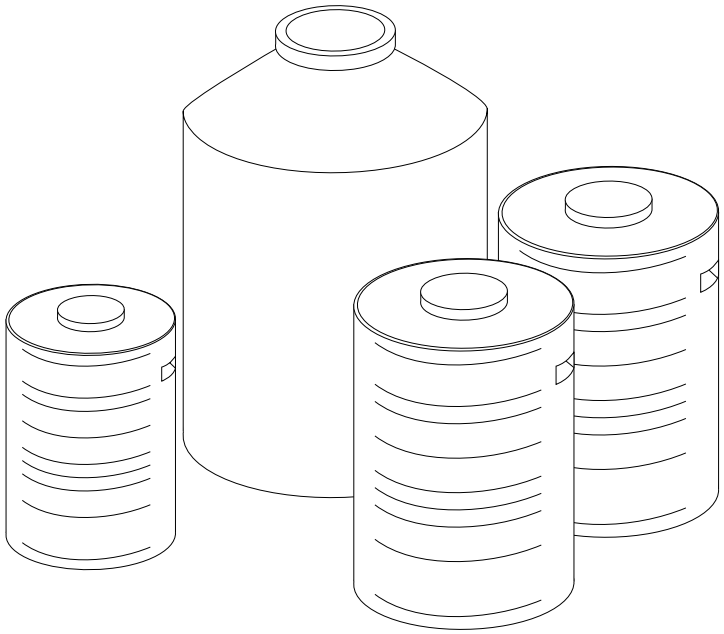
يعتمد اختيار التقنية المناسبة - في أي سياق - بشكلٍ عام على العوامل التالية:

- تَوفُّر المساحة المناسبة.
- خصائص التربة والمياه الجوفية.
- نوع وكمية المُنتجات المُدخَلة.
- التوافر المحلي للمواد.
- المُنتجات الناتجة المطلوبة.
- توافر تقنيات للنقل لاحقًا.
- الموارد المالية.
- الاعتبارات الإدارية.
- تفضيلات المستخدمين.

خزَّان البول

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 4، 5، 9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: البول
★★ المنزل	★★ منزلي	
★★ الحي السكني	★★ مشترك	المُخرجات: البول المُخزَّن
★ المدينة	★★ عام	



يمكن تخزين البول بالموقع في خزَّانات أو حاويات وذلك في حالة عدم إمكانية استخدامه على الفور أو نقله باستخدام وسائل النقل (الجراكن، انظر ن.1). ويجب حَمل خزَّان البول Urine Storage Tank أو إفراغه في حاوية أخرى لنقله.

يجب أن يكون خزَّان البول ذا حجم مناسب ليلائم عدد المستخدمين ويوفر الوقت اللازم لتعقيم البول. تتوافق إرشادات تخزين البول مع درجة حرارة التخزين والمحاصيل المستهدفة لاستخدام البول لها كسماد، وفي كل الأحوال يجب تخزين البول لمدة لا تقل عن شهر قبل الاستخدام (انظر إرشادات منظمة الصحة العالمية WHO للتخزين المُحدد وإرشادات الاستخدام). ويمكن استخدام البول الذي تنتجه أسرة واحدة مباشرة دون تخزين في حالة استخدامه لتسميد محاصيل من أجل استهلاكهم المنزلي الخاص بهم فقط.
يمكن استخدام خزَّانات البول الأصغر حجمًا ونقلها إلى خزَّان مركزي آخر في نقطة الاستخدام أو بالقرب منها (أي المزرعة).

اعتبارات التصميم ينتج الشخص - في المتوسط - نحو 1.2 لتر من البول يوميًا. ومع ذلك قد تختلف هذه الكمية بشكل كبير اعتمادًا على المناخ واستهلاك السوائل. يجب أن تُصنع الخزَّانات المتنقلة من البلاستيك أو الألياف الزجاجية (الفيبر جلاس)، والخزَّانات الدائمة يمكن أن تتكون من الخرسانة أو البلاستيك. وينبغي تجنب الخزَّانات المعدنية لأنها يمكن أن تتآكل بسهولة بسبب ارتفاع درجة الأس الهيدروجيني (pH) للبول المُخزَّن.

تتشكل في قاع الخزَّان - مع مرور الوقت - طبقة من الحمأة العضوية والأملاح المعدنية المترسبة (في المقام الأول: فوسفات الكالسيوم وفوسفات الماغنسيوم). ويجب أن يحتوي خزَّان البول على فتحة كبيرة بما فيه الكفاية بحيث يمكن تنظيفه و/أو كسح الرواسب منه.
يجب ألا يكون لكل من الخزَّان وأنابيب التجميع أي فتحات تهوية لتجنب انبعاث رائحة الأمونيا، ولكن كلاهما بحاجة إلى ضغط متعادل.
ينبغي توخي الحذر في حالة اتصال الخزَّان مباشرة بأنبوب متصل بالمِرحاض أو المبولة، وذلك بتقصير طول الأنبوب لمنع تراكم الرواسب. يجب أن يكون للأنابيب ميل حاد (> 1%)، وبأقطار كبيرة (تصل إلى 110 مم للأنابيب تحت الأرض) وألا تحتوي على زوايا حادة. وينبغي أن يكون الوصول إليها سهل في حالة الانسداد.
للحد من انبعاث الروائح وفقدان النيتروجين، ينبغي ملء الخزَّان من الأسفل، أي يجب أن يتدفق البول إلى أسفل الخزَّان من خلال الأنبوب ويُصب بالقرب من القاع، فإن هذا سيمنع رش البول وتطايره في الهواء.

المُلاءَمة خزَّانات البول هي الأنسب حين تكون هناك حاجة لاستخدام البول المُخزَّن كمصدر للمغذيات المستخدمة في الأسمدة الزراعية. وعندما لا يكون هناك حاجة لاستخدام البول فإنه يُصبح مصدرًا للتلوث والإزعاج.
يمكن أن تُستخدم خزَّانات البول في كل بيئة تقريبًا؛ حيث يجب غلقها بإحكام لمنع التسرب والترشيح وفقدان

النيتروجين، ويمكن تركيبها داخل المنزل أو خارجه، وفوق الأرض أو تحت الأرض، وذلك اعتمادًا على: المناخ، المساحة المتاحة، والتربة.

الجوانب الصحية / القبول التخزين لفترة طويلة هو أفضل وسيلة لتعقيم البول بدون إضافة مواد كيميائية أو عمليات ميكانيكية. ويعتبر خطر انتقال الأمراض من البول المُخزَّن منخفضًا. ويوفر التخزين لفترات طويلة تزيد عن ستة أشهر تعقيمًا - تقريبًا - كاملًا.

التشغيل والصيانة إذا تم تفريغ الخزَّان باستخدام شاحنة الشفط (انظر ن.3)، فيجب الحفاظ على تدفق الهواء داخل الخزَّان بمعدل كافٍ للتأكد من عدم انهيار الخزَّان بسبب تفريغ الهواء. تتراكم حمأة لزجة في قاع الخزَّان، و- عادةً - عندما يتم تفريغ الخزَّان يتم خروج هذه الحمأة مع البول، ولكن إذا تم استخدام الصنبور ولم يتم التفريغ الكامل للخزَّان، فإن هذا قد يتطلب إزالة الحمأة بطريقة أخرى. وتعتمد فترة إزالة الحمأة على مكونات البول وظروف التخزين.
يمكن إزالة الأملاح المعدنية التي تترسب في الخزَّان أو في الأنابيب يدويًا - ويكون ذلك صعبًا في بعض الأحيان، أو يمكن إذابتها بحمض قوي (24% حمض الخليك Acetic).

الإيجابيات والسلبيات

+ تقنية بسيطة ومتينة.
+ يمكن بناؤها وإصلاحها بالمواد المتوفرة محليًا.
+ خطر انتقال مسببات الأمراض منخفض.
+ يمكن استخدام البول المخزن كسماد.
+ يتطلب مساحة أرض صغيرة.
+ تكاليف التشغيل منخفضة أو منعدمة إذا ما تم التفريغ ذاتيًا.
- تنبعث رائحة خفيفة - إلى قوية - عند فتح وتفريغ الخزَّان.
- تكلفة رأس المال يمكن أن تكون عالية (اعتمادًا على حجم ونوع الخزَّان).
- قد يتطلب تفريغًا متكررًا (اعتمادًا على حجم الخزَّان).

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة*، سوريا.

_ بيتر ينسن (2005). *نظرة شمولية لتقنية الإصحاح البيئي*، جامعة النرويج *لعلوم الحياة*، النرويج.

مراجع إنجليزية:

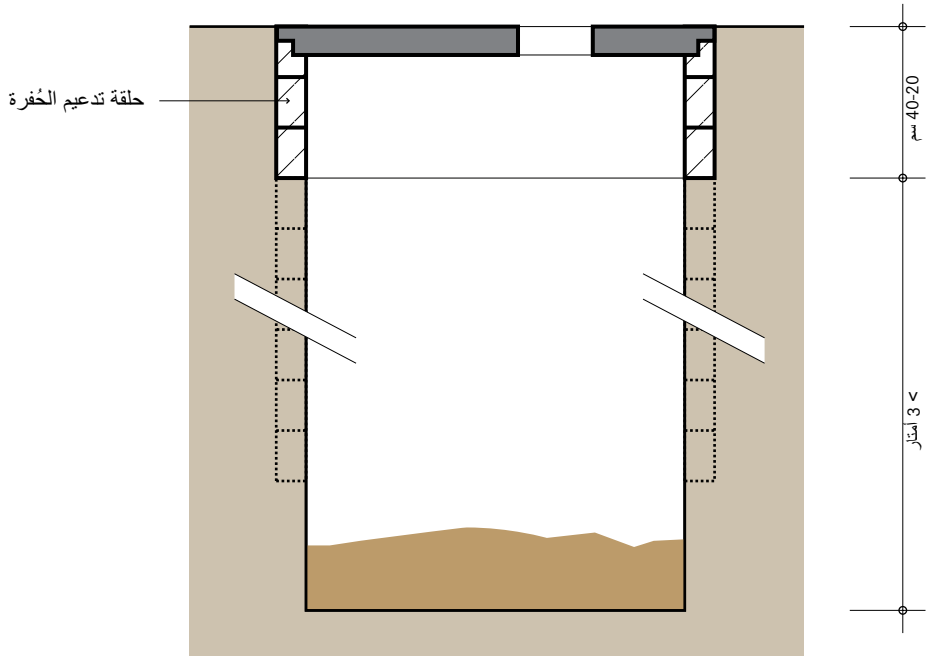
_ von Münch, E. and Winker, M. (2011). *Technology Review of Urine Diversion Components. Overview of Urine Diversion Components Such as Waterless Urinals, Urine Diversion Toilets, Urine Storage and Reuse Systems.* Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Available at: www.susana.org/library

_ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture.* World Health Organization, Geneva, CH. Available at: www.who.int

الحُفرة الواحدة

قابل للتطبيق في:
النظام 1

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: فضلات الجسم ■ المياه السوداء البُراز (+ ■ مياه تنظيف الشرج) (+ ■ مواد التنظيف الجافة)
★★ المنزل ★ الحي السكني المدينة	★★ منزلي ★★ مُشترك عام	**المُخرجات:** الحمأة.



تقنية الحُفرة الواحدة Single Pit هي واحدة من أكثر تقنيات الصرف الصحي استخدامًا، حيث يتم التخلص من فضلات الجسم مع مواد تنظيف الشرج (المياه أو المواد الصلبة) في حُفرة واحدة، كما أن تبطين الحُفرة يمنعها من الانهيار ويوفر الدعم لبنيتها الأساسية.

هناك عمليتان لتجنُّب امتلاء الحُفرة عن آخرها، والحد من معدل التراكم، وهما الرشح والتحلّل؛ حيث تتسرب المياه والبول إلى التربة عبر قاع الحُفرة وحوائطها، بينما يُحلل النشاط الميكروبي جزءًا من المكونات العضوية.

اعتبارات التصميم في المتوسط تتراكم المواد الصُّلبة بمعدل من 40 إلى 60 لترًا لكل شخص في السنة، ويصل إلى 90 لترًا لكل شخص في السنة في حال استخدام مواد تطهير جافة؛ مثل أوراق الشجر، أو المناديل الورقية، حجم الحُفرة يجب أن يُصمَّم لاستيعاب 1000 لتر على الأقل. يكون عمق الحُفرة - عادةً - 3 أمتار على الأقل وقطرها 1 متر، وإذا زاد قطر الحُفرة عن 1.5 متر فهناك احتمال كبير لانهيارها، واعتمادًا على مدى عُمق الحُفرة، فإن بعض الحُفر تبقى 20 سنة أو أكثر دون تفريغ، ولمنع تلوث المياه الجوفية فإن قاع الحُفرة يجب أن يكون أعلى من مستوى المياه الجوفية بحوالي 2 متر على الأقل (بحُكم التجربة)، وإذا كان سيُعاد استخدام الحُفرة مرة أخرى بعد تفريغها؛ فيجب عمل بطانة لها.
يُمكن أن تشمل مواد تبطين الحُفرة: الطوب، أو الخشب المضاد للعفن، أو الخرسانة، أو الحجارة، أو إلصاق مونة الجص على التربة. وإذا كانت التربة مستقرة (بمعنى لا يوجد رمل أو حصى أو مواد عضوية رخوة) فلا يوجد حاجة لتبطين الحُفرة كلها، ويجب عدم تبطين قاع الحُفرة للسماح برشح السوائل منها.
بينما تتسرب السوائل من الحُفرة وتنتقل عبر التربة المسامية غير المُشبَّعة، فإن الجراثيم المُسببة للأمراض تُمتَص على سطح حبيبات التربة، وبهذه الطريقة يمكن إزالة مُسببات الأمراض قبل أن تصل إلى المياه الجوفية. وتختلف درجة الإزالة حسب نوع التربة، المسافة المقطوعة، الرطوبة وعوامل بيئية أخرى، ولذلك فإنه من الصعب تقدير المسافة الضرورية بين الحُفرة ومصدر المياه، ولكن يُنصح أن تكون المسافة الأفقية بينهما حوالي 30 مترًا على الأقل للحد من التعرض للتلوث الميكروبي.
وعندما لا يكون من الممكن حَفر حُفرةٍ عميقة، أو عندما يكون مستوى المياه الجوفية عاليًا جدًا، فإن بناء حُفرة مرتفعة يمكن أن يكون بديلًا مُجديًا، حيث يمكن تمديد الحُفرة غير العميقة عن طريق بناء حلقات أو كُتل خرسانية بشكل رأسي فوقها، ويمكن بناء الحُفرة المُرتفعة في مكان تَحدث فيه فيضانات أو سيول مُتكررة للحفاظ على المياه من التدفُّق إلى الحُفرة أثناء الأمطار الغزيرة. ومن الممكن أيضًا أن تكون الحُفرة غير العميقة وغير المُبطنة مُناسبة للمناطق التي يصعب فيها الحَفر. وعندما تمتلئ الحُفرة غير العميقة فإنه يمكن تغطيتها بأوراق الشجر والتربة وزراعة شجرة صغير فيها (انظر س.1 الملء والتغطية/ أربولو).

تكـون الحُفـرة الواحدة المُطـورة المُهواة (انظـر ج.3) أكثر كُلفة مـن الحُفـرة الواحـدة التقليديـة، لكنها تُقلـل البعـوض والروائح بشـكلٍ كبير، وتزيـد من راحة المسـتخدم.
وإذا تـم اسـتخدام واجهة المسـتخدم الفاصلة للبول، فسـيتم تجميع البُـراز فقط فـي الحُفرة وبذلك يقل الرشـح.

المُلاءَمَـة تكون عمليـات المُعالجة في الحُفـرة الواحدة (الهوائية، واللاهوائيـة، والتجفيـف، والتسـميد، أو غيره) محـدودة، ولذلك فـإن معدل تخفيض مُسـببات الأمـراض والتحلّـل العضوي ليس كبيـر، ولكن بما أن فضلات الجسـم يتم احتواؤهـا، فذلك يحد من انتقال مُسـببات الأمراض للمستخدمين.
وتكـون تقنيـات الحُفـرة الواحدة مناسـبة للمناطق الريفية وشـبه الحضريـة، على عكس المناطـق المُكتظة بالسـكان، حيث يكون مـن الصعـب تفريغهـا و/أو لا توجد مسـاحة كافية للرشـح. كما أنهـا مناسـبة في حالة نُـدرَة الميـاه، وحيث يكون منسـوب المياه الجوفيـة مُنخفضًا، وهي غير مناسـبة في حالـة التربة الصخرية أو المدكوكـة (التـي يصعب حَفرها)، أو للأماكـن التي تتكرر بها الفيضانات.

الجوانـب الصحيـة / القبول الحُفـرة الواحدة هي تحسـينٌ للتغوط فـي العـراء، ولكن لهـا مخاطر صحية:
- السوائل المرتشحة قد تُسبب تلوث المياه الجوفية.
- المياه الراكدة في الحُفر يمكن أن تُزيد من تكاثر الحشرات.
- قد تكون الحُفر عُرضة للهدم و/أو الطفح أثناء الفيضانات.

يجـب بناء الحُفر على مسـافات مناسـبة من البيـوت؛ للتقليل من البعـوض والروائـح الكريهة، ولضمان المُلاءمة والسـلامة.

التشـغيل والصيانـة لا تتطلب الحُفـرة الواحدة صيانـة يومية إلا إنـه يجـب المحافظة علـى نظافة الوحدة المُنشَـأة.
ولكـن عندمـا تمتلـئ الحُفـرة يمكـن أن: 1) يتم تفريغهـا وإعادة اسـتخدامها 2) تُنقـل البنية الفوقيـة (الحمَّام) والمِرحـاض لحُفرة جديـدة وتُغطّى الحُفـرة القديمة وتخـرج من الخدمة، ويُستحسـن ذلـك فقـط إذا كانـت هناك مسـاحة أرضية كبيـرة متاحة.

الإيجابيات والسلبيات
+ يمكن بناؤها وإصلاحها بالمواد المتوفرة محليًا.
+ التكاليـف الإنشـائية مُنخفضة (لكنها متعـددة) وذلك يعتمد على المواد المسـتخدمة وعُمـق الحُفرة.
+ تتطلب مساحة صغيرة من الأرض.
- وجود ملحوظ للذباب والروائح.
- تخفيض محدود في نسـبة الاحتياج الحيوي للأكسـجين (BOD) ومُسـببات الأمراض مـع احتمال تلويث الميـاه الجوفية.
- تكاليف التفريغ قد تكون كبيرة مقارنة بالتكاليف الرئيسية.
- تتطلب الحمأة معالجة ثانوية و/أو تفريغ مناسب.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الأولى، اللجنة الدولية للصليب الأحمر، جنيف، سويسرا.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

_ عبد الرقيب علي حمادي (2001). *بناء الحمامات وطرق تحسينها وصيانتها، انترآكشن في التنمية*، اليمن.

_ برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

مراجع إنجليزية:

_ Pickford, J. (1995). *Low Cost Sanitation. A Survey of Practical Experience*. Intermediate Technology Publications, London, UK.

_ Robens Institute (1996). *Fact Sheets on Environmental Sanitation*. Fact Sheet 3.4: Simple Pit Latrines. University of Surrey, UK and WHO, Geneva, CH. Available at: www.who.int

_ Franceys, R., Pickford, J. and Reed, R. (1992). *A Guide to the Development of on-Site Sanitation*. WHO, Geneva, CH. Available at: www.susana.org/library

الحُفرة الواحدة المُطورة المُهواة

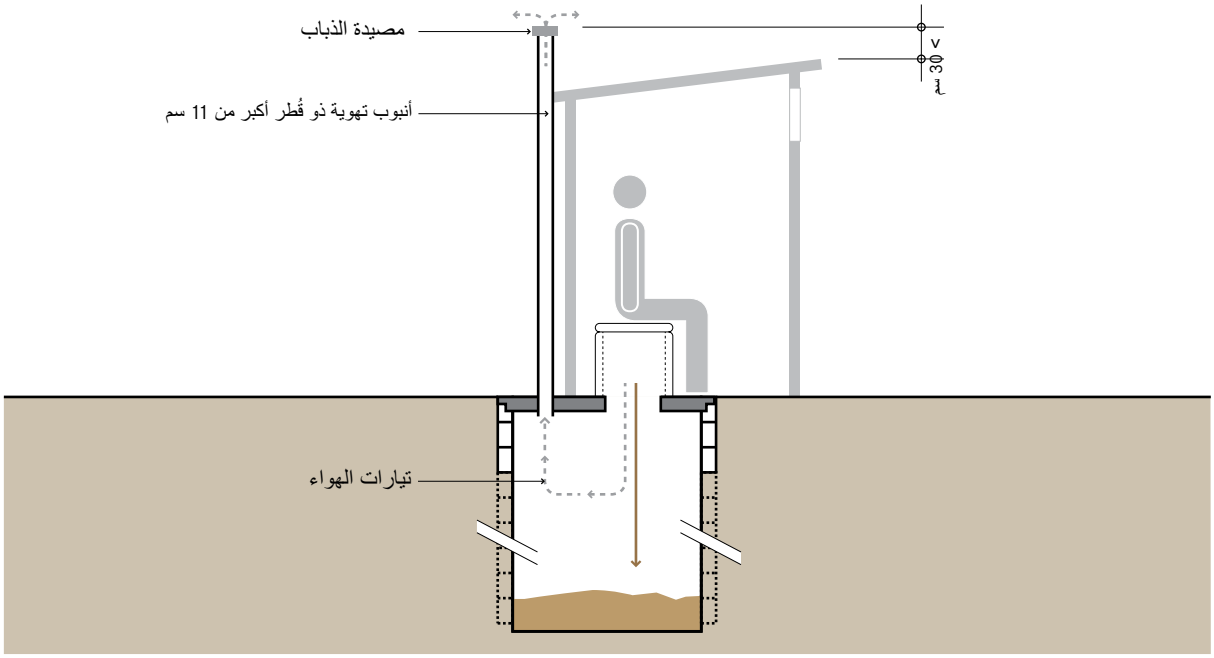
قابل للتطبيق في:
النظام 1

مستوى التطبيق:
- ★★ المنزل
- ★ الحي السكني
- المدينة

مستوى الإدارة:
- ★★ منزلي
- ★★ مشترك
- ★ عام

المُدخلات: فضلات الجسم، المياه السوداء
البُراز (+ مياه تنظيف الشرج) (+ مواد التنظيف الجافة)

المُخرجات: الحمأة



تُعتبر الحُفرة الواحدة المُطورة المُهواة Single Ventilated Improved Pit (VIP) تطويرًا لتقنية الحُفرة الواحدة (ج.2) وذلك بسبب تدفق الهواء المستمر عبر أنبوب التهوية لطرد الروائح، كما يعمل الأنبوب أيضًا كمصيدة للذباب لأنه يخرج ناحية الضوء.

وبالرغم من بساطة هذه التقنية، فإنها تكون خالية تمامًا من الروائح إذا صُممت جيدًا، وتعتبر أكثر جذبًا للاستخدام من بعض التقنيات الأخرى التي تعتمد على توافر المياه.
ينجذب الذباب المتواجد بالحُفرة إلى الضوء في الجزء العلوي من أنبوب التهوية. وعندما يتجه نحو الضوء محاولًا الخروج يتم احتباسه بمصيدة الذباب ويموت. كما تسمح التهوية أيضًا بخروج الروائح من الحُفرة مما يقلل من جذب الذباب.

اعتبارات التصميم ينبغي ألا يقل القطر الداخلي لأنبوب التهوية عن 110 ملليمتر يمتد إلى أكثر من 300 ملليمتر فوق أعلى نقطة من البنية الفوقية للمرحاض (الحمَّام). يخلق مرور الرياح أعلى أنبوب التهوية ضغطًا ساحباً للهواء من داخلها وذلك يُحفز دورة الهواء في الحُفرة. يتم سحب الهواء عبر واجهة المستخدم إلى الحُفرة، ويتحرك صعودًا داخل أنبوب التهوية خارجاً إلى الجو. وينبغي مراعاة عدم إعاقة الأشياء مثل الأشجار أو المنازل لتيار الهواء. تكون التهوية أفضل في المناطق التي بها رياح، أما في حالة التهوية الضعيفة، فيمكن تحسين فاعليتها بطلاء الأنابيب باللون الأسود، فإن الفارق الحراري بين الحُفرة (الباردة) وأنبوب التهوية (الدافئ) يخلق تيارًا هوائيًا صاعدًا يسحب الهواء والروائح ويُخرجها من الحُفرة. ولاختبار فعالية التهوية، يمكن وضع سيجارة مشتعلة فوق فتحة واجهة المستخدم، حيث يتم سحب الدخان إلى الأسفل داخل الحُفرة ومن ثم إلى فتحة التهوية ولا يتبقى منه شيء في الحمَّام.
يجب أن تكون فتحات الشبكة السلكية لمصيدة الذباب كبيرة بما فيه الكفاية لمنع انسدادها بالتراب وللسماح بسريان الهواء بحُرِّية. أثبتت شبكات الألومنيوم السلكية ذات فتحات الثقوب بين 1.2 إلى 1.5 ملليمتر أنها الأكثر فعالية. لا يقل عمق الحُفرة - في العادة - عن 3 أمتار وقطرها من 1 إلى 1.5 متر، ويتوقف ذلك على عدد المستخدمين. ويمكن أن تستمر الحُفر العميقة لمدة تصل إلى 20 سنة أو أكثر.
بينما تتسرب السوائل من الحُفرة وتنتقل عبر التربة المسامية غير المُشبَّعة، فإن الجراثيم المسببة للأمراض تُمتص على سطح حبيبات التربة، وبهذه الطريقة يمكن إزالة مُسببات الأمراض قبل أن تصل إلى المياه الجوفية. وتختلف درجة الإزالة حسب نوع التربة، والمسافة المقطوعة، والرطوبة وعوامل بيئية أخرى، ولذلك فإنه من الصعب تقدير المسافة الضرورية بين الحُفرة ومصدر المياه، ولكن يُنصح أن تكون المسافة الأفقية بينهما حوالي 30 مترًا على الأقل للحد من التعرض للتلوث الميكروبي.
وعندما لا يكون من الممكن حَفر حُفرة عميقة، أو عندما يكون مستوى المياه الجوفية عاليًا جدًا، فإن بناء حُفرة مرتفعة يمكن أن يكون بديلًا مُجديًا، حيث يمكن تمديد الحُفرة غير العميقة عن طريق بناء حلقات أو كُتل خرسانية بشكل رأسي فوقها،

ويمكـن بنـاء الحُفرة المُرتفعة فـي مكان تحدث فيـه فيضانات أو سـيول مُتكـررة؛ للحفاظ على الميـاه من التدفُّق إلـى الحُفرة أثناء الأمطار الغزيرة.
يمكن تطوير وتحسـين مسـتوى المِرحـاض ذي الحُفـرة الواحدة المُطـورة المُهـواة ليصبح مِرحاض ذا حُفـرة المزدوجة المُطورة المُهـواة (ج. 4) حيـث إنهـا تحتوي علـى حُفرة إضافيـة، ولذلك عندما تكـون واحدة منهما قيد الاسـتخدام، يمكن تصريف وتخمر وتحلل محتويات الحُفـرة الممتلئة.
وإذا تـم اسـتخدام واجهة المُسـتخدم الفاصلة للبول، فسـيتم تجميع البُـراز فقط فـي الحُفرة وبذلك يقل الرشـح.

المُلاءَمَـة تكـون عمليات المُعالجـة في الحُفرة الواحـدة المُطورة المُهـواة (الهوائيـة، اللاهوائيـة، التجفيـف، التسـميد، أو غيـره) محـدودة، ولذلك فإن معدل تخفيض مُسـببات الأمـراض والتحلّل العضـوي غير كبير، ولكن بما أن فضلات الجسـم يتم احتواؤها، فذلـك يحد من انتقال مُسـببات الأمراض للمسـتخدمين. وتُعد هذه التقنيـة متطورة بشـكلٍ ملحـوظ عن الحُفـر الواحـدة التقليدية أو التغوط فـي العراء.
وتكون الحُفـرة الواحدة المُطورة المُهواة مناسـبة للمناطق الريفية وشـبه الحضريـة، على عكـس المناطق المُكتظة بالسـكان، حيث يكون من الصعب تفريغها و/أو لا توجد مسـاحة كافية للترشـيح. كمـا أنها مناسـبة فـي حالة نُـدرَة الميـاه، وحيث يكون منسـوب الميـاه الجوفيـة مُنخفضًـا. وينبغـي أن تتواجـد في منطقـة جيدة التهويـة لضمـان التهوية الفعالة. كمـا أنها غير مناسـبة في حالة التربـة الصخرية أو المدكوكة (التـي يصعب حَفرها)، أو للأماكن التي تتكرر بهـا الفيضانات.

الجوانـب الصحيـة / القبـول تُعتبـر الحُفـرة الواحـدة المُطـورة المُهـواة مـن خيـارات الصـرف الصحـي المقبولة بشـكل جيد، والنظيفـة والمريحة. ومع ذلك فتوجد بعـض المخاوف الصحية:.

- السوائل المرتشحة قد تُسبب تلوث المياه الجوفية.
- قد تكون الحُفر عُرضة للهدم و/أو الطفح أثناء الفيضانات.
- المخاطـر الصحيـة مـن الذبـاب لا يتـم تجنبهـا بشـكل كامل بالتهويـة فقط.

التشـغيل والصيانة للحفاظ على الحُفرة الواحـدة المُطورة المُهواة مـن الذبـاب والروائـح، فـإن ذلـك يتطلـب التنظيـف المسـتمر والصيانة بشـكلٍ منتظـم، ويجب إزالـة الذباب الميت، وشـبكات العنكبـوت، والغبـار وغيرهـا مـن العوالـق عـن شـبكة التهوية لضمـان التدفق الجيـد للهواء.

الإيجابيات والسلبيات

+ انخفاض الذباب والروائح بشـكل ملحـوظ (مقارنة بالحُفر غير المهواة).
+ يمكن بناؤها وإصلاحها بالمواد المتاحة محليًا.
+ التكاليـف الإنشـائية مُنخفضة (لكنها متعـددة) وذلك يعتمد على المواد المسـتخدمة وعُمق الحُفرة.
+ تتطلب مساحة صغيرة من الأرض.
- تخفيض محدود في نسـبة الاحتياج الحيوي للأكسـجين (BOD) ومُسـببات الأمـراض مع احتمال تلويث الميـاه الجوفية.
- تكاليف التفريغ قد تكون كبيرة مقارنة بالتكاليف الرئيسية.
- تتطلب الحمأة معالجة ثانوية و/أو تفريغ مناسب.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيار بورقي وآخرون (2014). *حلول تقنية وممارسات أفضل للصرف الصحي*، نواكشوط، موريتانيا.

_ بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الأولى، اللجنة الدولية للصليب الأحمر، جنيف، سويسرا.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

_ عبد الرقيب علي حمادي (2001). *بناء الحمامات وطرق تحسينها وصيانتها، انترآكشن في التنمية*، اليمن.

_ برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

مراجع إنجليزية:

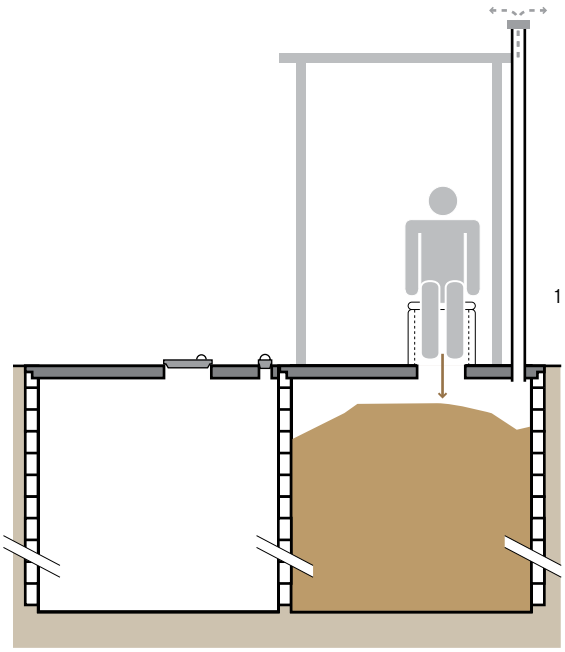
_ Morgan, P. R. (2009). *Ecological Toilets. Start Simple and Upgrade from Arborloo to VIP.* Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Available at: www.ecosanres.org

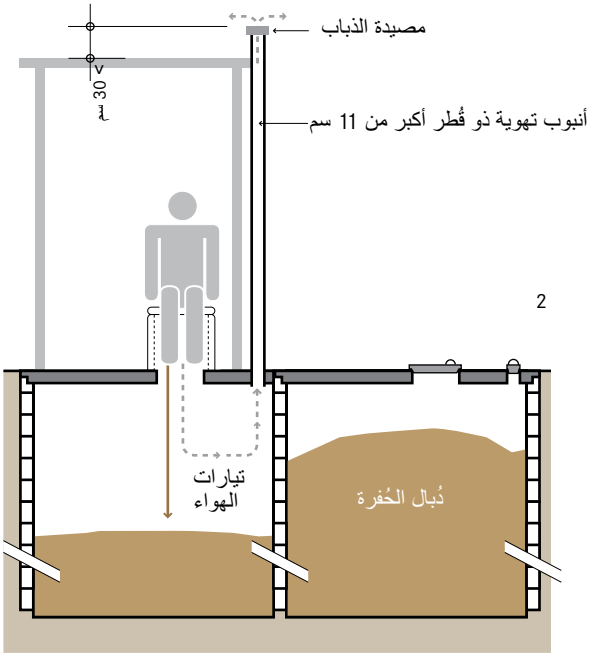
_ Mara, D. D. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation.* Wiley, Chichester, UK.

الحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة

قابل للتطبيق في:
النظام 2

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** فضلات الجسم البُراز (+ مياه تنظيف الشرج) (+ مواد التنظيف الجافة)
★★ المنزل ★ الحي السكني المدينة	★★ منزلي ★★ مشترك ★ عام	**المُخرجات:** دُبال الحُفرة





تحتوي الحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة Double Ventilated Improved Pit على نفس تصميم الحُفرة الواحدة المُطورة المُهواة (ج. 3)، ولكن بميزة مُضافة؛ وهي وجود حُفرة ثانية تسمح بالاستخدام المستمر والتفريغ السهل الآمن.

يتيح تواجد الحُفرتين إمكانية استخدام حُفرة واحدة، بينما يتوقف استخدام الحُفرة الثانية ليتم ترشيح ما بها وتقليل حجم محتوياتها وتحللها. فعند اقتراب امتلاء الحُفرة المُستخدمة (حين تكون المسافة بين فضلات الجسم وقمة الحُفرة 50 سم) يتم تغطيتها، ومن ثَم إزالة محتويات الحُفرة الأخرى المتوقفة ليتم إعادة استخدامها من جديد. وينتج عن فترة التوقف الطويلة (التي لا تقل عن سنة أو سنتين بعد عدة سنوات من الامتلاء) مواد مُعقمة جُزئيًا وتُشبه الدُبال.

اعتبارات التصميم قد تكون البِنية الفوقية (الحمَّام) مُثبتة فوق فتحات الحُفرتين، أو قد تكون مُصممة للانتقال من حُفرة إلى أخرى، وفي كلتا الحالتين ينبغي أن تُغطَّى الحُفرة غير المُمتلئة تغطية كاملة ومُحْكَمَة؛ لمنع المياه أو القمامة أو الحيوانات أو الناس من السقوط فيها. يتم إتمام عملية التهوية في كلتا الحُفرتين باستخدام أنبوب التهوية، ويتكرر نقله بين الحُفر، أو تكون كل حُفرة مُجهزة بأنبوب التهوية الخاص بها. تُستخدم الحُفرتين في هذا النظام باستمرار ويجب أن تكونا مُبطنتين ومُدَعَّمَتين جيدًا؛ لضمان إطالة عمرهما.

المُلاءَمة يُعتبر هذا النموذج أكثر مُلاءمة من نموذج الحُفرة الواحدة المُطورة المُهواة للمناطق الشبه حضرية الأكثر كثافة. فبعد فترة التوقف، يتم تفريغ المواد الشبيهة بالتربة يدويًا (بالحَفر، وليس بالشفط)، لذلك ليس من الضروري تَدَخُّل شاحنة شفط.

تعمل تقنية الحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة بشكل صحيح فقط عند استخدام الحُفرتين بالتتابع، وليس في وقت واحد. ولذلك يتطلب وجود غطاء مناسب للحُفرة غير المُستخدمة. وتُعتبر هذه التقنية مناسبة في حالة نُدرَة المياه، وحيث يكون منسوب المياه الجوفية مُنخفضًا. وينبغي أن تتواجد في منطقة جيدة التهوية لضمان التهوية الفعالة. كما أنها غير مناسبة في حالة التربة الصخرية أو المدكوكة (التي يصعب حَفرها)، أو للأماكن التي تتكرر بها الفيضانات.

الجوانب الصحية / القبول تُعتبر الحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة من خيارات الصرف الصحي النظيفة والمريحة والمقبولة بشكلٍ جيد، وتكون في بعض الحالات أحسن من التقنيات القائمة على المياه، ومع ذلك، توجد بعض المخاوف الصحية منها:

- السوائل المرتشحة قد تُسبب تلوث المياه الجوفية.
- قد تكون الحُفر عُرضة للهدم و/أو الطفح أثناء الفيضانات.
- المخاطر الصحية من الذباب لا يتم تجنبها بشكل كامل بالتهوية فقط.

التشـغيل والصيانـة للحفـاظ علـى الحُفـرة المزدوجـة المُطورة المُهـواة من الذباب والروائح، فإن ذلك يتطلب التنظيف المسـتمر والصيانـة بشـكل منتظم، ويجـب إزالـة الذباب الميت، شـبكات العنكبـوت، الغبار وغيرها من العوالق عن شـبكة التهوية لضمان التدفـق الجيـد للهواء. يجـب أن تُغطـى الحُفرة غير المسـتخدمة بشـكل جيـد ومُحكم؛ للحد من تسـرب الميـاه. كما يجـب الحفاظ علـى جدول زمني مناسـب للعمـل بالتناوب بيـن الحُفر.

الإيجابيات والسلبيات

+ عُمـر افتراضـي أطول مـن نموذج الحُفـرة الواحـدة المُطورة المُهـواة (إذا تـم صيانتهـا والاعتنـاء بها بشـكل صحيح).
+ استخراج الدُبال أسهل من حَمْأَة مياه المجاري.
+ تخفيض ملحوظ في الكائنات المُسببة للأمراض.
+ إمكانية استخدام البُراز المُخزن كمُحسن للتربة.
+ تخفيـض الذباب والروائح بشـكل ملحوظ (مقارنـة بالحُفر غير المهواة).
+ يُمكن بناؤها وإصلاحها بالمواد المتوفرة محليًا.
- يتطلب الإزالة اليدوية للدُبال.
- احتمال تلوث المياه الجوفية.
- ترتفـع تكاليفهـا الإنشـائية أكثر من الحُفـرة الواحـدة المُطورة المُهـواة، ولكن تنخفـض تكاليف التشـغيل إذا أُفرغـت الحُفرة ذاتيًا.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيار بورقي وآخرون (2014). *حلول تقنية وممارسات أفضل للصرف الصحي*، نواكشوط، موريتانيا.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

_ برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

مراجع انجليزية:

_ ARGOSS (2001). *Guidelines for Assessing the Risk to Groundwater from on-Site Sanitation*. British Geological Survey Commissioned Report, CR/01/142, Keyworth, UK. Available at: www.bgs.ac.uk

_ Franceys, R., Pickford, J. and Reed, R. (1992). *A Guide to the Development of on-Site Sanitation. WHO*, Geneva, CH. Available at: www.susana.org/library

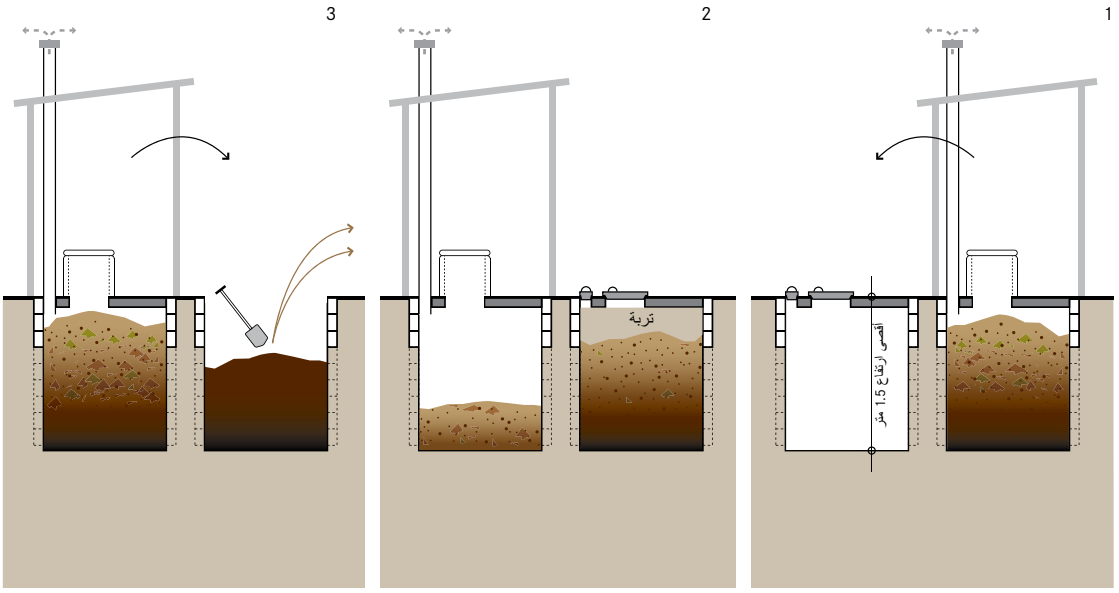
_ Mara, D. D. (1984). *The Design of Ventilated Improved Pit Latrines*. UNDP Interregional Project INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US. Available at: documents.worldbank.org/curated/en/home

_ Morgan, P. R. (2009). *Ecological Toilets. Start Simple and Upgrade from Arborloo to VIP. Stockholm Environment Institute*, Stockholm, SE. Available at: www.ecosanres.org

حُفرة ألتِرنا

قابل للتطبيق في:
النظام 2

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: فضلات الجسم، البُراز، مواد عضوية (+ مياه تنظيف الشرج) (+ مواد التنظيف الجافة)
★★ المنزل	★★ منزلي	
★ الحي السكني	★★ مشترك	المُخرجات: دُبال الحُفرة
المدينة	★ عام	



حُفرة ألتِرنا Fossa Alterna هي تقنية ذات دورة تناوب قصيرة، وتُعتبر بديلة لتقنيات الحُفر المزدوجة الجافة. وبالمقارنة بتقنية الحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة (ج. 4) - المُصممة لجمع وتخزين فضلات الجسم ومعالجتها جزئيًا - فإن تقنية حُفرة ألترنا مُصممة لإنتاج مُنتَج شبيه بالتربة غني بالمغذيات، حيث يمكن استخدامه كمُحسن للتربة الزراعية. يتم حَفر حُفرة ألترنا على عمق يصل إلى 1.5 م كحد أقصى، وتتطلب الإضافة المستمرة لمواد التغطية (التربة، و/أو الرماد، و/أو أوراق الشجر).

ينبغي أن تُضاف مواد التغطية إلى الحُفرة بعد التبرُّز (وليس التبول). حيث توفر التربة وأوراق الشجر كائنات حية مختلفة مثل الديدان والفطريات والبكتريا التي تساعد في عملية التحلّل. وتساعد أيضًا على زيادة المسامية مما يسمح بالعمليات الهوائية. كما أن إضافة الرماد تساعد في السيطرة على الذباب وتقليل الروائح ويجعل الخليط - نوعًا ما - أكثر قلوية.
تتحلل مكونات الحُفرة الأولى التي تم امتلاؤها في حين يتم ملء الحُفرة الثانية (الذي يُفتَرض أن يستغرق حوالي سنة). وتتحلل المواد في الحُفرة المُمتلئة إلى مادة جافه شبيهة بالتربة يمكن إزالتها يدويًا بسهولة. تتسبب إضافة المواد الغنية بالكربون في تسريع عملية التحلّل، ويكون المحتوى جاهزًا للاستخراج والاستخدام أسرع بكثير منه في الحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة.

اعتبارات التصميم تمتلئ حُفرة ألترنا خلال فترة من 12 إلى 24 شهرًا، وذلك اعتمادًا على حجمها وعدد المستخدمين. وعلى الرغم من ضحالة عُمق هذه الحُفر (من 1 إلى 1.5 متر) فإنه يمكن استخدام الحُفرة بواسطة عائلة مكونة من ستة أفراد لمدة سنة كاملة. تعمل تقنية حُفرة ألترنا بشكل سليم فقط إذا استُخدمت الحُفرتان بالتتابع وليس في وقت واحد. ولذلك لا بد من وضع غطاء مُناسب للحُفرة غيرالمُستَخدمة.
يمكن استخدام حُفرة ألترنا للبول ولكن لا يضاف إليها الماء - قد يُسمح بكميات صغيرة من مياه تنظيف الشرج. تُعزز المياه تواجد الحشرات الناقلة للأمراض ومسببات الأمراض، كما أنها تَسُد الفراغات المسامية مما يحرم البكتيريا الهوائية من الأكسجين اللازم لعملية التحلّل. ويمكن استخدام المِرحاض الجاف الفاصل للبول (و.2) مع حُفرة ألترنا، ولكن يحدث ذلك فقط في حالة عدم امتصاص التربة للبول بشكلٍ كافٍ أو عندما يكون البول ذا قيمة عالية للاستخدام.
بما إن مواد التغطية تُستَخدم باستمرار لتغطية فضلات الجسم فإن ذلك يُقلل من الروائح. و لتقليل الروائح بشكل أكبر يمكن إضافة أنبوب تهوية.
في المناطق المُعرضة للفيضانات وحيث يكون منسوب المياه الجوفية عاليًا جدًا يمكن رفع حُفرة ألترنا أو بناؤها بالكامل فوق سطح الأرض لتجنب اختلاط مياه المِرحاض بالمياه الجوفية وتلويثها. ويُعتبر رفع الحُفر خيارًا مناسبًا في حالة الأرض الصخرية أو التربة المدموكة التي يَصعُب حَفرها.
في حالة توافر المساحة وعدم الرغبة في تفريغ الحُفر فإنه يمكن استخدام تقنية أربولو (س.1) كخيارٍ بديل للتخلص.

وفي هذه الحالة لا يجب تبطين الحُفر إذا كانت ستُستَخدم كتقنية أربولو.

المُلاءَمَة تُعتبر حُفرة ألترنا مناسبة للمناطق الريفية وشبه الحضرية، ومناسبة خصيصًا للبيئات التي تعاني من ندرة المياه، وتُعتبر حلًا مفيدًا للمناطق ذات التربة الفقيرة حيث يمكنها الاستفادة من المواد الدُبالية المُثبتة Stabilized Humic Material كمُحسن للتربة. وتُعد حُفرة ألترنا غير مناسبة للمياه الرمادية حيث تكون الحُفرة ضحلة، كما يجب ضمان وجود الهواء لعملية التحلّل.
يتم تفريغ المواد من حُفرة ألترنا يدويًا (بالحَفر وليس بالشفط): لذلك ليس من الضروري مراعاة إمكانية دخول شاحنات الشفط إلى الحُفرة.
حُفرة ألترنا ليست مناسبة للأراضي الصخرية أو التربة المدموكة (التي يصعب حَفرها) أو للمناطق التي توجد بها فيضانات بصورة متكررة، إلا إذا تم رفع الحُفر.

الجوانب الصحية / القبول تغطية البُراز بالتربة و/أو الرماد و/أو أوراق الشجر يقلل من الروائح والبعوض بشكل كبير. قد لا يفهم المستخدمون الفرق بين حُفرة ألترنا والحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة ولكن إذا أُتيحت الفرصة لاستخدام حُفرة ألترنا، فسيُقدر الناس المزايا الجيدة لها. يمكن استخدام النماذج الإيضاحية لعرض مدى سهولة تفريغ حُفرة ألترنا بالمقارنة بتفريغ الحُفرة المزدوجة. إبقاء المكونات في الحُفرة - المغلقة - لمدة سنة على الأقل يجعلها أكثر أمانًا وأسهل في التعامل معها. ويجب اتخاذ نفس احتياطات التعامل مع السماد العُضوي عند التعامل مع الدُبال المستخرَج من حُفرة ألترنا.

التشغيل والصيانة عند استخدام الحُفرة لأول مرة يجب وضع طبقة من أوراق الشجر في قاع الحُفرة. ويجب إضافة المزيد من أوراق الشجر بصفة دورية لزيادة المسامية ووجود الأكسجين. يجب إضافة كمية صغيرة من التربة و/أو الرماد و/أو أوراق الشجر بعد إضافة البُراز إلى الحُفرة. في بعض الأحيان، يجب دفع المواد المتراكمة تحت فتحة المِرحاض إلى جوانب الحُفرة للاستفادة المُثلى من المساحة.
على عكس الحُفرة الواحدة أو الحُفرة الواحدة المُطورة المُهواة (ج.2، ج.3) التي تُغَطَّى أو تُفرَّغ، فإن المواد المُنتجة في حُفرة ألترنا تُستخدم كمُحَسِّن للتربة. لذا فإنه من المهم للغاية عدم وضع القمامة في الحُفرة.
تفريغ حُفرة ألترنا أسهل من تفريغ الحُفر الأخرى؛ حيث إن حُفر ألترنا أكثر ضحالة، كما أن إضافة التربة و/أو الرماد و/أو أوراق الشجر يعني أن مكونات الحُفرة غير مضغوطة بشكل كبير. وتُعتبر المواد المُزالة من الحُفرة ليست مُضِرَة و خطرها للتلوث قليل. ولا يجب تفريغ الحُفرة أكثر من مرة في السنة، وذلك اعتمادًا على أبعاد الحُفرة.

الإيجابيات والسلبيات
+ بسبب استخدام الحُفرتين بالتبادل، فإن فترة استخدامهما تكاد تكون غير محدودة.
+ يُعتبر استخراج الدُبال أسهل من استخراج حمأة البُراز.
+ تخفيض كبير في مسببات للأمراض.
+ تنتج دُبالًا غنيًا بالمغذيات مع إمكانية استخدامه كمُحسن للتربة.
+ انخفاض الروائح والذباب بصورة ملحوظة (بالمقارنة مع الحُفر غير المهواة).
+ يمكن بناؤها وإصلاحها بالمواد المتوفرة محليًا.
+ التكاليف الإنشائية مُنخفضة (لكنها متعددة) وذلك يعتمد على المواد المستخدمة؛ وتعتبر تكاليف التشغيل معدومة او قليلة إذا تم تفريغها ذاتيًا.
- تتطلب مصدرًا دائمًا لمواد التغطية.
- تتطلب الاستخراج اليدوي للدُبال.
- القمامة قد تُفسد فرص الاستخدام النهائي للمُنتج.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع إنجليزية:

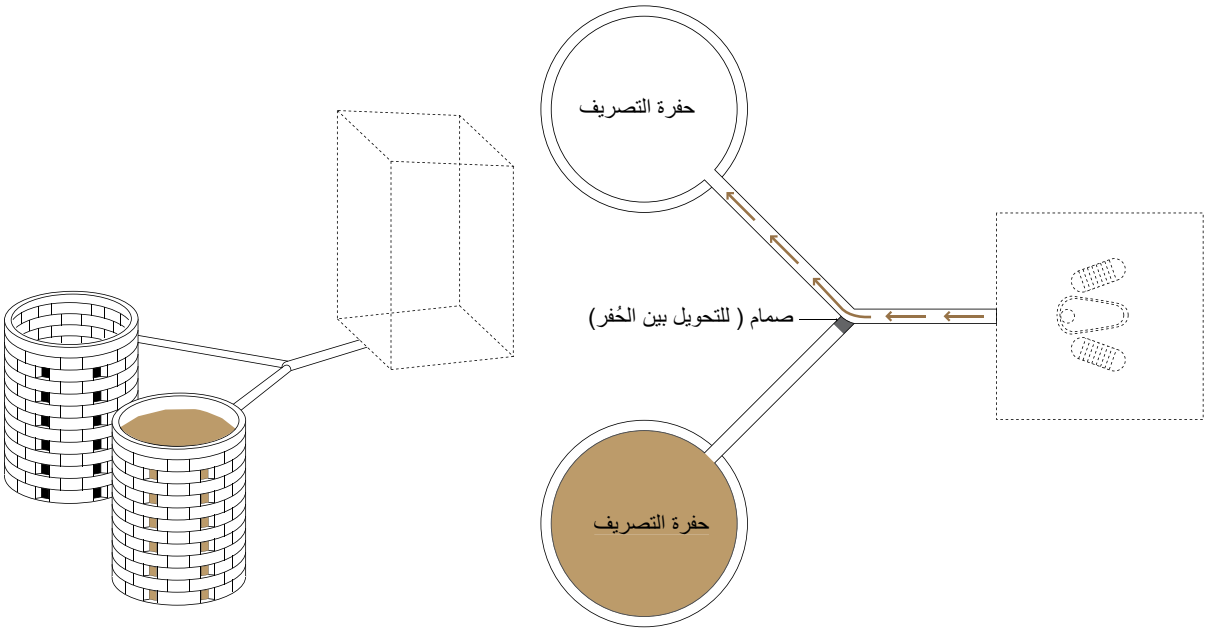
_ Morgan, P. R. (2007). *Toilets That Make Compost. Low-Cost, Sanitary Toilets That Produce Valuable Compost for Crops in an African Context.* Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Available at: www.ecosanres.org

_ Morgan, P. R. (2009). *Ecological Toilets. Start Simple and Upgrade from Arborloo to VIP.* Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Available at: www.ecosanres.org

حُفر التصريف المُزدوجة

قابل للتطبيق في:
النظام 3

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: المياه السوداء (المياه الرمادية)
★★ المنزل ★ الحي السكني المدينة	★★ منزلي ★★ مشترك ★ عام	المُخرجات: ذُبال الحُفرة



تتكون حُفر التصريف المزدوجة Twin Pits for Pour Flush من حُفرتين تباديليتين متصلتين بمِرحاض دفق بالصب (و.4)، حيث تُجمَع المياه السوداء (وأحيانًا المياه الرمادية) في الحُفر ويُسمح لها بالتسرب ببطء للتربة المحيطة، وبمرور الوقت تجف المواد الصلبة بشكلٍ كافٍ ويمكن إزالتها يدويًا بواسطة الجاروف.

يمكن تصميم حُفر التصريف المزدوجة بعدة طرق؛ إما بوضع المِرحاض فوق الحُفرة بشكلٍ مباشر، أو على مسافة منها، ويُمكن إنشاء البِنية الفوقية (الحمَّام) بشكل دائم فوق الحفرتين أو يتم تحريكها من جانبٍ لآخر وفقًا للحُفرة المستخدمة. ويتم استخدام حُفرة واحدة في كل مرة بغض النظر عن كيفية تصميم النظام؛ حيث تُترك الحُفرة الممتلئة لفترة توقف، ويتم ملء الحفرة الثانية.

بينما تتسرب السوائل من الحُفرة وتنتقل عبر التربة المسامية غير المُشبَّعة، فإن الجراثيم المسببة للأمراض تُمتص على سطح حبيبات التربة، وبهذه الطريقة يمكن إزالة مُسببات الأمراض قبل أن تصل إلى المياه الجوفية. وتختلف درجة الإزالة حسب نوع التربة، المسافة المقطوعة، الرطوبة وعوامل بيئية أخرى. الاختلاف بين هذه التقنية وبين الحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة (ج.4) أو حُفرة ألترنا (ج.5) هو أنها تسمح باستخدام المياه، وليس من الضروري إضافة التربة أو أي مواد عضوية للحُفر. وحيث إن هذه التقنية قائمة على المياه (رطبة)، فإن الحُفر الممتلئة تتطلب فترة احتجاز أطول (يوصى بسنتين) حتى تتحلّل محتوياتها قبل أن يتم استخراجها بأمان.

اعتبارات التصميم يجب أن يكون حجم الحُفر مناسب لاستيعاب حجم فضلات الجسم المُنتجة على مدار عام أو عامين، وهذا يسمح لمحتويات الحُفرة الممتلئة بالوقت الكافي لتصبح مادة شبه معقمة وشبيهة بالتربة ويمكن إزالتها يدويًا. ويوصى بأن تُبنى الحفرتان المزدوجتان على بُعد متر واحِد من بعضهما البعض لتقليل انتقال الملوثات من الحُفرة قيد التجفيف والتحلّل إلى الأخرى الجاري استخدامها، كما يوصى بأن تكون الحفرتان على بعد متر واحد من أي بِنية تحتية حيث إن السوائل المرتشحة قد تؤثر سلبًا على الأساسات الهيكلية. قد تؤثر المياه داخل الحُفرة على بِنية الحُفرة نفسها، لذلك يجب أن تكون الجدران مُبطنة بالكامل لمنع انهيارها، وأن يكون الجزء العلوي (30 سم) مُملّط - مُمَحر - بالكامل لمنع التسريب المباشر وللحفاظ على البِنية الفوقية (الحمَّام).

هناك أيضًا خطر تلوث المياه الجوفية عندما تتواجد الحُفر في مناطق ذات منسوب مياه مرتفع أو متغير، و/أو في حالة وجود تشققات أو تصدعات في البنية الأساسية للحُفرة. وحيث إن خواص التربة والمياه الجوفية عادةً ما تكون مجهولة، من الصعب تقدير المسافة اللازمة بين الحُفرة ومصدر المياه، وعادةً ما يوصى بأن تكون المسافة الأفقية بينهما لا تقل عن 30 مترًا للحد من تعرّض مصدر المياه للتلوث الميكروبي.

لضمان استخدام حُفرة واحدة في كل مرة، يجب إغلاق فتحة أنبوب التجميع الموصول بالحُفرة المتوقفة عن العمل (مثلًا: باستخدام الأسمنت أو الأحجار). وبدلًا عن ذلك، يمكن توصيل مِرحاض الدفق بالصب بالحُفرة مباشرة باستخدام أنبوب واحد

مستقيم؛ على أن يكون مثبت في مكانه بالمحارة (الملاط الاسمنتي) ومُغطى بالتربة. وللحد من خطورة الإهمال أو سوء الاستخدام يجب ضمان أن تكون التوصيلات والأنابيب بعيدة عن متناول الأيدي.

المُلاءَمَة حُفر التصريف المزدوجة هي تقنية ثابتة تلائم المناطق التي لا يمكن فيها بناء حُفر مراحيض جديدة باستمرار. وطالما توافرت المياه، فإن هذه التقنية تُعتبر ملائمة تقريبًا لكافة الكثافات الإسكانية. وبالرغم من ذلك لا يوصى بتواجد العديد من الحُفر الرطبة في مساحة صغيرة حيث إن مصفوفة التربة قد لا يكون لديها السعة الكافية لاستيعاب كافة السوائل وقد تُصبح الأرض مُشبعة جدًا بالمياه. ولكي يتم تصريف المياه بشكلٍ صحيح، يجب أن تكون التربة ذات سعة امتصاص جيدة؛ حيث تُعتبر التربة الطينية أو المدموكة أو الصخرية غير ملائمة. هذه التقنية لا تُلائم المناطق ذات منسوب المياه الجوفية المرتفع، أو ذات الفيضانات المتكررة.
يمكن إدارة المياه الرمادية في آن واحد مع المياه السوداء في الحُفر المزدوجة، خاصةً إذا كانت كميات المياه الرمادية قليلة نسبيًا ولا يوجد أي نظام إدارة آخر متاح لتخزينها أو نقلها للمعالجة. بينما قد تتسبب الكميات الكبيرة من مياه تنظيف المِرحاض و/أو المياه الرمادية في ارتشاح مفرط من الحُفرة و غالبًا ما يُسبّب تَلَوُّث المياه الجوفية.
يتم تفريغ المواد الصلبة الجافة -منزوعة المياه- من الحُفر يدويًا (بالحَفر وليس بالنزح)، لذلك ليس من الضروري مراعاة إمكانية دخول شاحنات الشفط إلى الحُفر.

الجوانب الصحية / القبول تُعتبر هذه التقنية خيارًا مقبولًا بشكل عام للصرف الصحي؛ ومع ذلك، فتوجد بعض المخاوف الصحية:

- السوائل المرتشحة قد تُسبب تلوث المياه الجوفية.
- قد تعزّز المياه الراكدة في الحُفر من تكاثر الحشرات.
- قد تكون الحُفر عُرضة للهدم و/أو الطفح أثناء الفيضانات.

التشغيل والصيانة
يجب تفريغ الحُفر بانتظام (بعد فترة السنتين الموصى بها)، ويجب أخذ الحذر لضمان عدم فيض (طَفح) الحُفر أثناء المواسم الممطرة. يتم التفريغ يدويًا باستخدام جواريف طويلة الأذرع مع اتخاذ إجراءات الحماية الشخصية المناسبة.

الإيجابيات والسلبيات
+ بسبب استخدام الحفرتين بالتبادل، فإن فترة استخدامهما تكاد تكون غير محدودة.
+ يُعتبر استخراج الدُبال أسهل من استخراج حمأة البُراز.
+ تخفيض كبير في مسببات للأمراض.
+ إمكانية استخدام المواد البُرازية المُخزَّنة كمُحسِّنات للتربة.
+ انخفاض الروائح والذباب بصورة ملحوظة (بالمقارنة مع الحُفر بدون الحاجز المائي Water Seal).
+ يمكن بناؤها وإصلاحها بالمواد المتوفرة محليًا.
+ التكاليف الإنشائية مُنخفضة (لكنها متعددة) وذلك يعتمد على المواد المستخدمة؛ وتعتبر تكاليف التشغيل معدومة أو قليلة إذا تم تفريغها ذاتيًا.
+ تتطلب مساحة أرض صغيرة.
- تتطلب الاستخراج اليدوي للدُبال.
- يتكرّر الانسداد في حال الاستخدام المفرط لمواد التنظيف الجافة.
- توجد خطورة أعلى لتلوث المياه الجوفية بسبب الارتشاح الزائد بالمقارنة بالنظم غير المعتمدة على المياه.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيار بورقي وآخرون (2014). *حلول تقنية وممارسات أفضل للصرف الصحي*، نواكشوط، موريتانيا.

مراجع إنجليزية:

_ Franceys, R., Pickford, J. and Reed, R. (1992). *A Guide to the Development of on-Site Sanitation.* WHO, Geneva, CH.
Available at: www.susana.org/library

_ Mara, D. D. (1985). *The Design of Pour-Flush Latrines.* UNDP Interregional Project INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US.
Available at: documents.worldbank.org/curated/en/home

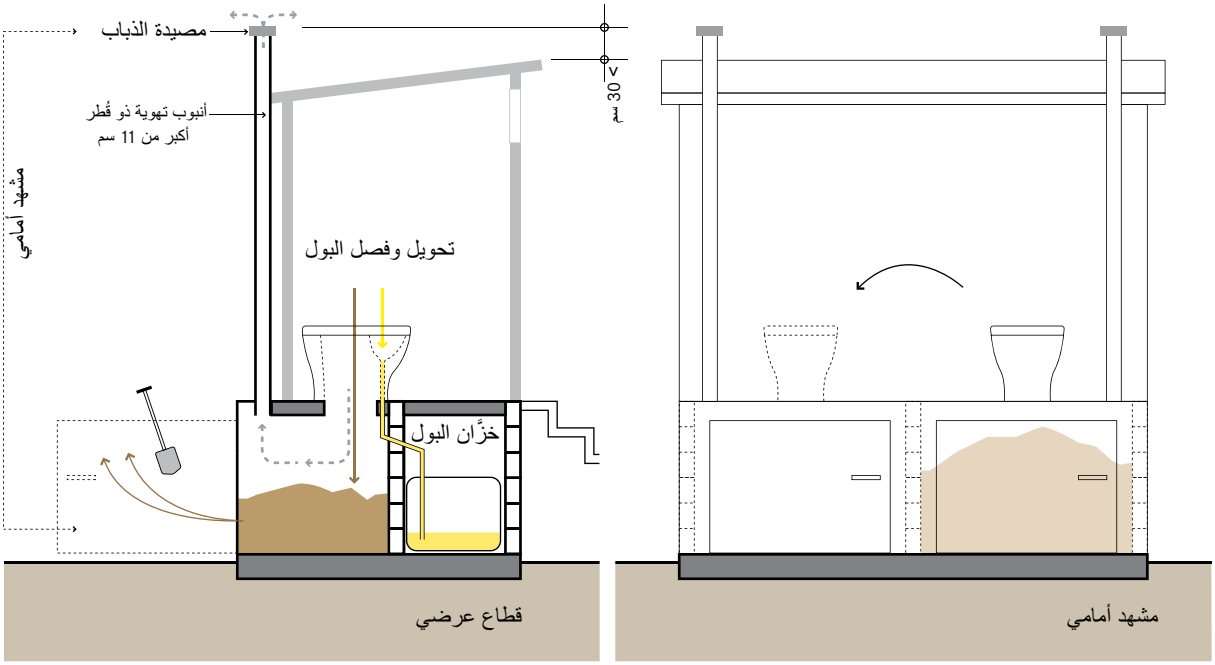
_ Mara, D. D. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation.* Wiley, Chichester, UK.

_ Roy, A. K., Chatterjee, P. K., Gupta, K. N., Khare, S. T., Rau, B. B. and Singh, R. S. (1984). *Manual on the Design, Construction and Maintenance of Low-Cost Pour-Flush Waterseal Latrines in India.* UNDP Interregional Project INT/81/047, The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US.
Available at: documents.worldbank.org/curated/en/home

حُجرات التجفيف

قابل للتطبيق في:
النظام 4

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: البُراز (+ مواد التنظيف الجافة)
★★ المنزل ★ الحي السكني المدينة	★★ منزلي ★★ مشترك ★ عام	**المُخرجات:** البُراز المُجفف



تُستخدم حُجرات التجفيف Dehydration Vaults لجمع وتخزين وتجفيف البُراز. يجف البُراز فقط عندما تكون الحُجرات: مهواة جيدًا، ومعزولة -غير مُنفذة للمياه- بحيث تمنع تسرب الرطوبة إليها، ويتم تصريف البول ومياه تنظيف الشرج بعيدًا عنها.

يجف البُراز بشكل أسرع عندما لا يتم خلطه بالبول أو السوائل الأخرى. وفي غياب الرطوبة؛ لا تستطيع الكائنات الدقيقة أن تنمو، ويتم القضاء على مسببات الأمراض، وتقل الروائح.

يَسمح استخدام الحُجرتين بالتبادل بجفاف البُراز في إحداهما بينما يتم ملء الأخرى. عندما تمتلئ الحُجرة الأولى، يتم نقل المِرحاض الجاف الفاصل للبول (و.2) للحُجرة الثانية، وبينما يتم ملء الحُجرة الثانية فإن البُراز في الحُجرة الأولى يجف ويقل حجمه، وعندما تمتلئ الحُجرة الثانية تكون الحُجرة الأولى قد فُرِّغَت وتعود للعمل مرة أخرى.

ينبغي إضافة كمية صغيرة من الرماد أو الجير أو التربة الجافة أو نشارة الخشب لتغطية البُراز بعد كل استخدام، وذلك للحد من الحشرات وتقليل الروائح والمساعدة في عملية التجفيف.

اعتبارات التصميم يمكن إنشاء حُجرات التجفيف داخل المنشأت أو ببنيَة خاصة منفصلة. ومن الضروري وجود أنبوب تهوية لإزالة الرطوبة من الحُجرات والسيطرة على الحشرات والروائح، ويجب أن تكون الحُجرات مُحكمة الغلق لضمان عمل التهوية بشكل صحيح؛ لذلك يجب بناء الحُجرات من طوب مُحكم العزل أو الخرسانة لضمان عدم دخول المياه السطحية إليها.

توصي منظمة الصحة العالمية (WHO) بأن تكون فترة التخزين ستة أشهر على الأقل في حال استخدام الرماد أو الجير كمواد للتغطية (المعالجة قلوية)، وفي حالة عدم استخدام مواد التغطية ينبغي أن تكون فترة التخزين عامًا واحدًا على الأقل في الأجواء الدافئة (أكبر من 20 درجة مئوية في المتوسط) أو من عامٍ ونصف إلى عامين في الأجواء الأكثر برودة.

في حالة المعالجة القلوية، تُهيّأ كل حُجرة لتستوعب تراكم البُراز لستة أشهر على الأقل، وهذا يعني أن فترة التخزين والتجفيف في الحُجرة خارج الخدمة تكون ستة أشهر.

ينبغي أن تُحسب أبعاد الحُجرة مع الأخذ بعين الاعتبار: مواد التغطية، تدفق الهواء، التوزيع غير المتساوٍ للبُراز، المستخدمين المُحتملين، ومواد التنظيف الجافة. تُقدر مساحة التخزين لكل ستة أشهر للشخص الواحد بحوالي 50 لترًا. يوصى بأن يكون ارتفاع الحجرة من 60 سنتيمتر إلى 80 سنتيمتر على الأقل لتسهيل التفريغ والوصول لأنابيب البول.

المُلاءَمَة يمكن إنشاء حُجرات التجفيف في أي مكان؛ بداية من المناطق الريفية إلى المناطق الحضرية المزدحمة، وذلك بسبب صِغر مساحة الأرض المطلوبة، ومحدودية الروائح وسهولة الاستخدام. ويعتمد استخدام هذه التقنية في المناطق

الحضرية على خدمة نقل البراز الجاف (والبول) خارج المدينة حيث إن المستخدمين في المناطق الحضرية عادةً لا يكون لديهم الاهتمام أو الفرصة لاستخدامه محليًا. تتناسب حُجرات التجفيف بشكل أكبر مع المناطق شحيحة المياه والصخرية أو حيث يكون منسوب المياه الجوفية مرتفعًا، كما أنها مناسبة أيضًا في المناطق المُعرّضة للفيضانات بشكل متكرّر لأنها تُبنى بطريقة تجعلها غير مُنفذة للمياه.

الجوانب الصحية / القبول تُعد حُجرات التجفيف تقنية نظيفة ومريحة وسهلة الاستخدام. ومع ذلك فمن الضروري أن يتدرب المستخدمون جيدًا لفهم كيفية عمل التقنية واستيعاب فوائدها. يمنع بقاء الحُجرات جافة وجود أي مشاكل مع الذباب أو الروائح. بعد مرور وقت التخزين الموصى به، يجب أن يكون البُراز جافًا تمامًا وآمن نسبيًا للتعامل معه، بشرط ألا يتعرّض للبلل، ومع ذلك لا يزال يُشكّل خطرًا طفيفًا على الصحة. لا تسمح حُجرات أو صناديق التجفيف ذات الخزّان الواحد بتجفيف البُراز بشكلٍ كافٍ، فعند إفراغ الحاوية الممتلئة، يكون البُراز الموجود في أعلى الخزّان لا يزال رطبًا. وبالتالي فإن المخاطر المرتبطة بالتعامل مع البُراز في حالة الحُجرات ذات الخزّان الواحد أعلى بالطبع مقارنةً بالحُجرات المزدوجة. لذلك يوصى باستخدام أكثر من حُجرة بالتناوب. ومع ذلك لا تزال البحوث والاختبارات الميدانية لحاويات البُراز مُحكمة الغلق جارية من أجل نقلها بأمان وتنظيفها بسهولة، مع الوضع في الاعتبار الخدمات اللوجستية.

التشغيل والصيانة لا تتحلّل مواد التنظيف الجافة في الحُجرات كما هو حال البراز الذي يجف ولكن لا يتحلل، ويفضّل تجميع مواد التنظيف الجافة والتخلّص منها بشكل منفصل عندما يُراد استخدام محتويات الحُجرات في الحقل دون المزيد من المعالجة. في بعض الأحيان، يجب دفع البُراز المتراكم تحت فتحة المِرحاض إلى جوانب الحُفرة. يجب توخي الحذر لضمان عدم دخول الماء أو البول في حُجرة التجفيف، وإذا حدث ذلك، يمكن إضافة المزيد من الرماد أو الجير أو التراب أو نشارة الخشب للمساعدة على امتصاص السائل.
ولإفراغ الحُجرات، يجب استخدام الجاروف والقفازات وربما قناع للوجة (من القماش) لتجنب التلامس المباشر مع البُراز الجاف.

الإيجابيات والسلبيات
+ بسبب استخدام الحُجرتين بالتبادل، فإن فترة استخدامهما تكاد تكون غير محدودة.
+ تخفيض كبير في مسببات للأمراض.
+ إمكانية استخدام البُراز الجاف كمُحسِّن للتربة.
+ لا توجد مشاكل حقيقية مع الذباب أو الروائح إذا تم استخدامها وصيانتها بشكلٍ سليم (أي تبقى جافة).
+ يمكن بناؤها وإصلاحها من المواد المتوفرة محليًا.
+ مناسبة للمناطق الصخرية و/أو المناطق المُعرّضة للفيضانات أو حيث يكون منسوب المياه الجوفية مرتفعًا.
+ التكاليف الإنشائية مُنخفضة (لكنها متعددة) وذلك يعتمد على المواد المستخدمة؛ وتعتبر تكاليف التشغيل معدومة أو قليلة إذا تم تفريغها ذاتيًا.
- تتطلب التدريب والقبول ليتم استخدامها بشكل صحيح.
- تتطلب مصدرًا دائمًا لمواد التغطية.
- تتطلب الإزالة اليدوية للبُراز المجفف.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيار بورقي وآخرون (2014). *حلول تقنية وممارسات أفضل للصرف الصحي*، نواكشوط، موريتانيا.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحى فى التجمعات السكانية الصغيرة*، سوريا.

_ بيتر ينسن (2005). *نظرة شمولية لتقنية الإصحاح البيئي*، جامعة النرويج *لعلوم الحياة*، النرويج.

مراجع إنجليزية:

_ Deegener, S., Samwel, M. and Gabizon, S. (2006). *Urine Diverting Toilets. Principles, Operation and Construction.* Women in Europe for a Common Future, Utrecht, NL and Munich, DE.
Available at: www.wecf.de

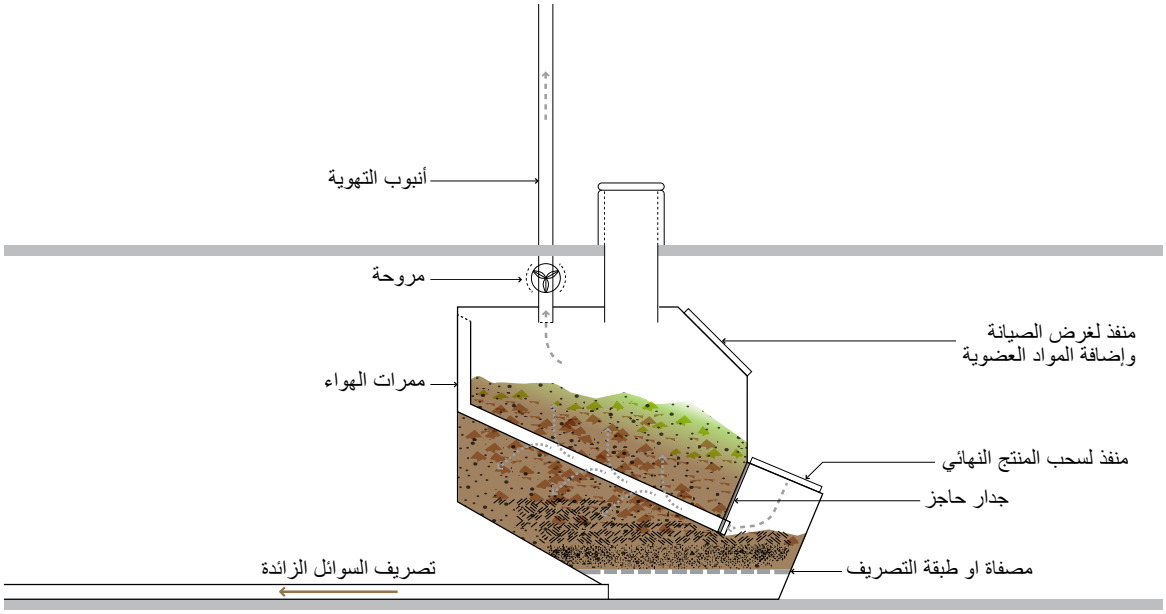
_ Winblad, U. and Simpson-Hébert, M. (Eds.) (2004). *Ecological Sanitation. Revised and Enlarged Edition.* Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Available at: www.ecosanres.org

_ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture.* World Health Organization, Geneva, CH.
Available at: www.who.int

غُرفة إعداد السماد

قابل للتطبيق في:
النظام 2

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** فضلات الجسم البُراز مواد عضوية (+ مواد التنظيف الجافة)
المنزل ★★ الحي السكني ★ المدينة	منزلي ★★ مشترك ★★ عام ★	**المُخرجات:** السماد العضوي التدفقات السائلة الخارجة



تشير عملية إعداد السماد إلى تحلل المواد القابلة للتحلّل البيولوجي بواسطة الكائنات الحية الدقيقة - غالبًا البكتيريا والفطريات - في الظروف الهوائية. تُصمم غُرفة إعداد السماد Composting Chamber لتحويل فضلات الجسم والمواد العضوية إلى سماد. ويُعتبر السماد المنتج آمنًا ومستقرًا، ويمكن التعامل معه بأمان واستخدامه كمُحسّن للتربة.

تتطلب هذه التقنية عادةً أربعة أجزاء رئيسية: (1) مُفاعل (غُرفة التخزين)، (2) وحدة التهوية لتوفير الأوكسجين والسماح للغازات (ثاني أكسيد الكربون CO_2 وبخار الماء) بالخروج، (3) نظام لجمع السوائل المرتشحة، (4) مَنفَذ لإزالة المنتجات التي نضجت. يتم خلط فضلات الجسم والمواد العضوية وبقايا الطعام والمواد المالئة (مثل قطع أو نشارة الخشب أو الرماد أو الورق) في الغُرفة. وهناك أربعة عوامل تضمن الأداء الجيد للنظام: (أ) الأوكسجين الكافي؛ ويتوفر عن طريق التهوية الفاعلة أو الخاملة، (ب) الرطوبة المناسبة (تعتبر 45-70% نسبة رطوبه مثالية)، (ج) الحرارة الداخلية لكُومة السماد تكون ما بين 40 إلى 50 درجة مئوية (تتحقق بتوفير أبعاد مناسبة للغُرفة)، (د) نسبة الكربون للنيتروجين (نظريًا؛ 25 جزء كربون إلى جزء واحد نيتروجين) والتي يمكن ضبطها بإضافة مواد عضوية مالئة كمصدر للكربون.
يصعُب عمليًا الحفاظ على هذه الشروط المثالية. ونتيجةً لذلك غالبًا ما تكون المنتجات غير مُعقمة أو صحية بما فيه الكفاية وتحتاج لمزيد من المُعالجة.

اعتبارات التصميم يمكن تصميم غُرفة إعداد السماد بأشكال متنوعة؛ فقد تبنى فوق الأرض أو تحتها، وفي داخل البيوت أو كبِنية فوقية منفصلة.
يمكن اعتبار: 300 لتر/فرد/سنة كقيمة تصميمية (أو عامل تصميمي) لحساب حجم الغُرفة المطلوبة.
تُعتبر قنوات التهوية (أنابيب الهواء) تحت كومة السماد مفيدة للتهوية. وقد تحتوي التصميمات الأكثر تعقيدًا على مروحة صغيرة للتهوية، أو خلاط ميكانيكي، أو حجرات متعددة لإتاحة الفرصة لزيادة وقت التخزين والتحلّل. يُسهِّل انحدار قاع غُرفة إعداد السماد ووجود غُرفة فرعية لسحب السماد من الوصول إلى المنتج النهائي. كذلك، من المهم أيضًا وجود نظام لتصريف المياه لضمان إزالة السوائل المرتشحة.
يُثبط تواجد الأمونيا الزائده الناتجة عن البول من العمليات الميكروبية في الغُرفة. لذلك فإن استخدام المِرحاض الجاف الفاصل للبول (و.2) أو المبولة (و.3) يحسّن من جودة السماد.

المُلاءَمَة بما أن هذه التقنية صغيرة في الحجم ولا تتطلب وجود المياه، فإنها تُعتبر مناسبة في المناطق ذات المساحات المحدودة والمناطق شحيحة المياه، أو عندما يكون هناك حاجة إلى السماد. ويمكن أيضًا إنشاؤها في المناطق الصخرية، أو عندما يكون منسوب المياه الجوفية مرتفعًا. ينبغي في المناخات الباردة أن تكون غُرفة إعداد السماد في داخل البيوت لضمان عدم إعاقة درجات الحرارة المنخفضة للعمليات الميكروبية. لا يمكن استخدام هذه التقنية لجمع مياه تنظيف الشرج أو المياه الرمادية؛

حيث يصبح المُفاعل رطبًا جدًا، وهذا يؤدي إلى الظروف اللاهوائية التي ستسبب مشاكل الروائح والتحلّل غير الجيد.

الجوانب الصحية / القبول إذا صُممت غُرفة إعداد السماد بشكل جيد فإنه لا يُفترض على المستخدمين أن يتعاملوا مع المحتويات وتدوالها خلال السنة الأولى.
لا تُخرج غُرفة إعداد السماد التي تعمل بشكل جيد أي روائح، وإذا توافرت المواد المالئة بشكلٍ كافٍ مع التهوية الجيدة، فلا يُفترض وجود أي مشاكل مع الذباب أو الحشرات الأخرى. عند إزالة المنتج النهائي، يفضّل ارتداء الملابس الواقية لمنع الاتصال المباشر بالمواد المُسمّدة (جزئيًا).

التشغيل والصيانة بالرغم من بساطة غُرف إعداد السماد من الناحية النظرية فإنها ليست سهلة التشغيل. فيجب التحكم في الرطوبة، والحفاظ على توازن نسبة الكربون إلى النيتروجين C:N، ويجب أن يكون حجم الوحدة مناسبًا بحيث تظل درجة حرارة كومة السماد مرتفعة لتخفيض مسبّبات للأمراض. بعد كل عملية تغوط تُضاف كمية صغيرة من المواد المالئة؛ لامتصاص السوائل الزائدة، ولتحسين تهوية كومة السماد، ولتحقيق التوازن في نسبة الكربون المُتاحة. تعمل عملية تقليب محتويات الغُرفة من وقت لآخر على زيادة الإمداد بالأكسجين.
يمكن عمل اختبار الضغط اليدوي Squeeze test للتحقق من مستوى الرطوبة داخل الغُرفة، فعند ضغط كمية صغيرة من السماد يدويًا؛ ينبغي ألا تتفتت العينة، وألا تكون جافة الملمس، وأيضًا لا تكون مثل الإسفنجة الرطبة، بمعنى آخر ينبغي أن يَترُك السماد بِضع قطرات من الماء في اليد فقط. إذا أصبحت المادة في الغُرفة مضغوطة للغاية ورطبة، فذلك يستوجب إضافة مواد مالئة إضافية. عند استخدام المِرحاض الجاف الفاصل للبول؛ فينبغي إضافة بعض الماء للحصول على الرطوبة المطلوبة.
لا بد من تفريغ غُرفة إعداد السماد - حسب التصميم - كل فترة (من سنتين إلى 10 سنوات)، ويجب استخراج السماد الناضج فقط. وقد تتطلب محتويات غُرفة إعداد السماد المزيد من المعالجة لتصبح آمنة صحيًا (على سبيل المثال، إعداد السماد مع إضافة المواد العضوية أنظر م.16).
قد تتراكم الأملاح أو المواد الصلبة الأخرى مع مرور الوقت في الخزّان أو نظام صرف المياه، لكن من الممكن إذابة هذه المواد بالماء الساخن و/أو كشطها.

الإيجابيات والسلبيات

+ تخفيض كبير في مسببات للأمراض.
+ إمكانية استخدام السماد العضوي كمُحسِّن للتربة.
+ لا توجد مشاكل حقيقية مع الذباب أو الروائح إذا تم استخدامها وصيانتها بشكلٍ سليم.
+ إمكانية إدارة المخلفات العضوية الصلبة بشكل متزامن.
+ تقدم خدمة طويلة الأمد.
+ تكاليف التشغيل منخفضة إذا تم التفريغ ذاتيًا.
- تتطلب مستخدم متدرب جيدًا أو أشخاص معنيين بخدمات المتابعة والصيانة.
- قد يتطلب السماد المزيد من المعالجة قبل الاستخدام.
- تتطلب السوائل المرتشحة المعالجة و/أو التفريغ المناسب.
- تتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- قد تتطلب بعض الأجزاء الخاصة والكهرباء.
- تتطلب مصدرًا دائمًا للمواد العضوية.
- تتطلب الإزالة اليدوية للسماد.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة*، سوريا.

مراجع إنجليزية:

_ Berger, W. (2011). *Technology Review of Composting Toilets. Basic Overview of Composting Toilets (with or without Urine Diversion).* Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Available at: www.susana.org/library

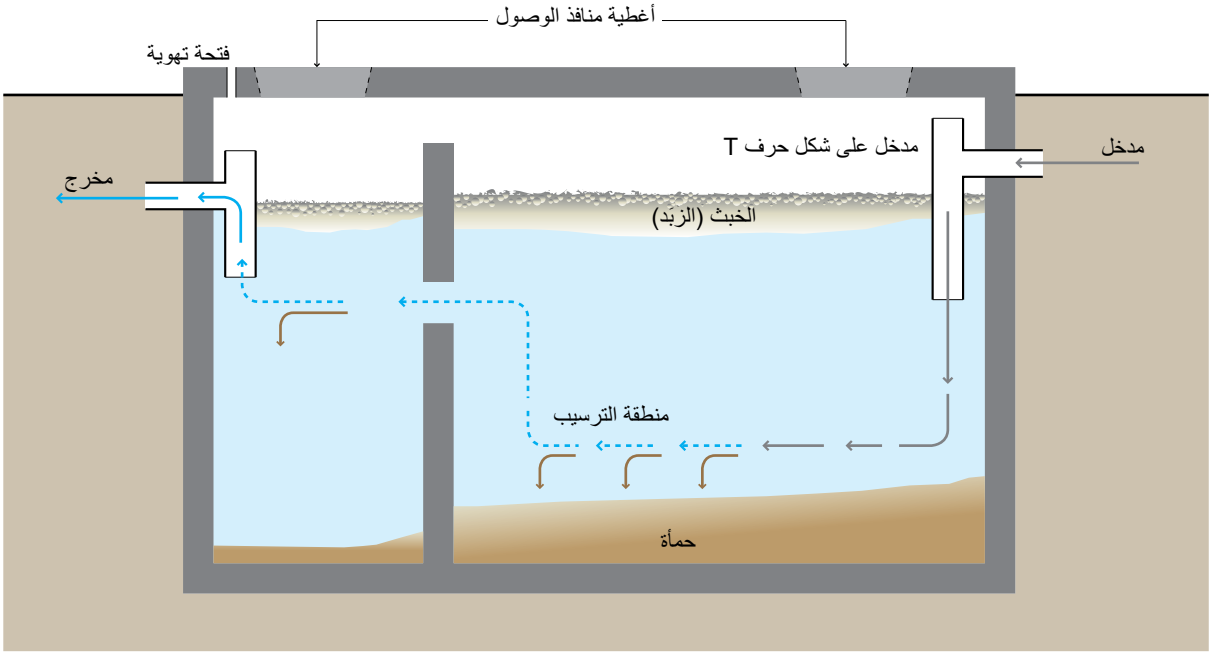
_ Del Porto, D. and Steinfeld, C. (1999). *The Composting Toilet System Book. A Practical Guide to Choosing, Planning and Maintaining Composting Toilet Systems, an Alternative to Sewer and Septic Systems.* The Center for Ecological Pollution Prevention (CEPP), Concord, MA, US.

_ Jenkins, J. (2005). *The Humanure Handbook. A Guide to Composting Human Manure.* 3rd Ed. Jenkins Publishing, Grove City, PA, US.

خزَّان التحليل (التخمير)

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 6، 7

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** المياه السوداء ★★ المياه البُنِّية ★★ المياه الرمادية
★★ المنزل	★★ منزلي	
★★ الحي السكني	★★ مشترك	**المُخرجات:** التدفقات السائلة الخارجة ★★ الحمأة
المدينة	★★ عام	



خزَّان التحليل (التخمير) Septic Tank هو عبارة عن غُرفة معزولة -غير مُنفذة للمياه- ومصنوعة من الخرسانة أو الألياف الزجاجية أو البولي فينيل كلوريد PVC أو البلاستيك، وإليها تتدفق المياه السوداء والمياه الرمادية للمعالجة الابتدائية. تقوم عمليات الترسيب و التحلّل اللاهوائية بتخفيض المواد الصلبة والعضوية، ولكن تعتبر المعالجة متوسطة وغير مكتملة.

تتدفق السوائل إلى الخزَّان حيث تسقط الجسيمات الثقيلة إلى القاع، بينما الخبث الطافي -أو الزَّبَد- (ومعظمها من الزيوت والشحوم) فتطفو لأعلى، ومع مرور الوقت تتحلل المواد الصلبة المستقرة في القاع تحللًا لاهوائيا. ومع ذلك، فإن معدل تراكم المواد الصلبة في القاع أسرع من معدل التحلّل، ويجب إزالة الحمأة المتراكمة والخبث دوريًا. يجب تصريف التدفقات السائلة الخارجة من خزَّان التحليل (التخمير) باستخدام حفرة الامتصاص (س.7) أو حقل التصريف الشبكي (س.8)، أو نقلها إلى تقنية معالجة أخرى عبر شبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة (ن.5).

يُتوقع - عمومًا - من الخزَّان المُصمم جيدًا والذي يتم صيانته جيدًا: إمكانية إزالة 50% من المواد الصلبة، و من 30 إلى 40% من الاحتياج الحيوي للأكسجين، وإزالة درجة واحدة لوغاريتمية (90%) 1-log removal من بكتريا الإشريكية القولونية E. coli. ولكن تختلف كفاءات الخزّانات بشكل كبير وفقًا للتشغيل والصيانة والظروف المناخية.

اعتبارات التصميم يجب أن يحتوي خزَّان التحليل (التخمير) على غرفتين على الأقل. وينبغي ألا يقل طول الغُرفة الأولى عن 50% من الطول الكلي، أما في حالة وجود غرفتين فقط فينبغي أن يكون طول الغُرفة الأولى حوالي ثُلثي الطول الكُلي، حيث إن معظم المواد الصلبة تترسب في الغُرفة الأولى. يمنع الحاجز - أو الفاصل بين الغرف - خروج الخبث والمواد الصلبة مع التدفقات السائلة الخارجة. وكذلك تمنع أنبوب المُخرجات المُصمم على شكل حرف T من تصريف الخبث والمواد الصلبة.

تُعتبر إمكانية الوصول إلى كافة الغُرف (من خلال فتحات الوصول) ضرورية من أجل عملية الصيانة، ويجب تهوية الخزانات للتحكم في خروج الروائح والغازات الضارة.

يعتمد تصميم خزَّان التحليل (التخمير) على: عدد المستخدمين، كمية المياه المستخدمة للفرد الواحد، متوسط درجة الحرارة السنوية، معدل إزالة الحمأة، وخصائص مياه الصرف الصحي. ويجب أن يكون زمن البقاء لمدة 48 ساعة لتحقيق المعالجة المتوسطة.

يُوجد نوع آخر من خزَّانات التحليل (التخمير) يُعرف بخزَّان دورة المياة Aquaprivy، وهو عبارة عن خزَّان مُبسط للترسيب والتخزين، ويُوضع مباشرة أسفل دورة المياه بحيث تسقط فضلات الجسم فيه. وتُعتبر كفاءة خزَّان دورة المياه منخفضة في المعالجة.

المُلاءَمَة تُستخدم هذه التقنية في الأغلب على مستوى المنزل.

وتصمم الخزَّانات الكبيرة والمتعددة الغرف لمجموعات من البيوت و/أو المباني العامة (على سبيل المثال، المدارس).
يعتبر خزَّان التحليل (التخمير) مناسبًا في حالة وجود وسيلة للتخلص أو لنقل التدفقات السائلة الخارجة منه. إذا تم استخدام خزَّانات التحليل (التخمير) في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية فيجب تجنب الارتشاح في الموقع، وإلا فإن الأرض ستصبح مشبعة بالمياه وملوثة، وقد ترتفع مياه الصرف الصحي إلى السطح، مما يشكل مخاطر صحية بالغة. لذلك يجب اتصال خزَّانات التحليل (التخمير) بإحدى تقنيات النقل، التي يتم من خلالها نقل التدفقات السائلة الخارجة لمعالجتها أو التخلص منها. وعلى الرغم من أن خزَّانات التحليل (التخمير) معزولة -غير مُنفذة للمياه - فإنه لا يفضل إنشاؤها في المناطق ذات المنسوب العالي للمياه الجوفية أو المناطق متكررة الفيضانات.
ينبغي تسهيل وصول شاحنات الشفط إلى موقع الخزَّان لأنه يجب إزالة الحمأة منه بانتظام. في بعض الأحيان يتم إنشاء خزَّانات التحليل (التخمير) في المنزل أو تحت المطبخ أو الحمام مما يُؤدي إلى صعوبة تفريغها.
يمكن إنشاء خزَّانات التحليل (التخمير) في أي مناخ، ولكن الكفاءة ستكون أقل في المناخات الباردة. كما أنها ليست فعالة في إزالة المغذيات ومسببات للأمراض.

الجوانب الصحية / القبول في ظل ظروف التشغيل العادية لا يتلامس المستخدمون مع التدفقات السائلة الداخلة أو الخارجة. ويجب التعامل مع التدفقات السائلة الخارجة والخبث الطافي والحمأة المترسبة بحذر حيث إنها تحتوي على مستويات عالية من الكائنات الحية المسببة للأمراض. ويجب على المستخدمين توخي الحذر عند فتح الخزَّان بسبب الغازات الضارة والقابلة للاشتعال المتوقع خروجها.

التشغيل والصيانة ينبغي - بسبب بيئته الحساسة - عدم تفريغ المواد الكيميائية المُركزة في خزَّان التحليل (التخمير)، كما يجب مراقبة مستويات الخبث والحمأة للتأكد من عمل الخزَّان بشكل جيد. ويجب -عمومًا- تفريغ الخزانات كل سنتين إلى خمس سنوات، وذلك يتم بشكل أفضل عن طريق استخدام تقنية التفريغ والنقل بواسطة المحركات (ن.3)، وممكن أيضًا اعتبار التفريغ بالمجهود البشري (ن.2) كخيار.
ويجب فحص خزَّانات التحليل (التخمير) من وقت إلى آخر لضمان كونها معزولة -غير مُنفذة للمياه.

الإيجابيات والسلبيات
+ تقنية بسيطة ومتينة.
+ لا تتطلب طاقة كهربائية.
+ تكاليف التشغيل منخفضة.
+ تقدم خدمة طويلة الأمد.
+ تتطلب مساحة أرض صغيرة (يمكن بناؤها تحت الأرض).
- تخفيض ضعيف لمسببات الأمراض والمواد الصلبة والعضوية.
- يجب التأكد من إزالة الحمأة بشكل منتظم.
- تتطلب التدفقات السائلة الخارجة والحمأة المزيد من المعالجة و/أو التصريف المناسب.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الأولى، اللجنة الدولية للصليب الأحمر، جنيف، سويسرا.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة*، سوريا.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *مدخل الى حوض التحليل الصحي*، جدة، المملكة العربية السعودية.

_ الجمعية العلمية الملكية (2007). *الدليل الارشادي لإدارة المياة الرمادية على مستوى المنزل في التجمعات السكنية الصغيرة في البادية الشمالية الشرقية*، الأردن.

_ عبد الرقيب علي حمادي (2001). *بناء الحمامات وطرق تحسينها وصيانتها، انترآكشن في التنمية*، اليمن.

مراجع إنجليزية:

_ Oxfam (2008). *Septic Tank Guidelines.* Technical Brief. Oxfam GB, Oxford, UK.
Available at: policy-practice.oxfam.org.uk

_ Polprasert, C. and Rajput, V. S. (1982). *Environmental Sanitation Reviews. Septic Tank and Septic Systems.* Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, TH. pp. 68-74.

المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز

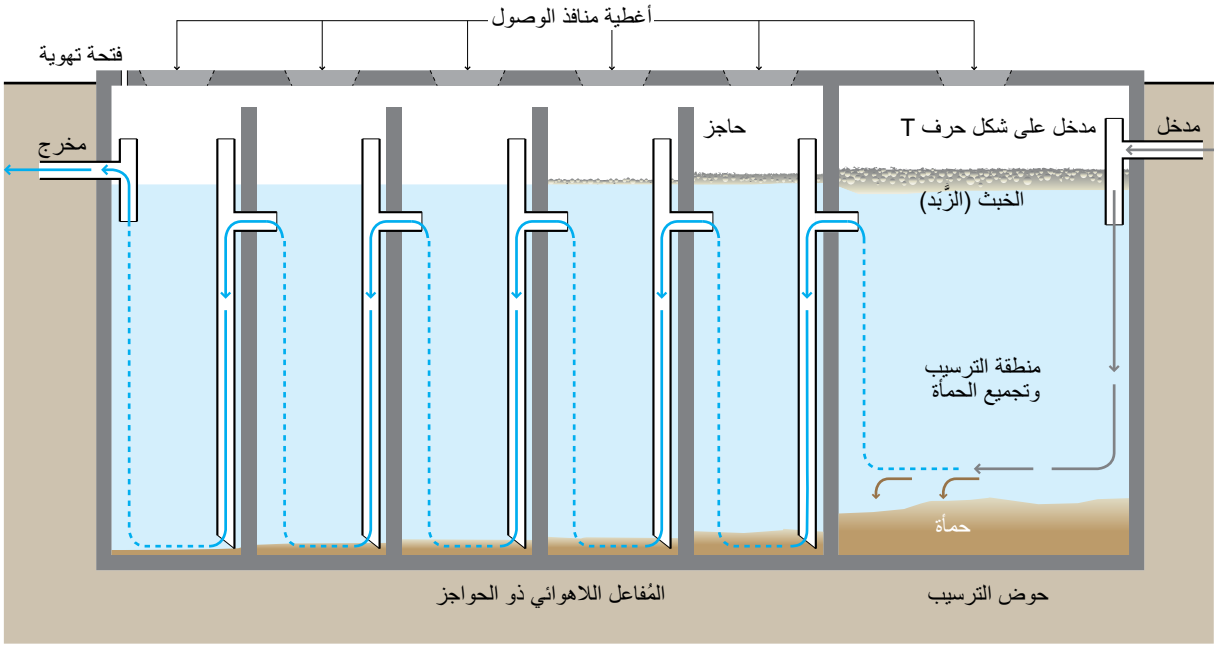
قابل للتطبيق في:
الأنظمة 6، 7

مستوى التطبيق:
- ★ المنزل
- ★★ الحي السكني
- المدينة

مستوى الإدارة:
- ★ منزلي
- ★★ مشترك
- ★★ عام

المُدخلات: المياه السوداء، المياه البُنِّية، المياه الرمادية

المُخرجات: التدفقات السائلة الخارجة، الحمأة



المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز Anaerobic Baffled Reactor (ABR) هو عبارة عن خزَّان تحليل (تخمير) مُعدّل (ج.9)، وذلك بإضافة مجموعة من الحواجز المُتتالية التي تتدفق عبرها مياه الصرف الصحي؛ حيث إن وجود الحواجز يؤدي إلى زيادة زمن التلامس مع الكتلة الحيوية النشطة (الحمأة) مما يؤدي إلى تحسين المعالجة.

تؤدي غُرف تدفق مياه الصرف الصحي من أسفل إلى أعلى إلى تحسين عمليتي إزالة وهضم المواد العضوية؛ حيث يقل الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD بنسبة قد تصل إلى 90%، وذلك أفضل بكثير من إزالة وهضم المواد العضوية باستخدام خزَّان التحليل (التخمير) التقليدي Septic Tank.

اعتبارات التصميم تتم إزالة مُعظم المواد الصلبة القابلة للترسب في غُرفة الترسيب الموجودة في المرحلة الأولى من المُفاعل اللاهوائي ذي الحواجز. كما أن هناك وحدات قائمة بذاتها على نطاقٍ صغير لديها غُرفة ترسيب مُتكاملة (كما هو مُوضّح في م.3)، لكن عملية الترسيب الأولية يُمكن أن تتم أيضًا في حوض ترسيب مُنفصل (م.1) أو عن طريق استخدام تقنية أخرى كمرحلة أولية (على سبيل المثال: خزّانات التحليل (التخمير) Septic Tanks). التصاميم التي لا يوجد بها غُرفة ترسيب تُعتبر ذات أهمية خاصة في محطات المعالجة (شبه) المركزية التي تجمع المُفاعل اللاهوائي ذا الحواجز مع تقنية أخرى مُستخدمة في عملية الترسيب الأولية، أو حيثُ تُستخدم وحدات مُصنعة خاصة لذلك.

عادة ما تتراوح التدفقات ما بين 2 إلى 200 متر مُكعّب في اليوم. وتشتمل عوامل التصميم الضرورية على: زمن البقاء الهيدروليكي Hydraulic Retention Time (HRT) ويكون ما بين 48 إلى 72 ساعة، وسُرعة التدفق من أسفل إلى أعلى لمياه الصرف الصحي وتكون أقل من 0.6 متر/ساعة. تحتوي غُرف التدفق لأعلى (الغُرف ما بين الحواجز) على عدد من الغُرف يتراوح ما بين 3 إلى 6، والاتّصال بين الغرف يُمكن تصميمه إمَّا عن طريق حواجز أو أنابيب رأسية. ويُعتبر سهولة الوصول إلى كُل الغُرَف (من خلال فتحات مُخصصة لذلك) أمرًا ضروريًا من أجل عملية الصيانة. لا يتم - عادةً - جمع الغاز الحيوي المُنتج من المُفاعل اللاهوائي ذي الحواجز خلال عملية الهضم اللاهوائي بسبب كميته القليلة، وبالتالي يجب تهوية الخزَّان للسماح بتحرير الروائح والغازات الضارة المُحتملة إلى الخارج بصورة متحكم فيها.

المُلاءَمة من السهل تكييف هذه التقنية ويُمكن تطبيقها على المستوى المنزلي في الأحياء الصغيرة أو حتى في المناطق التي يُوجد بها تجمعات كبيرة، وهي مُلائمة جدًّا عند إنتاج كمية ثابتة نسبيًّا من المياه السوداء والمياه البُنّية. ويكون المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز (شبه)المركزي هو الخيار الأفضل عندما تسبقه تقنية لنقل مياه الصرف الصحي مثل شبكة الصرف الصحي البسيطة (ن.4).

هذه التقنية مناسبة جدًّا للمناطق التي تكون مساحات الأراضي

المتاحة بها محدودة، حيث يتم عادة بناء الخزَّان تحت الأرض ويتطلب مساحة صغيرة. ومع ذلك فإنَّ شاحنة الشفط يجب أن تكون قادرة على الدخول إلى تلك المنطقة؛ لأنه يجب إزالة الحمأة بشكل منتظم (خصوصًا من حوض الترسيب).
يُمكن تركيب المُفاعل اللاهوائي ذي الحواجز في الظروف المناخية المختلفة على الرغم من أن الكفاءة تكون أقل في المناطق ذات المناخ البارد، كما أنه ليس فعَّالا في إزالة المغذيات ومُسببات الأمراض من مياه الصرف الصحي. وعادةً ما تتطلب التدفقات السائلة الخارجة مزيدًا من عمليات المُعالجة.

الجوانب الصحية / القبول يجب ألا يتعامل المُستخدمون بشكل مُباشر مع التدفقات السائلة الداخلة والخارجة تحت ظروف التشغيل العادية، فيجب التعامل بحذر مع التدفقات السائلة الخارجة والخبث (الزَّبَد) والحمأة؛ حيثُ إنَّها تحتوي على الكائنات الحية المُسببة للأمراض بمُستويات عالية. تحتوي التدفقات السائلة الخارجة على مُرَكّبات لها رائحة قد تتطلب إزالتها في مرحلة أخرى إضافية. وينبغي الحرص عند تصميم وتحديد موقع المُنشأة بحيث لا تُزعِج هذه الروائح أفراد المجتمع.

التشغيل والصيانة يتطلب المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز فترة بدء التشغيل لعدة أشهر حتى يصل المُفاعل إلى المرحلة التي يُمكنه فيها المعالجة بكامل قدرته؛ وذلك بسبب بُطء نُمُو الكُتلة الحيوية اللاهوائية التي تحتاج أن تثبت أولًا في المُفاعل. ولتقليل فترة بدء التشغيل؛ فإنَّ المُفاعل اللاهوائي ذا الحواجز يُمكن أن يُلقَّح بالبكتيريا اللاهوائية، على سبيل المثال: إضافة روث البقر الجديد أو حمأة خزَّان التحليل (التخمير).
وهكذا يُمكن للكمية المضافة من البكتيريا النَّشطة أن تتكاثر وتتكيف مع مياه الصرف الصحي الداخلة. وبسبب البِيئة الحيوية الحساسة؛ فإنَّه ينبغي الحرص على عدم وصول المواد الكيميائية المُركزة والصعبة المُعالجة إلى المُفاعل اللاهوائي ذي الحواجز.
يجب مُراقبة مستويات الحمأة والخبث (الزَّبَد) لضمان عمل الخزّان بشكل جيد، ولا يتطلب هذا النظام عمليات تشغيل؛ لأنه نظام ثابت وبسيط، والصيانة تكون مُقتصرة على إزالة الحمأة المُتراكمة على فترات تتراوح ما بين عام إلى ثلاثة أعوام. ويتم تنفيذ ذلك بشكل أفضل باستخدام تقنية التفريغ والنقل بواسطة المحركات (ن.3). تعتمد أوقات عملية إزالة الحمأة على خطوات المعالجة السابقة المُختارة وكذلك على تصميم المُفاعل ذي الحواجز اللاهوائية.
ويجب فحص الخزَّانات الخاصة بالمُفاعل من وقت إلى آخر لضمان كونها معزولة -غير مُنفذة للمياه-.

الإيجابيات والسلبيات

+ مُقاوم للأحمال العضوية والهيدروليكية المفاجئة.
+ لا يتطلب طاقة كهربائية.
+ تكاليف التشغيل مُنخفضة.
+ يقدم خدمة طويلة الأمد.
+ يُخفض الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD بشكل كبير.
+ إنتاج مُنخفض للحمأة، بالإضافة الي تثبيت الحمأة.
+ لا يتطلب مساحة كبيرة (حيث يُمكن بناء النظام تحت الأرض).
- يتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- قابليته على تخفيض المغذيات ومُسببات الأمراض قليلة.
- التدفقات السائلة الخارجة والحمأة تتطلب مزيدًا من المُعالجة و/أو التخلّص بشكل مُناسب.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة*، سوريا.

_ موجن هينز وآخرون (2008). *المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي، المبادئ وأعمال النمذجة والتصميم*، الجمعية الدولية للمياه IWA.

مراجع إنجليزية:

_ Foxon, K. M., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F. and Buckley, C. A. (2004). *The Anaerobic Baffled Reactor (ABR): An Appropriate Technology for on-Site Sanitation.* Water SA 30 (5) (Special Edition). Available at: www.wrc.org.za

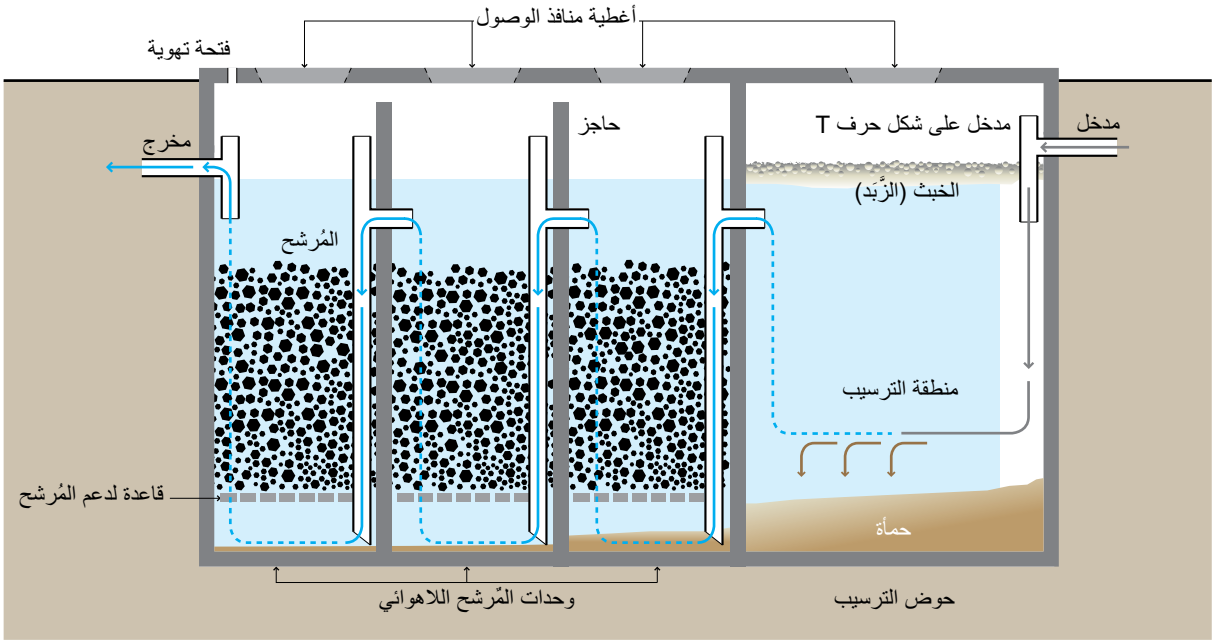
_ Stuckey, D. C. (2010). *Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment.* In: Environmental Anaerobic Technology. Applications and New Developments, H. H. P. Fang (Ed.), Imperial College Press, London, UK.

_ Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide.* WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.

المُرشح اللاهوائي

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 6، 7

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: المياه السوداء، المياه البُنِّية، المياه الرمادية
★ المنزل	★ منزلي	
★★ الحي السكني	★★ مشترك	المُخرجات: التدفقات السائلة الخارجة، الحمأة
المدينة	★★ عام	



المرشح اللاهوائي Anaerobic Filter هو عبارة عن مُفاعل حيوي ذي قاعدة ترشيح ثابتة Fixed-bed Biological Reactor مع غُرفة واحدة أو أكثر للترشيح على التوالي. عندما تتدفق مياه الصرف الصحي خلال المُرشح فإن الكتلة الحيوية النشطة العالقة على سطح مواد المُرشح تقوم بامتصاص الجسيمات وتُحلل المواد العضوية.

يمكن - بواسطة هذه التقنية - إزالة المواد الصلبة العالقة وتخفيض الاحتياج الحيوي للأكسجين بنسبة تصل إلى 90%، ولكنها عادة ما تكون بين 50% و80%. كما أن إزالة النيتروجين تكون محدودة وعادة لا تتخطى نسبة 15% من النيتروجين الكلي (TN).

اعتبارات التصميم تُعتبر عمليات المعالجة الأولية والابتدائية ضرورية لإزالة المواد الصلبة والقمامة التي قد تسُد مسام المُرشح. تتم إزالة معظم الرواسب الصلبة في غُرفة الترسيب الأمامية للمُرشح اللاهوائي. تحتوي الوحدات الصغيرة القائمة بذاتها على غُرفة ترسيب مُدمجة، ولكن يمكن أن تتم عملية الترسيب الأولية في حوض ترسيب ابتدائي منفصل (م.1) أو في تقنية أخرى سابقة (مثل خزَّانات التحليل (التخمير) Septic Tanks). التصميمات التي لا تحتوي على غُرفة ترسيب مُدمجة - كما هو الحال في (م.4) - تُعتبر ذات أهمية خاصة لمحطات المعالجة (الشبه) مركزية التي تجمع المُرشح اللاهوائي مع تقنيات أخرى مثل المُفاعل اللاهوائي ذي الحواجز (م.3).

يتم تشغيل المُرشحات اللاهوائية عادة بنظام التدفق إلى الأعلى (العلوي)؛ لتجنب خطر نزح الكتلة الحيوية الثابتة للخارج. ويجب أن يرتفع منسوب المياه فوق المُرشِح بحوالي 0.3 متر على الأقل لضمان تدفق متجانس. ويُعتبر زمن البقاء الهيدروليكي Hydraulic Retention Time (HRT) هو أهم محددات التصميم تأثيرًا على أداء المُرشح، ويوصى بزمن بقاء هيدروليكي للمياه من 12 إلى 36 ساعة.

المُرشح المثالي ينبغي أن تكون مساحة سطح جزيئاته كبيرة لنمو البكتيريا، وبمسامات واسعة بما فيه الكفاية لمنع الانسدادات. تضمن المساحة السطحية الكبيرة للجزيئات زيادة التلامس بين المادة العضوية والكتلة الحيوية العالقة مما يجعلها تتحلل بكفاءة. ينبغي أن توفر مادة المُرشح - في الحالة المثالية - ما بين 90 إلى 300 متر مربع من المساحة السطحية لكل متر مكعب من الحجم المملوء من المُفاعل، وتتراوح أقطار مادة المُرشح المثالية ما بين 12 إلى 55 ملليمتر. تتضمن المواد الشائعة الاستخدام في المُرشحات: الحصى، أوالصخور المجروشة، أو الطوب المجروش، أو الجمر، أو الحجر الاسفنجي (حجر الخُفَّان)، أو قطع البلاستيك المصنعة خصيصا لهذا الغرض، وهذا يعتمد على ما هو متوافر محليًا. ويُمكن تصميم الوصلات بين الغرف باستخدام الأنابيب الرأسية أو الحواجز. كما أن إمكانية الوصول لكل الغُرف - عبر فتحات الوصول - ضرورية للصيانة. ويجب تهوية الخزَّان بطريقة مُحكمة للسماح بخروج الروائح والغازات الضارة.

المُلاءَمَـة هـذه التقنيـة سـهلة التطبيـق ويمكن اسـتخدامها على مسـتوى المنـزل فـي الأحيـاء السـكنية الصغيـرة أو المُجمعات السـكنية الكبيـرة. وتُعتبـر هـذه التقنيـة مناسـبة جـدًا فـي حالة وجـود كميـات ثابتة من المياه السـوداء والميـاه الرمادية. ويمكن اسـتخدام المُرشـح اللاهوائي للمعالجـة الثانويـة؛ لتقليل معدلات الحِمـل العضوي من أجل المعالجة الهوائيـة اللاحقة، أو للتخلص التام مـن الحِمـل العضوي.

تُعتبـر هـذه التقنيـة مناسـبة لمسـاحات الأراضي المحـدودة لأن الخـزَّان يتم بنـاؤه تحت الأرض غالبًا، ويتطلب مسـاحة صغيرة. ويجـب مراعـاة إمكانيـة وصـول شـاحنات الشـفط إلـى موقـع الخـزَّان لإزالـة الحمأة.

يمكن إنشـاء المُرشـحات اللاهوائيـة في أي مناخ، ولكـن الكفاءة سـتكون أقـل فـي المناخـات البـاردة. كما أنهـا ليسـت فعالة في إزالـة المغذيات ومسـببات للأمراض. اعتمادًا على مادة المُرشـح يمكن تحقيـق الإزالة الكاملة لبويضات الديـدان. وعادة ما تتطلب التدفقـات السـائلة الخارجة من المُرشـح المزيد مـن المعالجة.

الجوانـب الصحية / القبول يجب ألا يتعامل المُسـتخدمون بشـكل مُباشـر مـع التدفقـات السـائلة الداخلـة والخارجة تحـت ظروف التشـغيل العاديـة؛ فيجـب التعامـل بحـذر مـع التدفقات السـائلة الخارجـة والخبـث (الزَّبَـد) والحمـأة؛ حيـثُ إنَّهـا تحتـوي على الكائنـات الحيـة المُسـببة للأمـراض بمُسـتويات عاليـة. تحتوي التدفقـات السـائلة الخارجـة على مُرَكّبـات لها رائحـة قد تتطلب إزالتهـا في مرحلـة أخرى إضافية. وينبغـي الحرص عند تصميم وتحديـد موقـع المُنشـأة بحيـث لا تُزعِـج هـذه الروائـح أفـراد المجتمع.

التشـغيل والصيانـة يتطلب المُرشـح اللاهوائي فترة بدء تشـغيل من سـتة إلى تسـعة أشـهر حتى يصل إلـى المرحلة التـي يُمكنه فيهـا المعالجـة بكامـل قدرتـه؛ وذلـك بسـبب بُـطء نُمُـو الكُتلة الحيويـة اللاهوائيـة التي تحتاج أن تثبت أولًا على مادة المُرشـح. ولتقليل فترة بدء التشـغيل؛ فإنَّ المُرشـح يُمكـن أن يُلقَّح بالبكتيريا اللاهوائيـة، علـى سـبيل المثـال: رش حمـأة من خـزَّان التحليل (التخميـر) على مادة المُرشـح، كما ينبغى زيـادة التدفق بالتدريج مع مرور الوقت. وبسـبب البِيئة الحساسـة؛ فإنَّـه ينبغي الحرص على عـدم وصول المـواد الكيميائية المُركـزة والصعبة المُعالجة في المُرشـح اللاهوائي.

يجـب مُراقبة مسـتويات الحمـأة والخبـث (الزَّبَـد) لضمان عمل الخزّان بشـكل جيـد، فمع مرور الوقت فإن المواد الصلبة سـوف تَسُـد مسـام المُرشـح. كما سـتنمو أيضًا الكتلـة البكتيرية لتصبح سـميكة جـدًا وتنفصل وتَسُـد المسـام. ويجـب تنظيف المُرشـح عندمـا تقـل كفاءتـه، ويتـم ذلك عـن طريق تشـغيل النظـام في الوضـع العكسـي (الغسـيل العكسـي) أو عـن طريق إزالـة مادة المُرشـح وتنظيفها.

ويجب فحـص الخزَّانات الخاصـة بالمُرشـح اللاهوائي من وقت إلى آخـر لضمان كونهـا معزولة -غير مُنفـذة للمياه-.

الإيجابيات والسلبيات

+ لا يتطلب طاقة كهربية.
+ تكاليف التشغيل مُنخفضة.
+ يقدم خدمة طويلة الأمد.
+ يُخفض الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD بشكل كبير.
+ إنتاج مُنخفض للحمأة، بالإضافة الي تثبيت الحمأة.
+ يتطلـب مسـاحة متوسـطة (حيـث يُمكـن بنـاء النظـام تحـت الأرض).
- يتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- قابليته لتخفيض المغذيات ومُسببات الأمراض قليلة.
- التدفقـات السـائلة الخارجة والحمأة تتطلب مزيـدًا من المُعالجة و/أو التخلّص بشـكل مُناسب.
- يتعرض لخطر الانسـداد، وذلك اعتمادًا علـى المعالجة الأولية والابتدائية.
- تعتبر عملية إزالة وغسيل مادة المُرشح المسدود مُرهقة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحي فى التجمعات السكانية الصغيرة*، سوريا.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *مدخل الى حوض التحليل الصحي*، جدة، المملكة العربية السعودية.

_ الجمعية العلمية الملكية (2007). *الدليل الإرشادي لإدارة المياة الرمادية على مستوى المنزل فى التجمعات السكنية الصغيرة فى البادية الشمالية الشرقية*، الأردن.

_ برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

مراجع إنجليزية:

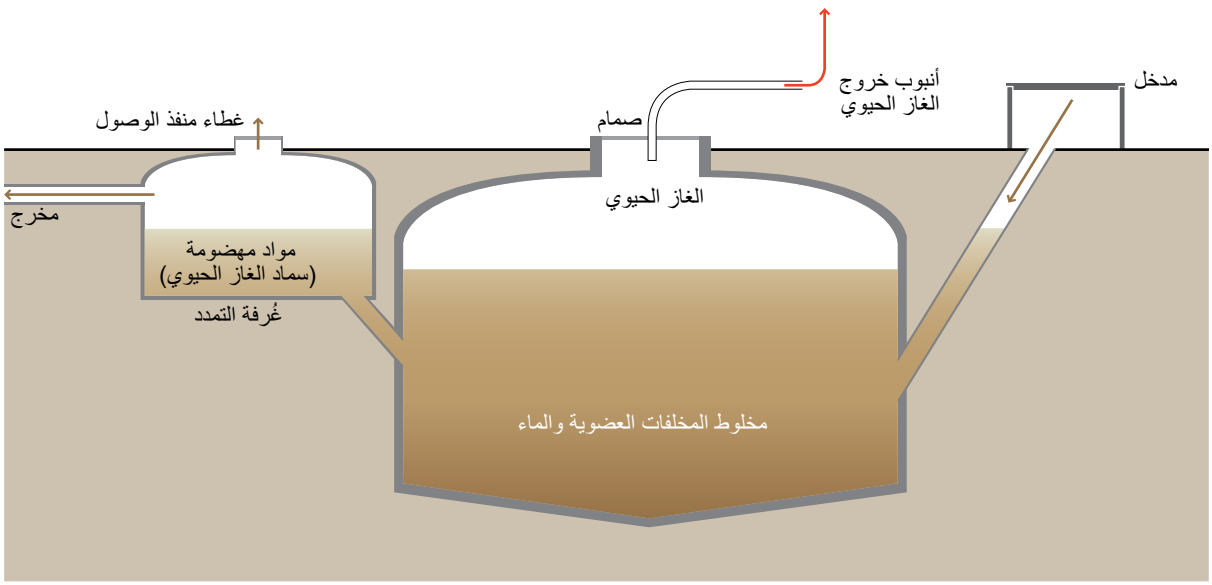
_ von Sperling, M. and de Lemos Chernicharo, C. A. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions, Volume One.* IWA Publishing, London, UK. pp. 728-804.
Available at: www.iwawaterwiki.org

_ Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide.* WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.

مُفاعل الغاز الحيوي

قابل للتطبيق في:
النظام 5

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: / المُخرجات:
★★ المنزل	★★ منزلي	**المُدخلات:** الحمأة، المياه السوداء، المياه البُنِّية، مواد عضوية
★★ الحي السكني	★★ مشترك	**المُخرجات:** الحمأة، الغاز الحيوي
★★ المدينة	★★ عام	



مُفاعل الغاز الحيوي Biogas Reactor أو الهاضم اللاهوائي هو عبارة عن تقنية مُعالجة لاهوائية لإنتاج: (أ) سماد الغاز الحيوي ليُستخدم كمخصّب للتربة، (ب) الغاز الحيوي الذي يمكن استخدامه كمصدر للطاقة. الغاز الحيوي هو خليط من الميثان وثاني أكسيد الكربون وغازات أخرى -محدودة الكمية- يمكن تحويلها إلى حرارة أو كهرباء أو ضوء.

يتكون مُفاعل الغاز الحيوي من غُرفة مُحكمة الغلق لتسهيل عملية التحلّل اللاهوائي للمياه السوداء والحمأة و/أو المخلّفات القابلة للتحلل الحيوي، كما تُسهّل أيضًا تجميع الغاز الحيوي الناتج عن عملية التخمّر في المُفاعل. يتولد الغاز في الردغة (المخلوط المضاف من المخلفات العضوية والماء Slurry) ويرتفع إلى أعلى الغُرفة ويعمل على خلط المخلفات عند صعوده. وعادةً ما يكون سماد الغاز الحيوي (المواد المهضومة Digestate غنيًّا بالمواد العضوية والمغذّيات وخاليًا تقريبًا من الروائح وتكون مسبّبات الأمراض غير نشطة جزئيًا.

اعتبارات التصميم يُمكن إنشاء مُفاعلات الغاز الحيوي من الطوب على شكل قُبّب أو من خزانات مسبقة الصنع. ويتم تركيبها فوق الأرض أو تحتها، وذلك حسب المساحة وخصائص التربة والموارد المتاحة وحجم المخلفات المُتولدة. ويتم بناء المُفاعلات على شكل قُبة ثابتة أو قُبة طافية. في حالة القباب الثابتة يكون حجم المُفاعل ثابتًا، وعندما يُنتَج الغاز فإنه يضغط ويزيح مخلوط المخلفات العضوية والماء لأعلى ناحيةَ غُرفة التمدّد، ثم يسقط المخلوط مرة أخرى داخل المُفاعل عند خروج الغاز، ويتم استخدام الضغط المُتولد لنقل الغاز الحيوي عبر الأنابيب. أما في حالة المُفاعل ذي القبة الطافية فإن القبة ترتفع وتنخفض مع إنتاج الغاز وخروجه، أو من الممكن استخدام بدائل يمكنها أن تتمدّد (مثل البالون). و للحد من الهدر الناتج عن التوزيع فإنه يجب إنشاء المُفاعل بالقرب من نقاط استخدام الغاز.

يجب ألا يقل زمن البقاء الهيدروليكي Hydraulic Retention Time (HRT) في المُفاعل عن 15 يومًا في الأجواء الحارة، و25 يومًا في الأجواء المعتدلة، وفي حالة إمداد المُفاعل بحمل كبير من مسببات الأمراض فينبغي اعتبار 60 يومًا كزمن بقاء هيدروليكي. عادةً ما تعمل المُفاعلات في نطاق درجات الحرارة المعتدلة بين 30 إلى 38 درجة مئوية، بينما تضمن نطاقات درجات الحرارة المرتفعة (بين 50 و 57 درجة مئوية) الإبادة التامة لمسببات الأمراض، ولكن لا يمكن تحقيق ذلك إلا بتسخين المُفاعل (عمليًا يحدث ذلك في الدول الصناعية فقط). يتم توصيل مُفاعلات الغاز الحيوى -في أغلب الأحيان- مباشرةً بالمراحيض الخاصة أو العامة مع توفير فتحة إدخال إضافية للمواد العضوية. يمكن أن تُصنع المُفاعلات على المستوى المنزلي من الحاويات البلاستيكية أوالطوب، وتتراوح أحجامها ما بين ألف لتر للأسرة الواحدة وحتى مائة ألف لتر لمراحيض المنشئات أو المراحيض العامة. ويجب إجراء التدابير اللازمة لتوفير الأماكن المُخصّصة لتخزين أو استخدام أو نقل سماد الغاز الحيوي بعيدًا عن الموقع، وذلك لكونه يُنتج باستمرار.

المُلاءَمَـة يُمكـن تطبيـق هذه التقنيـة على المسـتوى المنزلي أو فـي الأحيـاء الصغيـرة أو مـن أجل تثبيـت الحمأة فـي محطات معالجـة ميـاه الصـرف الصحـي الكبيـرة. ويكـون الاسـتخدام الأمثـل لهـا حيثما تتاح إمكانية الإمداد بشـكل منتظـم للمخلفات. يتـم اسـتخدام مُفاعـل الغـاز الحيـوي -فـي العـادة- كبديل عن خـزّان التحليل (التخميـر) (ج.9)، حيث إنه يُوفّر نفس مسـتوى المعالجـة ولكن يتميز عنـه بإنتاج الغاز الحيـوي كقيمة مضافة. وعلـى أي حـال، فإنـه لا يمكـن إنتـاج كميـات مُعتبـرة مـن الغـاز الحيـوي إذا كانـت المياه السـوداء هـي المُدخَـل الوحيد. ويمكـن إنتـاج الغـاز الحيـوي بمسـتويات مرتفعة عنـد إضافة المـواد المُركّزة الغنيّـة بمحتواها العضوي (على سـبيل المثال: روث الحيوانـات والمخلّفـات العضويـة الناتجـة عـن المنـازل أو الأسـواق). ومـن الممكـن هضم الميـاه السـوداء المُنتجة من منـزلٍ واحـدٍ مع روث الماشـية بطريقـة فعّالـة إذا كان الروث هـو المصدر الرئيسـي لإمـداد المُفاعل. ولا يجـدُرُ إضافة المياه الرماديـة حيـث إنها تقلّل مـن زمن البقـاء الهيدروليكي بشـكل ملحـوظ. كذلك يجـب تجنب إضافـة المواد الخشـبية والقش في المُفاعـل لأنها صعبـة التحلّل.

تُعتبـر مُفاعلات الغـاز الحيوي أقل مُلاءمةً فـي الأجواء الباردة، حيـث إن مُعـدّل تحوّل المـواد العضوية إلى غـاز حيوي محدود جـدًّا فـي درجات الحـرارة الأقل مـن 15 درجة مئويـة، وبناءاً علـى ذلـك، يحتـاج المُفاعل لزمن بقـاء هيدروليكـي أطول وأن يـزداد حجم التصميم بشـكل كبير.

الجوانـب الصحيـة / القبـول يُعتبر سـماد الغـاز الحيـوي مُعقم جزئيًـا، لكنه يظل يحمل خطر العدوى، واعتمادًا على اسـتخدامه النهائـي فقد يحتـاج إلى معالجـة إضافية. وهنـاك أيضًا الأخطار الناتجـة عن الغازات القابلة للاشـتعال؛ فإذا لم يتم إدارتها بشـكل صحيـح فذلـك قد يضر بصحة الإنسـان.

التشـغيل والصيانـة يحتـاج المُفاعـل إلـى صيانة محـدودة إذا تم تصميمـه وبناؤه بشـكل صحيح. يجب أن يُلقَّـح المُفاعل بالبكتيريا اللاهوائية لبدء التشـغيل؛ مثلًا بإضافـة روث البقر الجديد أو حمأة خـزّان التحليـل (التخمير). وينبغي فرم المـواد العضوية المُضافة للمُفاعـل وخلطها بالماء أو سـماد الغاز الحيـوي قبل إضافتها. ويجـب تنظيف مُعـدات الغاز بحـذر وانتظام، وذلـك لمنع التآكل والتسـريب. كما يجب إزالـة الحصى والرمال المترسّـبة في قاع المُفاعـل. ووفقًا للتصميم والمُدخـلات؛ يجب أن يُفرّغ المُفاعل كل 5 إلى 10 سنوات.

الإيجابيات والسلبيات

+ توليد طاقة متجددة.
+ يتطلـب النظـام مسـاحة صغيرة (معظم المُنشـأة يمكـن بناؤها تحـت الأرض).
+ لا يتطلب طاقة كهربية.
+ يُحافظ على المغذّيات.
+ يقدم خدمة طويلة الأمد.
+ تكاليف التشغيل منخفضة.
- يتطلب خبرة في التصميم ومهارة في التنفيذ.
- الإزالة غير مكتملة لمسـبّبات الأمراض، وسـماد الغاز الحيوي قد يتطلـب معالجة إضافية.
- إنتـاج محـدود للغـاز فـي درجة حـرارة أقـل مـن 15 درجة مئوية.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ أحمد جاد الله المقداد (2015). *الغاز الحيوي طاقة صديقة وأمل المستقبل*، دمشق.

_ عماد مصطفى القرعان (2011). *الغاز الحيوي، المركز الوطنى للبحث والارشاد الزراعى*، الأردن.

_ عماد سعد سعيد بلال (2004). *الاستخدام الأمثل لمياه الصرف الصحي فى المجمعات السكنية، إنتاج البيوغاز، وإعادة استخدام المياة المعالجة بحى الاندلس للإسكان الشعبى*، جامعة الخرطوم، السودان.

_ عصام محمد عبد الماجد احمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

مراجع إنجليزية:

_ Mang, H.-P. and Li, Z. (2010). *Technology Review of Biogas Sanitation. Draft – Biogas Sanitation for Blackwater, Brown Water, or for Excreta Treatment and Reuse in Developing Countries.* Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Available at: www.susana.org/library

_ Vögeli, Y., Lohri, C. R., Gallardo, A., Diener, S. and Zurbrügg, C. (2014). *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries. Practical Information and Case Studies.* Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Available at: www.sandec.ch

تتعامل التقنيات في هذا القسم مع المواد الناتجة من واجهة المستخدم أو من تقنية الجمع والتخزين/المُعالجة المتوفرة في الموقع، وذلك بإزالتها و/أو نقلها للمرحلة التالية من تقنيات المُعالجة (شبه) المركزية والاستخدام و/أو التخلّص. وعادة ما تكون هذه التقنيات قائمة على شبكات الصرف الصحي (ن.4 - ن.6)، أو قائمة على الخزّانات سواءً التي تعمل بالمُحركات أو الجهد البشري للتفريغ والنقل (ن.1 - ن.3، ن.7).

ن. 1 جركن/عبوة.
ن. 2 التفريغ والنقل بواسطة المجهود البشري.
ن. 3 التفريغ والنقل بواسطة المُحركات.
ن. 4 شبكة الصرف الصحي البسيطة.
ن. 5 شبكة الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة.
ن. 6 شبكة الصرف الصحي التقليدية بقوة الجاذبية.
ن. 7 محطة النقل (خزّان حاوي تحت الأرض).

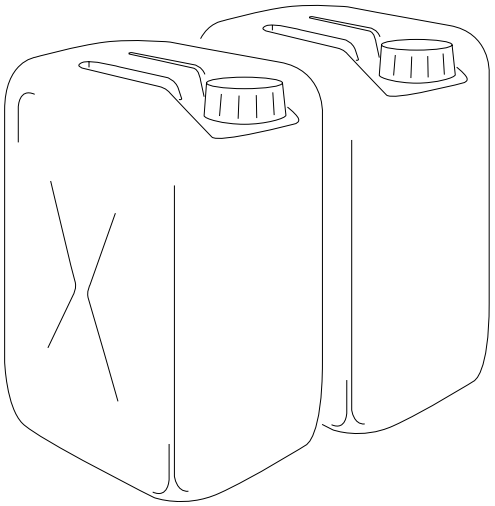
يعتمد اختيار التقنية المناسبة -في أي سياق- بشكل عام على العوامل التالية:

- أنواع وكميات المنتجات المراد نقلها.
- مسافة النقل.
- إمكانية الوصول إلى الفضلات.
- طبوغرافية الأرض.
- خصائص التربة والمياه الجوفية.
- الموارد المالية.
- توفّر مزودي الخدمة.
- الاعتبارات الإدارية.

جركن/عبوة

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 4، 5، 9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات/ المُخرجات:
★★ المنزل	★★ منزلي	البول ← البول المُخزَّن
الحي السكني	★★ مشترك	
المدينة	★ عام	



الجراكن Jerrycans هي حاويات بلاستيكية خفيفة، مُتوفرة ومُتاحة ويمكن لشخص واحد حملها بسهولة. ويمكن استخدامها للتخزين الآمن للبول أو لنقله عند غلقها بإحكام.

يُمكن جمع البول في الجراكن، أو يمكن ملء الجراكن بالبول المُخزَّن في خزَّان البول (ج.1) بهدف نقله إلى الحقول الزراعية، أو إلى وحدة التخزين المركزية. في الأماكن التي يُشيع فيها استخدام أنظمة فصل البول، يمكن أن تتخصص بعض المشروعات الصغيرة في جمع ونقل الجراكن باستخدام وسائل نقل مختلفة مثل: الدراجات، أو الحمير، أو العربات (التي تُجَر باليد أو التي تَجُرها الدواب)، أو الشاحنات الصغيرة.

اعتبارات التصميم يُنتج الشخص في المتوسط ما يقرب من 1.2 لتر من البول في اليوم، ومع ذلك قد تختلف هذه الكمية بشكل كبير اعتمادًا على المناخ واستهلاك السوائل.ومن المتوقّع أن تملأ عائلة مُكونة من 5 أشخاص جركن سعته 20 لترًا من البول خلال 3-4 أيام تقريبًا. ومن الممكن أن يُخزَّن في الموقع أو أن يُنقل على الفور.
إن كانت الجراكن مُتصلة مباشرة بالمِرحاض أو المبولة عن طريق أنبوب، فيجب مراعاة تقليل طوله قدر الإمكان، لأن الرواسب ستتراكم فيه. ويجب أن تكون الأنابيب مائلة بشكل حاد (> 1%)، وخالية من الانعطافات الحادة، وذات أقطار كبيرة، كما يجب أن يَسهُل الوصول إليها في حالة الانسدادات. ولأن الجراكن تمتلئ سريعًا، وتتطلب أن يتم استبدالها أو تفريغها باستمرار، فيجب استخدام خزَّان كبير للتجميع الأوَّلي للبول؛ وبعد ذلك يُمكن مَلء الجراكن بالبول المُخزن (على سبيل المثال، باستخدام مَضخة صغيرة)، ونقلها إلى الحقول.

المُلاءَمة يُعدّ الجركن المُغلق جيدًا وسيلة فعَّالة لنقل البول لمسافات قصيرة؛ وهو غير باهظ الثمن، وسهل التنظيف، وقابلٌ لإعادة الاستخدام. هذا النوع من النقل مناسب فقط للمناطق التي يكون فيها إنتاج البول واستخدامه (أي المنازل والحقول) قريبة من بعضها البعض. وفي المناطق التي يتمّ فيها إنتاج كميات قليلة نسبيًا من البول، وإلا فإنه من الضروري استخدام نظام أكثر كفاءة للتجميع والتوزيع؛ على سبيل المثال، يمكن للتجمعات السكانية التي تستخدم أنظمة فصل البول أن يلائمها أكثر وجود خزَّان كبير لتخزين البول، حيث يمكن تفريغه بوسائل أكثر تقدمًا، مثل التفريغ والنقل بواسطة المُحركات (ن.3).
يمكن استخدام الجراكن في البيئات والمناطق الباردة (حيث يتجمد البول)، طالما لا يتم ملؤها كليًا. في الأشهر الأكثر دِفئًا يمكن استخدام البول المخزن عند احتياجه للزراعة.

الجوانب الصحية / القبول يتعرض الأشخاص الذين يستبدلون أو يفرغون الجراكن لمخاطر صحية قليلة؛ لأن البول مُعقم بشكل طبيعي. ويُشكِّل حَمل الجراكن أيضًا خطرًا صحيًا ضئيلًا طالما هي مُحكمة الإغلاق. في حين أن حَمل الجراكن ليس بالنشاط المُريح، لكنه ربما أكثر ملاءمة وأقل تكلفة من تفريغ الحُفر.

للبـول قيمـة اقتصاديـة في بعـض الأماكـن، وقد يتـم جمعه من المنـازل مجانًـا، والعائلات التي تسـتثمر الوقت لنقل واسـتخدام البـول الخـاص بهـم قـد يسـتفيدون مـن ذلـك بزيـادة الإنتـاج الزراعي، أو تحسـين تغذيتهم (لاسـتخدامهم أسمدة طبيعية للتربة) و/أو زيـادة دخلهم.

التشـغيل والصيانـة يجب غسـل الجراكـن باسـتمرار؛ للحد من النمـو البكتيـري، وتراكـم الحمـأة والروائـح الكريهـة. من أجل المخـاوف المُتعلقـة بالسـلامة وصعوبـات النقل؛ يجـب عدم نقل السـوائل الأخـرى فـي جراكـن البـول (كالميـاه السـوداء ومياه الصـرف الرمادية).

الإيجابيات والسلبيات

+ الجراكن متوفرة ومنتشرة على نطاق واسع، ومتينة.
+ تكاليف رأس المال والتشغيل منخفضة جدًا.
+ إمكانية خلق فرص عمل محلية، وتوليد مصدر للدخل.
+ سهلة التنظيف، وقابلة لإعادة الاستخدام.
+ مخاطر منخفضة فيما يتعلق بنقل مسببات الأمراض.
- ثقيلة في الحَمْل.
- قد يحدث منها بعض الانسكاب والتسرب.
- روائح متوسطة إلى قوية عند ملء وتفريغ الجراكن (تعتمد على ظروف التخزين).

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

- بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الأولى، اللجنة الدولية للصليب الأحمر، جنيف، سويسرا.

- عبد الرقيب على حمادي (2001). *بناء الحمامات وطرق تحسينها وصيانتها*، انترآكشن في التنمية، اليمن.

مراجع إنجليزية:

- von Münch, E. and Winker, M. (2011). *Technology Review of Urine Diversion Components. Overview of Urine Diversion Components Such as Waterless Urinals, Urine Diversion Toilets, Urine Storage and Reuse Systems.* GesellschaftfürInternationaleZusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Available at: www.susana.org/library

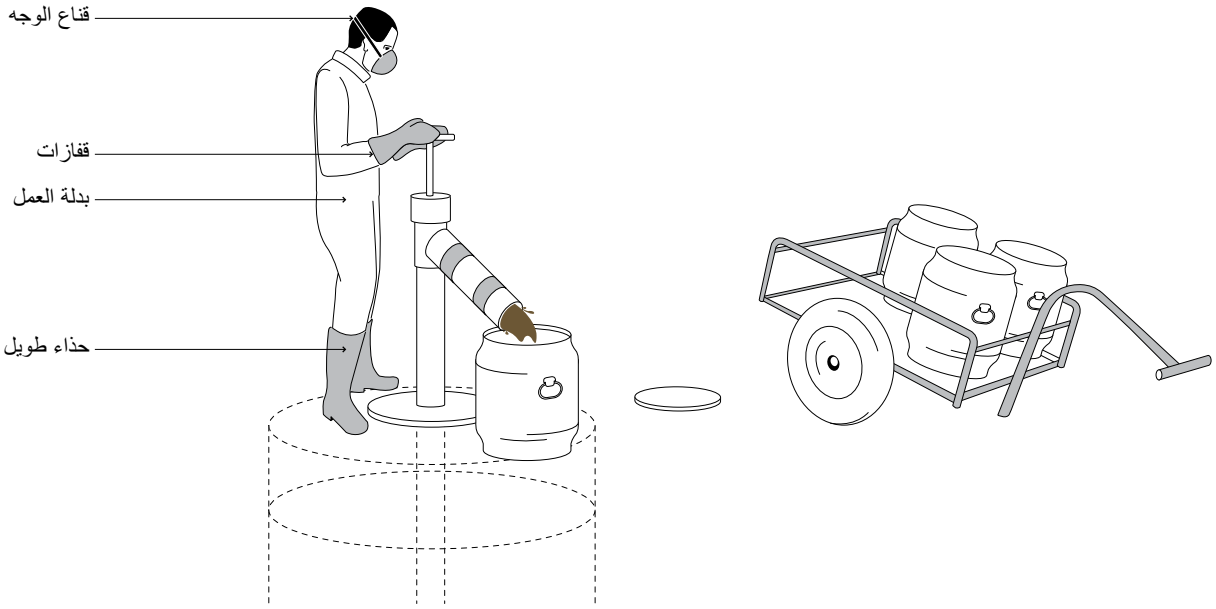
- Richert, A., Gensch, R., Jönsson, H., Stenström, T. A., and Dagerskog, L. (2010). *Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production*.EcoSanRes, Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Available at: www.susana.org/library

- WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater*. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture. World Health Organization, Geneva, CH.

التفريغ والنقل بواسطة المجهود البشري

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1-4، 6، 7

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	مُدخلات/مُخرجات:
★★ المنزل	★★ منزلي	الحمأة البُراز المُجفف
★★ الحي السكني	★★ مشترك	السماد العضوي دُبال الحُفرة
المدينة	★★ عام	



يشير التفريغ والنقل بالمجهود البشري Human-Powered Emptying and Transport إلى الطرق اليدوية المختلفة التي تمكن الأشخاص من تفريغ و/أو نقل الحمأة وفضلات الجسم الصلبة المتولدة بالموقع داخل مرافق الصرف الصحي.

وتتم عملية التفريغ اليدوي للحُفر، والحُجرات، والخزَّانات بإحدى هاتين الطريقتين:
1) استخدام الدِلاء والجواريف، أو
2) استخدام المضخات (الطلمبات أو الطرمبات) اليدوية المُتنقلة والمصممة لتفريغ الحمأة ومنها على سبيل المثال: مضخات السحب Gulpers، أو المضخات الهزازة Rammers، أو مضخات نزح الحمأة يدويًّا MDHP، أو مضخات تفريغ الحُفر يدويًّا MAPET.

بعض تقنيات الصرف الصحي لا يمكن تفريغها إلا باستخدام الطرق اليدوية، على سبيل المثال: حُفرة ألترنا (ج.5) وحُجرات التجفيف (ج.7)، حيث يجب استخدام الجاروف للتفريغ؛ نظرًا لأن محتوى هاتين التقنيتين يكون صلبًا، ولا يمكن إزالته باستخدام شفاط أو مضخة. أما في حالة تفريغ الحمأة الرطبة أو اللزجة فينبغي استخدام المضخة اليدوية أو شاحنة الشفط، ولا ينبغي تفريغها باستخدام الدِلاء نظرًا لارتفاع مخاطر انهيار الحُفر، والأبخرة السامة، والتعرض للحمأة غير المُعقمة.

وتُعتبر مضخات الحمأة اليدوية من الاختراعات الحديثة نسبيًّا، كما أنها بدت من الوسائل الواعدة كونها حل فعَّال منخفض التكلفة لتفريغ الحمأة، وذلك لعدة أسباب سواء سهولة الوصول، أو السلامة، أو التكلفة الاقتصادية، أو عندما يتعثر استخدام تقنيات تفريغ أخرى.

اعتبارات التصميم صُممت مضخات الحمأة اليدوية (مثل مضخات السحب Gulpers) للعمل بنفس مفهوم مضخات المياه اليدوية، حيث يتم إنزال طرف الأنبوب داخل الحُفرة أو الخزَّان بينما يبقى الشخص القائم بالتشغيل على السطح؛ وعندما يقوم القائم بالتشغيل بدفع وسحب مقبض المضخة، يتم ضخ الحمأة إلى الأعلى ثم تصريفها عبر فتحة التصريف. ويمكن جمع الحمأة داخل براميل، أو أكياس، أو عربات وإزالتها من الموقع مع عدم وقوع ضرر على القائم بالتشغيل إلا في أضيق الحدود. هذا ويمكن صنع المضخات اليدوية محليًّا باستخدام قضبان مُصنعة من الفولاذ، وصمامات، وأغلفة من بلاستيك البولي ڤينيل كلوريد PVC.

تتكون تقنية تفريغ الحُفر يدويًّا Manual Pit Emptying Technology: MAPET من مضخة تعمل يدويًّا متصلة بخزَّان شفط مُحمَّل على عربة تُدفع باليد. ويقوم الخرطوم المتصل بالخزَّان بسحب الحمأة من داخل الحُفرة. فبمجرد تدوير عجلة المضخة اليدوية، يُفرَّغ خزَّان الشفط من الهواء محدثًا فارق في الضغط؛ يعمل على سحب الحمأة إلى أعلى باتجاه الخزَّان. وبالاعتماد على درجة تجانس الحمأة، يمكن لتقنية تفريغ الحُفر يدويًّا MAPET أن تَضُخ الحمأة إلى ارتفاعات قد تصل إلى ثلاثة أمتار.

المُلاءَمَة يُمكن استخدام المضخات اليدوية مع السوائل و-لدرجة معينة- مع الحمأة اللزجة. ويؤدي إلقاء المخلفات المنزلية في الحُفر إلى صعوبة تفريغها.وضخ الحمأة التي تحتوي على مخلفات صلبة خَشِنة أو شحوم قد يؤدي إلى انسداد المضخة؛ كما أن الكيماويات المُضافة قد تتسبب في تآكل الأنابيب والمضخة، والخزَّان.
تُعتبر المضخة اليدوية تطورًا كبيرًا لطريقة التفريغ بالدِلاء، كما أنها أثبتت مقدرتها على توفير فرص عمل مستدامة في بعض المناطق. تُناسب مضخات الحمأة التي يتم تشغيلها يدويًّا المناطق التي لا تخدمها -أو لا تصل إليها- شاحنات الشفط، أو عندما يكون التفريغ بشاحنات الشفط مُكلفًا. كما أنها مُناسبة تمامًا للتجمعات الكثيفة الحضرية والعشوائية، وعلى الرغم من أن نوع وحجم عربة النقل يُحدد المسافة المُناسبة للوصول لنقطة التفريغ، قد لا تستطيع الشاحنات الكبيرة التحرك بحُريِّة (المناورة) في الشوارع والأزقة الضيقة، بينما الشاحنات الأصغر قد لا تستطيع التنقل لمسافات طويلة. وتكون هذه التقنيات مناسبة بشكل كبير في حالة وجود محطة نقل (ن.7) قريبة.

الجوانب الصحية / القبول بناءً على العوامل الثقافية والدعم السياسي، فإنه يُمكن النظر إلى العمال الذين يقومون بالتفريغ اليدوي على أنهم يقومون بتوفير خدمة مهمة للمجتمع. وينبغي على البرامج التي تُديرها الحكومة، أن تسعى لإضفاء الشرعية على عمل هؤلاء العمال، وخلق بيئة مواتية Enabling Environment من خلال توفير التصاريح والتراخيص، بالإضافة إلى المساعدة على تشريع ممارسة تفريغ المراحيض يدويًّا.
يُعتبر حماية العمال بشكل ملائم هو الجانب الأكثر أهمية في التفريغ اليدوي، وذلك باستخدام: القفازات، والأحذية الطويلة Boots، وبدلات العمل Overalls، وأقنعة الوجه. كذلك ينبغي -بشكل دوريّ- عَمل الفحوصات الطبية وإعطاء التطعيمات اللازمة لكل المُتعاملين مع الحمأة.

التشغيل والصيانة تُعتبَر إضافة الكيماويات أو النفط، خلال عملية تفريغ الحُفر لتجنب الروائح من الممارسات الشائعة؛ إلا إنه لا يُنصَح بهذه الممارسة؛ لأنها تُسبب صعوبات في وحدات المُعالجة بعد ذلك، بالإضافة إلى المخاطر على صحة العمال.
إذا تطلب تفريغ الحُفر يدويًّا هدم البلاطة الأرضية Slab؛ فإن استخدام مضخة الحمأة اليدوية في هذه الحالة يُصبح أوفر في التكلفة. ومع ذلك فإن المضخة اليدوية لا يمكنها تفريغ الحُفرة بشكلٍ كامل، وبالتالي ينبغي تفريغ الحُفرة بشكل متكرر (مرة في العام).
تحتاج مضخات الحمأة التي تُدَار يدويًّا إلى عمليات الصيانة اليومية (التنظيف، والإصلاح، والتطهير). وعلى العمال الذين يقومون بتفريغ المراحيض يدويًّا أن يقوموا بتنظيف وصيانة أدواتهم وملابسهم الواقية؛ لمنع أي تلامس مع الحمأة.

الإيجابيات والسلبيات
+ إمكانية خلق فرص عمل محلية وتوليد مصادر للدخل.
+ سهولة تركيب وإصلاح المضخات اليدوية باستخدام المواد المتاحة محليًّا.
+ تكاليف رأس المال مُنخفضة؛ وتعتمد تكاليف التشغيل على مسافة النقل.
+ تقديم الخدمات للمناطق والمجتمعات المحرومة من شبكات الصرف الصحي.
- احتمال حدوث الانسكابات؛ مما قد يُشكل خطرًا صحيًّا، ويُولد روائح كريهة.
- استهلاك الكثير من الوقت؛ حيث إن تفريغ الحُفر قد يستغرق عدة ساعات/أيام اعتمادًاعلى حجمها.
- انسداد الأنابيب في حالة وجود قمامة بالحُفر.
- قد تتطلب بعض المعدات إصلاحات متخصصة (كاللَّحام).

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

- بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الأولى، اللجنة الدولية للصليب الأحمر، جنيف، سويسرا.

- عبد الرقيب على حمادي (2001). *بناء الحمامات وطرق تحسينها وصيانتها*، انترآكشن في التنمية، اليمن.

مراجع إنجليزية:

- Oxfam (2008). *Manual Desludging Hand Pump (MDHP) Resources*. Oxfam GB, Oxford, UK. Available at: www.desludging.org

- Eales, K. (2005). *Bringing Pit Emptying out of the Darkness: A Comparison of Approaches in Durban, South Africa, and Kibera, Kenya.* Building Partnerships for Development in Water and Sanitation, London, UK. Available at: www.bpdws.org

- Muller, M. and Rijnsburger, J. (1994). *MAPET. Manual Pit-latrine Emptying Technology Project. Development and Pilot Implementation of a Neighbourhood Based Pit Emptying Service with Locally Manufactured Handpump Equipment in Dar es Salaam, Tanzania.* 1988–1992. WASTE Consultants, Gouda, NL. Available at: www.washdoc.info

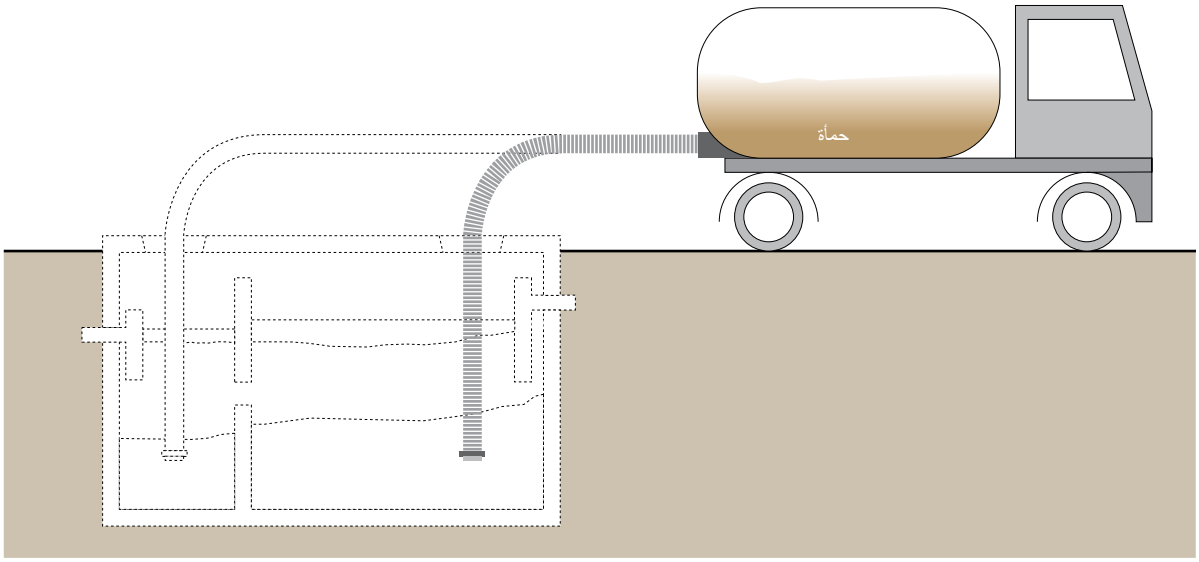
التفريغ والنقل بواسطة المُحركات

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 4-7، 9

مستوى التطبيق:
- ★★ المنزل
- ★★ الحي السكني
- ★ المدينة

مستوى الإدارة:
- منزلي
- ★ مشترك
- ★★ عام

مُدخلات/مُخرجات:
- الحمأة
- المياه السوداء
- التدفقات السائلة الخارجة
- البول
- البول المُخزَّن



يشير التفريغ والنقل بواسطة المُحركات Motorized Emptying and Transport إلى عَرَبَة مُجهزة بمضخة (طلمبة) شفط تعمل بمُحرك، وخزَّان لتفريغ ونقل حمأة مياه المجاري والبول. ويكون العامل البشري مطلوبًا لتشغيل المضخة وتوجيه الخرطوم، ولكن لا تُرفع أو تُنقل الحمأة يدويًا.

تُجهَز الشاحنة بمضخة متصلة بخرطوم يتم إنزاله في الخزَّان (على سبيل المثال، خزَّان التحليل (التخمير)، ج.9) أو في الحُفرة، ويتم ضخ الحمأة للأعلى في الخزَّان المُحَمَّل على العَرَبَة. وعادةً ما يُشار لهذا النوع من التصميمات بشاحنة الشفط Vacuum Truck.
وقد طُوِّرَت بعض البدائل للعَرَبات أو الماكينات من أجل المناطق المُكتظة بالسكان التي يَصعُب الوصول إليها؛ على سبيل المثال: Vacutug، و Dung Beetle، و Molsta أو Kedoteng (مسميات لبعض المنتجات)، وهي عبارة عن تصميمات بديلة تَحمِل خزَّان حمأة صغير، ومضخة، وتستطيع المناورة في الشوارع الضيقة.

اعتبارات التصميم تبلغ السعة التخزينية لشاحنة الشفط -عادةً- ما بين 3 إلى 12 م^3 وبشكل عام، يتم تعديل الشاحنات المتوفرة محليًا لتصبح شاحنات تفريغ الحمأة، عن طريق تجهيزها بخزَّانات ومضخات. يُمكن للمقطورات التي تجرها الجرارات، وعربات النقل الصغيرة المُعَدَّلة أن تنقل حوالي 1.5 م^3، وقد تتفاوت السِعة. وهناك عَرَبَات صغيرة تُستخدَم في المناطق المُكتظة بالسكان، وتبلغ سِعتها ما بين 500 إلى 800 لتر؛ تَستخدِم هذه العَرَبَات -على سبيل المثال- جرارات ذات عجلتين، أو دراجات نارية لجرها، ويُمكنها الوصول لسرعات قد تصل إلى 12 كم/ساعة.
عادةً يُمكن للمضخات أن تشفط من عمق 2 إلى 3 أمتار فقط (حسب قوة المضخة)، ويجب أن تقف بالقرب من الحُفرة بمسافة 30 مترًا كحد أقصى، فكلما اقتربت مضخة الشفط من الحُفرة، كان التفريغ أسهل.

المُلاءَمة اعتمادًا على تقنية الجمع والتخزين، يُمكن أن تكون الحمأة كثيفة للغاية لدرجة يصعب ضخها بسهولة؛ وفي هذه الحالات من الضروري تخفيف المواد الصلبة بالماء لتتدفق بسهولة، ولكن ربما تكون هذه العملية غير فعالة ومُكلفة. تجعل القمامة والرمال عملية التفريغ أكثر صعوبة، وتتسبب في انسداد الأنبوب والمضخة. قد يتطلب تفريغ خزانات التحليل (التخمير) الكبيرة عدة شاحنات من أجل تفريغها.
على الرغم من أن شاحنات الشفط الكبيرة لا تستطيع الوصول للمناطق ذات الطرق الضيقة أو التي لايمكن القيادة عليها، فإن استخدامها يظل مُتبعًا من قِبَل البلديات وهيئات الصرف الصحي، ونادرًا ما تستطيع هذه الشاحنات القيام برحلات إلى المناطق النائية (على سبيل المثال، أطراف المدينة)، حيث لا يُعوِّض الدخل الناتج عن هذه الخدمة تكلفة الوقود والوقت؛ ولذلك يجب أن يكون موقع المُعالجة بالقرب من المناطق التي يتم تقديم الخدمة بها.

تُعتبر محطات النقل (ن.7) والمُعالجة المناسبة من الضروريات لمقدمي الخدمة باستخدام المعدات صغيرة الحجم المزودة بالمُحركات. وأظهرت الخبرات الميدانية أن التصاميم الحالية للمناطق الحضرية المُكتظة بالسكان محدودة من ناحية كفاءة التفريغ، وسرعة النقل، وقدرتها على التغلب على المنحدرات والطرق الرديئة والممرات الضيقة للغاية. علاوة على ذلك، فإن عامل الطلب وقيود السوق تَحِد من الجدوى الاقتصادية لهذه التصاميم. وفي ظل الظروف المناسبة، تتمكن العَرَبَات الصغيرة مثل Vacutug (عَرَبَة تُجر باليد، وبها خزَّان شفط صغير، ومحرك يعمل بالديزل) من تعويض تكاليف التشغيل والصيانة، ومع ذلك، فإن تكاليف رأس المال ما تزال مرتفعة جدًّا لإدارة عمل مُربح بشكل مستدام.

يُمكن لكلٍّ من هيئات الصرف الصحي ورواد الأعمال تشغيل شاحنات الشفط، على الرغم من أن سعر ومستوى الخدمة قد يتفاوت بينهما بشكل كبير. وقد يَفرض مشغلو الخدمة من القطاع الخاص تكلفة أقل من تلك المفروضة من مشغلي الخدمة من القطاع العام، ولكن ربما يكون السبيل الوحيد لتحقيق ذلك هو عدم تفريغ الحمأة في المرافق المُعتمدة لذلك. وينبغي على مقدمي الخدمة من القطاع الخاص والبلديات العمل معًا؛ لتغطية منظومة إدارة حمأة مياه المجاري بشكل كامل.

الجوانب الصحية / القبول يُقَدِّم استخدام شاحنة الشفط تحسنًا صحيًّا كبيرًا عن التفريغ اليدوي، ويساعد في الحفاظ على تقنية الجمع والتخزين. ومع ذلك، فإنَّ مشغلي الشاحنات ليسوا دائمًا مقبولين في المجتمع، وربما يواجهون صعوبات في إيجاد مواقع مناسبة لتفريغ الحمأة المُجمَّعة.

التشغيل والصيانة يتم تصنيع معظم شاحنات الشفط في أمريكا الشمالية، أو آسيا، أو أوروبا؛ وبالتالي يَصعُب في بعض المناطق إيجاد قطع غيار أو ميكانيكي لإصلاح المضخات أوالشاحنات المُعطَّلة. وتكون الشاحنات الجديدة باهظة الثمن وأحيانًا يكون من الصعب اقتناؤها؛ لذلك، يتم -غالبًا- استخدام الشاحنات القديمة، ولكن ما تم ادخاره في عملية الشراء، يكافئ ما يتم إنفاقه في تكاليف الصيانة المرتفعة والوقود، والتي من الممكن أن تصل إلى أكثر من ثلثي التكلفة الكلية التي يتكبدها مُشغِّل الشاحنة. ويجب أن يعي مالك الشاحنة ضرورة ادخار المال اللازم لشراء قطع الغيار المُكلِفة، والإطارات والمُعدّات. وغالبًا ما يكون نقص الصيانة الدورية -الوقائية- هو السبب في الحاجة للإصلاحات الكبيرة.

لا يُنصح بإضافة المواد الكيميائية من أجل تفريغ الحمأة؛ وذلك لأنها تسبب التآكل في الخزَّان.

الإيجابيات والسلبيات

+ سريعة، ونظيفة، وفعَّالة بشكل عام في إزالة الحمأة.
+ كفاءة النقل ممكنة مع شاحنات الشفط الكبيرة.
+ إمكانية خلق فرص عمل محلية، وتوليد مصادر للدخل.
+ تقديم الخدمات للمناطق غير المخدومة بشبكات الصرف الصحي.
- لا يمكن شفط الحمأة الكثيفة الجافة (يجب أن تُخفف بالماء أو تُزال يدويًّا).
- انسداد الخرطوم في حال وجود قمامة في الحُفر.
- لا يُمكن تفريغ الحُفر العميقة بشكل كامل نظرًا لمحدودية قوة الشفط.
- ارتفاع تكاليف رأس المال، وتعتمد التكاليف المتغيرة للتشغيل على الاستخدام والصيانة.
- قد يكون تأجير شاحنة الشفط بعيدًا عن مُتناول الأُسر الفقيرة.
- قد لا تتوفر كل قطع الغيار والمواد محليًّا.
- قد تواجه صعوبات في الوصول إلى الحُفر.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

- بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الأولى، اللجنة الدولية للصليب الأحمر، جنيف، سويسرا.

- عبد الرقيب على حمادي (2001). *بناء الحمامات وطرق تحسينها وصيانتها*، انترآكشن في التنمية، اليمن.

- برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

مراجع إنجليزية:

- Boesch, A. and Schertenleib, R. (1985). *Pit Emptying on-Site Excreta Disposal Systems. Field Tests with Mechanized Equipment in Gaborone (Botswana).* International Reference Centre for Waste Disposal, Dübendorf, CH.
Available at: www.sandec.ch

- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation.* IWA Publishing, London, UK.
Available at: www.sandec.ch

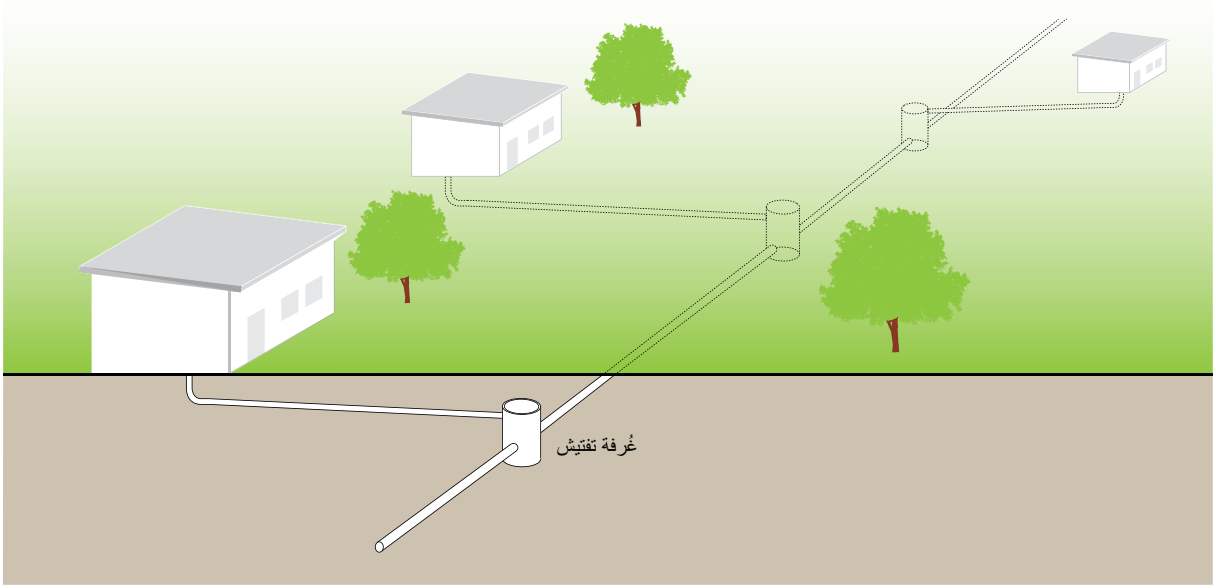
شبكة الصرف الصحي البسيطة

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 7-9

مستوى التطبيق:
- المنزل
- ★ الحي السكني
- ★ المدينة

مستوى الإدارة:
- ★ منزلي
- ★★ مشترك
- ★★ عام

مُدخلات/مُخرجات:
- المياه السوداء
- المياه البُنِّية
- المياه الرمادية
- التدفقات السائلة الخارجة



يتم إنشاء شبكة الصرف الصحي البسيطة Simplified Sewer باستخدام أنابيب ذات أقطار صغيرة، وتوضع على أعماق ضَحلة، وبميل (انحدار) بسيط مُقارنةً بشبكات الصرف الصحي التقليدية بقوة الجاذبية (ن.6). شبكة الصرف الصحي البسيطة تسمح بمزيدٍ من المرونة في التصميم، وبتكاليف أقل.

تُعتبر -من الناحية النظرية- شبكة الصرف الصحي البسيطة هي نفس شبكة الصرف الصحي التقليدية بقوة الجاذبية Conventional Gravity Sewer، ولكن بدون معايير تصميمية مُعقدة وغير ضرورية، بل تُستخدم تصميمات بسيطة تُناسب الظروف المحلية بشكل أفضل.

عادةً ما تُوضع الأنابيب داخل حدود ملكية المنازل، وتمر أسفل الفناء الأمامي أو الخلفي للمنزل، بدلًا من الطريق الرئيسي، مما يسمح باستخدام أنابيب أقل عددًا وأقصر طولًا، ولأن شبكات الصرف الصحي البسيطة عادةً مايتم تركيبها في إطار ملكية مُشتركة، فإنها عادةً ما يُشار إليها بشبكات الصرف الصحي المُشتركة Condominial Sewers.

يُمكن وضع أنابيب الشبكة في الشوارع والممرات الضيقة التي لا يحدث بها زحام مروري، أو يُمكن أن تُوضَع تحت الأرصفة. وحيث إن شبكات الصرف الصحي البسيطة تُركَّب في أماكن ليست مُعرَّضة للزحام المروري؛ فإنها يُمكن أن تُوضع على عُمق ضحل، و يتطلب ذلك القليل من أعمال الحَفر.

اعتبارات التصميم على النقيض من شبكات الصرف الصحي التقليدية التي صُممت لضمان الحد الأدنى لسرعة جريان المياه للتنظيف الذاتي، فإن تصميم شبكة الصرف الصحي البسيطة مبني على الحد الأدنى لجهد الإزالة Tractive Tension، ويساوي 1 نيوتن/م^2 (1 باسكال) في حالة أعلى تدفق للمياه (تدفق الذروة) Peak Flow داخل الشبكة. ويجب ألا يقل أعلى تدفق للمياه عن 1.5 لتر/ثانية، وأقل قُطر مطلوب لأنبوب الشبكة هو 100 ملليمتر.

ويكفي عادةً الميل بمقدار 0.5%، فعلى سبيل المثال: أنبوب بقُطر 100 ملليمتر موضوع بميل 1 متر في 200 متر سوف يَخدم ما يقرب من 2800 مستخدم بتدفق لمياه الصرف بمقدار 60 لترًا لكل شخص في اليوم، ويُنصح باستخدام أنابيب البولي ڤينيل كلوريد PVC.

يعتمد العُمق الذي يجب وضع الأنابيب فيه بشكل رئيسي على مقدار حركة المرور، وتُعتبر التغطية النموذجية تحت الأرصفة بين 40 إلى 65 سنتيمترًا. ويمكن أن تطبق التصاميم المبسّطة -أيضًا- على أنابيب الصرف الصحي الرئيسية، كما يمكن وضعها على أعماق ضحلة، بشرط أن تُوضع بعيدًا عن حركة المرور.

عادةً لا يوجد حاجة إلى البالوعات Manholes المُكلفة، ففي كل تقاطع أو تغيير في الاتجاه يكفي وجود غُرف تفتيش بسيطة Simple Inspection Chambers (أو بالوعات التنظيف Cleanouts). وتُستخدم أيضًا صناديق التفتيش Inspection Boxes (بالوعات صغيرة) عند وصلات المنازل.

يُنصَح بتثبيت مصائد الشحوم في المطابخ لمنع الانسدادات، حيث تحتوي المياه الرمادية الناتجة عنها على كمية كبيرة من الزيوت والشحوم (انظر: تقنيات المُعالجة الأولية، صفحة 100). يجب تفريغ المياه الرمادية في شبكة الصرف الصحي لضمان الحِمل الهيدروليكي المناسب، ولكن يجب منع اتصالها بشبكات مياه الأمطار؛ ومع ذلك فمن الصعب عمليًا استبعاد تدفق مياه الأمطار إلى شبكات الصرف الصحي في الأماكن التي لا يُوجد بها بدائل لصرف مياه الأمطار؛ لذلك يجب أن يَأخُذ تصميم الصرف الصحي (ومُنشأة المُعالجة) بعين الاعتبار التدفق الزائد غير المألوف الذي يمكن أن ينتج من تدفق مياه الأمطار إليه.

الملاءمة يمكن تركيب شبكات الصرف الصحي البسيطة تقريبًا في جميع أنواع التجمُّعات، وهي مُلائمة بشكل خاص للمناطق الحضرية عالية الكثافة السكانية، والتي يصعب فيها -لمحدودية المساحة- تطبيق التقنيات الأخرى التي تتطلب مساحات واسعة نسبيًا. ويجب وضعها في الاعتبار كخيار مُلائم في حالة وجود كثافة سُكانية كافية (حوالي 150 شخصًا لكل هكتار) وحيث يوجد مصدرٌ لإمداد المياه يُمكن الاعتماد عليه (على الأقل 60 لترًا لكل شخص في اليوم).
قد تكون أعمال الحَفر صعبة في حالة الأراضي الصخرية، أو التي يكون بها منسوب المياه الجوفية مرتفعًا. وتحت هذه الظروف تُصبح تَكلفة تركيب شبكات الصرف الصحي مُرتفعة عن تكلفتها في الظروف الأخرى الأكثر مُلاءمة. وعلى الرغم من ذلك، فإن شبكة الصرف الصحي البسيطة تَقِل في التكلفة عن شبكة الصرف الصحي التقليدية بمقدار 20 - 50%.

الجوانب الصحية / القبول إذا تم تركيب الشبكات بشكل جيد، وتمت الصيانة الجيدة لها، فهي تُعتبر وسيلة آمنة وصحية لنقل مياه الصرف. ويجب تدريب المُستخدمين تدريبًا جيدًا فيما يخص المخاطر الصحية المرتبطة بإزالة الانسدادت وصيانة غرف التفتيش.

التشغيل والصيانة تدريب المستخدمين وتَحَمُّلهم المسؤولية أمر ضروري؛ لضمان عدم وجود ما يعيق التدفق، ولتجنُّب الانسداد الذي قد يحدث بسبب القمامة والمواد الصُّلبة الأخرى. ويُوصَى بغسيل الأنابيب من فترة لأخرى لضمان منع الانسدادات، ويمكن أن تتم إزالة الانسدادات -عادةً- عن طريق فتح البالوعات وإدخال سلك صُلب مُقوَّى وتمريره بالدفع خلال الأنبوب. ويجب أن تُفرَّغ غُرف التفتيش بشكل دوري؛ لمنع دخول الحصى والرمال إلى النظام بكميات كبيرة. ويعتمد تشغيل النظام على تحديد المسؤوليات بشكل واضح بين الهيئة المعنية بشبكة تجميع الصرف الصحي والمجتمع. ومن المفترض أن تكون الأسر هي المسؤولة عن صيانة وحدات المُعالجة الأولية، وكذلك عن الجزء الذي يقع في الملكية المشتركة من شبكة الصرف الصحي، إلَّا إنه في الواقع العملي قد لا يكون هذا ممكنًا؛ لأن المستخدمين قد لا يكتشفون المشاكل قبل أن تصبح شديدة ومكلفة في إصلاحها. وبدلًا عن ذلك، فمن الممكن أن يتم تعيين مُقاول خاص، أو لجنة خاصة من المُستخدمين للقيام بأعمال الصيانة.

الإيجابيات والسلبيات

+ يمكن أن تُوضع على أعماق ضحلة، وبنسبة انحدار أقل من شبكات الصرف الصحي التقليدية.
+ تكاليف رأس المال أقل من شبكات الصرف الصحي التقليدية، وتكاليف التشغيل منخفضة.
+ يمكن تمديدها وتوسيعها مع نمو المجتمع.
+ يمكن إدارة المياه الرمادية بشكل متزامن.
+ لا تتطلب وحدات مُعالجة ابتدائية في الموقع.
- تتطلب إصلاحات وعمليات إزالة للانسدادات بشكل متكرر، أكثر من شبكة الصرف الصحي التقليدية.
- تتطلب الخبرة في التصميم والإنشاء.
- تُشكل تسريبات مياه الصرف من الشبكة خطرًا على المياه الجوفية، كما أنه يَصعُب تحديد أماكن التسريبات.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

- المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني (2004). *شبكات المياه والصرف الصحي*، الإدارة العامة للتطوير وتصميم المناهج، المملكة العربية السعودية.

- برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

- إبراهيم هلال الحطاب وآخرون (1998). *الكود المصري لتصميم وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي* الطبعة السادسة، وزارة التعمير والمجتمعات الجديدة والإسكان والمرافق، مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني، جمهورية مصر العربية.

مراجع إنجليزية:

- Mara, D. D., Sleigh, A. and Tayler, K. (2001). *PC-Based Simplified Sewer Design.* University of Leeds, Leeds, UK. Available at: www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/Sewerage/

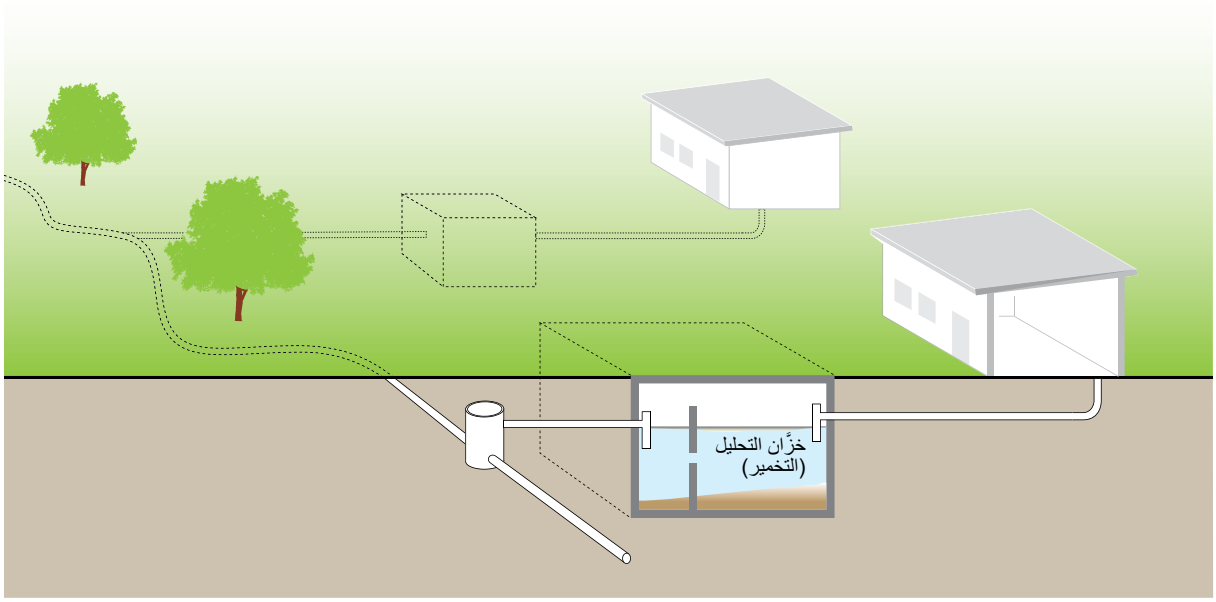
- Mara, D. D. (1996a). *Low-Cost Sewerage.* Wiley, Chichester, UK.

- Bakalian, A., Wright, A., Otis, R. and Azevedo Netto, J. (1994). *Simplified Sewerage: Design Guidelines. UNDP-World Bank Water and Sanitation Program*, Washington, D.C., US.
Available at: documents.worldbank.org/curated/en/home

شبكة الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة

قابل للتطبيق في:
النظام 7

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	مُدخلات/مُخرجات:
☐ المنزل	☐★ منزلي	☐ التدفقات السائلة الخارجة
☐★★ الحي السكني	☐★★ مشترك	
☐★ المدينة	☐★★ عام	



شبكة الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة Solids-Free Sewer هي عبارة عن شبكة من الأنابيب ذات أقطار صغيرة، والتي تنقل مياه الصرف المُعالجة أوليًّا، ومياه الصرف الخالية من المواد الصلبة (مثل التدفقات السائلة الخارجة من خزّان التحليل (التخمير)). ويُمكن تركيبها على أعماق ضحلة، ولا تتطلب حدًا أدنى لتدفق مياه الصرف، أو ميلًا في الأنابيب لكي تعمل.

يُشار أيضًا إلى شبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبةعلى أنها: شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة Settled Sewer أو Small-Bore Sewer أو Variable-Grade Gravity Sewer، أو شبكات الصرف الصحي بقوة الجاذبية للنفايات السائلة الخارجة من خزّانات التحليل (التخمير).

يوجد شرط سابق لشبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة، وهو المُعالجة الابتدائية الفعَّالة على المستوى المنزلي. ويقوم حاجز المواد الصلبة (الرواسب) Interceptor -عادةً خزّان تحليل (تخمير) ذو غرفة واحدة (ج.9)- بحجز وتجميع الجزيئات القابلة للترسيب، والتي من الممكن أن تَسُد الأنابيب الصغيرة. وأيضًا تعمل حواجز المواد الصلبة على تخفيف حدة تصريف الذروة لمياه الصرف. ولأن هناك خطرًا ضئيلًا من حدوث الترسبات والانسدادات؛ فليس هناك حاجة لأن تكون شبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة ذاتية التنظيف، أي ليس هناك حاجة لحد أدنى من سرعة التدفق أو جهد الإزالة Tractive Tension، بل تتطلب فقط بعض نقاط التفتيش، وانحدارات متدرجة، وأن تَتبع تضاريس الأرض.

وعندما تتبع شبكة الصرف الصحي -تقريبًا- منحنيات سطح الأرض، فإن التدفق يتفاوت -في كيفيته- ما بين السريان في القنوات المفتوحة والسريان تحت الضغط (أقصى تدفق).

اعتبارات التصميم إذا صُممت حواجز المواد الصلبة وتم تشغيلها بشكل صحيح، فإن هذا النوع من شبكات الصرف الصحي لا يحتاج إلى سرعات جريان للتنظيف الذاتي، أو حد أدنى من الانحدار. وتكون الانحدارات المتدرجة ممكنة طالما أن نهاية الشبكة أكثر انخفاضًا من بدايتها. وفي أجزاء شبكة الصرف الصحي التي بها تدفق مضغوط يجب أن يكون مستوى الماء في أي خزّان لحجز المواد الصلبة أعلى من الضاغط الهيدروليكي للشبكة، وإلا فسوف يرتد السائل إلى الخزّان. ويجب في الأجزاء ذات التدفق المضغوط أن تتم تهوية الأنابيب عند النقاط العالية. ولا تحتاج شبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة إلى تركيبها بميل ومحاذاة مستقيمة فيما بين نقاط التفتيش؛ فقد تكون المحاذاة ملتوية لتفادي العقبات، وللسماح بتوفير مساحة أكبر للإنشاءات. ولتسهيل عملية التنظيف فإن الحد الأدنى لقطر الأنابيب المستخدمة يجب أن يكون 75 ملليمترًا.

ليس هناك حاجة للبلوعات Manholes المُكلفة؛ لأن دخول معدات التنظيف الميكانيكية أمرٌ غير ضروري؛ وتكفي بالوعات التنظيف (غُرف التفتيش) Cleanouts أو نقاط الغسيل، ويتم تثبيتها عند بداية الشبكة، أو النقاط المرتفعة، أو التقاطعات، أو عند التغيُرات الكبيرة في اتجاه أو حجم الأنابيب.

وبالمقارنة بالبالوعات فإنه يمكن لغُرف التفتيش أن تكون أكثر

إحكامًا لمنع دخول مياه الأمطار إلى الشبكة. ويجب عدم دخول مياه الأمطار إلى الشبكة، حيث يُمكِنها أن تتخطى القدرة الاستيعابية للأنابيب، وتؤدي إلى الانسدادات بفعل الحصى والرمال. وبشكل مثالي، يجب عدم دخول أي من مياه الأمطار والمياه الجوفية إلى شبكات الصرف الصحي، ولكن -عمليًّا- يجب توقع وجود بعض وصلات الأنابيب غير مُحكمة الغلق؛ وعليه فإنه يجب الأخذ في الاعتبار عمل تقديرات لارتشاح المياه الجوفية وتدفق مياه الأمطار داخل الشبكة أثناء تصميم النظام. ويمكن لاستخدام أنابيب البولي ڤينيل كلوريد PVC أن يقلل من مخاطر التسريب.

المُلاءَمَة يتناسب هذا النوع من شبكات الصرف الصحي مع المناطق متوسطة الكثافة السكانية (شبه) الحضرية، ويكون أقل ملاءمة في المناطق منخفضة الكثافة السكانية أو المناطق الريفية. ويُعتبر مناسبًا جدًّا في المناطق التي لا يوجد بها مساحة لإنشاء حقل التصريف الشبكي (س.8)، أو حيث لا يُمكن تصريف التدفقات السائلة في الموقع (على سبيل المثال، بسبب انخفاض قدرة استيعاب التربة للرشح، أو ارتفاع منسوب المياه الجوفية). وهو مناسب أيضًا حيث توجد تضاريس متموجة أو تربة صخرية. ويُمكن ربط شبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة بخزَّانات التحليل (التخمير) الموجودة بالفعل، حيث يكون الرشح غير مُلائم (على سبيل المثال، بسبب زيادة الكثافة في المنازل و/أو زيادة استخدام المياه).
وعلى خلاف شبكة الصرف الصحي البسيطة (ن.4) يُمكن استخدام شبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة حيث يكون استهلاك المياه للأغراض المنزلية محدودًا.
تُعتبر هذه التقنية خيارًا مرنًا حيث يُمكن تمديدها بسهولة مع الزيادة السكانية. وبسبب أعمال الحفر الضحلة والاستخدام المحدود للمواد، يمكن إنشاؤها بتكلفة أقل من شبكة الصرف الصحي التقليدية (ن.6).

الجوانب الصحية / القبول إذا تم تركيب الشبكات بشكل جيد، وتمت الصيانة الجيدة لها، فهي تُعتبر وسيلة آمنة وصحية لنقل مياه الصرف. ويجب تدريب المُستخدمين تدريبًا جيدًا، فيما يخص المخاطر الصحية المرتبطة بإزالة الانسدادات، وصيانة غرف التفتيش.

التشغيل والصيانة تدريب المستخدمين وتَحَمُّلهم المسؤولية أمر ضروري لضمان عدم وجود ما يعيق التدفق، ولتجنُّب الانسداد الذي قد يحدث بسبب القمامة والمواد الصُّلبة الأخرى. وإزالة الحمأة بانتظام من خزَّانات التحليل (التخمير) هو أمر ضروري لضمان الأداء الأمثل لشبكة الصرف الصحي. ويُنصح بتنظيف الأنابيب بشكل دوري لضمان منع الانسدادات. ويجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع أي توصيلات غير مسموح بها على الشبكة، حيث إنه من المحتمل في هذه الحالة ألا يتم إنشاء حواجز المواد الصلبة مما يسمح للمواد الصلبة بدخول النظام. يجب أن تتحمل الهيئة المعنية بالصرف الصحي، أو المقاول الخاص، أو رابطة المستخدمين مسؤولية إدارة النظام، وذلك -تحديدًا- من أجل ضمان القيام بعملية إزالة الحمأة من حواجز المواد الصلبة بانتظام ومنع التوصيلات غير المسموح بها.

الإيجابيات والسلبيات

+ لا تتطلب حدًا أدنى للانحدار أو سرعة التدفق.
+ يمكن استخدامها في المناطق ذات إمدادات المياه المحدودة.
+ تكاليف رأس المال أقل من شبكات الصرف الصحي التقليدية، وتكاليف التشغيل منخفضة.
+ يمكن تمديدها وتوسيعها مع نمو المجتمع.
+ يمكن إدارة المياه الرمادية بشكل متزامن.
- تتطلب مساحة لإنشاء حواجز المواد الصلبة.
- تتطلب حواجز المواد الصلبة عمليات إزالة منتظمة للحمأة لمنع انسدادها.
- تتطلب تدريبًا وقبولًا ليتم استخدامها بشكل صحيح.
- تتطلب إصلاحات وعمليات إزالة للانسدادات بشكل متكرر، أكثر من شبكة الصرف الصحي التقليدية.
- تتطلب الخبرة في التصميم والإنشاء.
- تُشكل تسريبات مياه الصرف من الشبكة خطرًا على المياه الجوفية، كما أنه يَصعُب تحديد أماكن التسريبات.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

- برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

- إبراهيم هلال الحطاب وآخرون (1998). *الكود المصري لتصميم وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي الطبعة السادسة*، وزارة التعمير والمجتمعات الجديدة والإسكان والمرافق، مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني، جمهورية مصر العربية.

مراجع إنجليزية:

- Bizier, P. (Ed.) (2007). *Gravity Sanitary Sewer Design and Construction*. Second Edition. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 60, WEF MOP No. FD-5. American Society of Civil Engineers, New York, US.

- U.S. EPA (2002). *Collection Systems Technology Fact Sheet. Sewers, Conventional Gravity*. 832-F-02-007. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US. Available at: www.epa.gov

- Tchobanoglous, G. (1981). *Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater*. McGraw-Hill, New York, US.

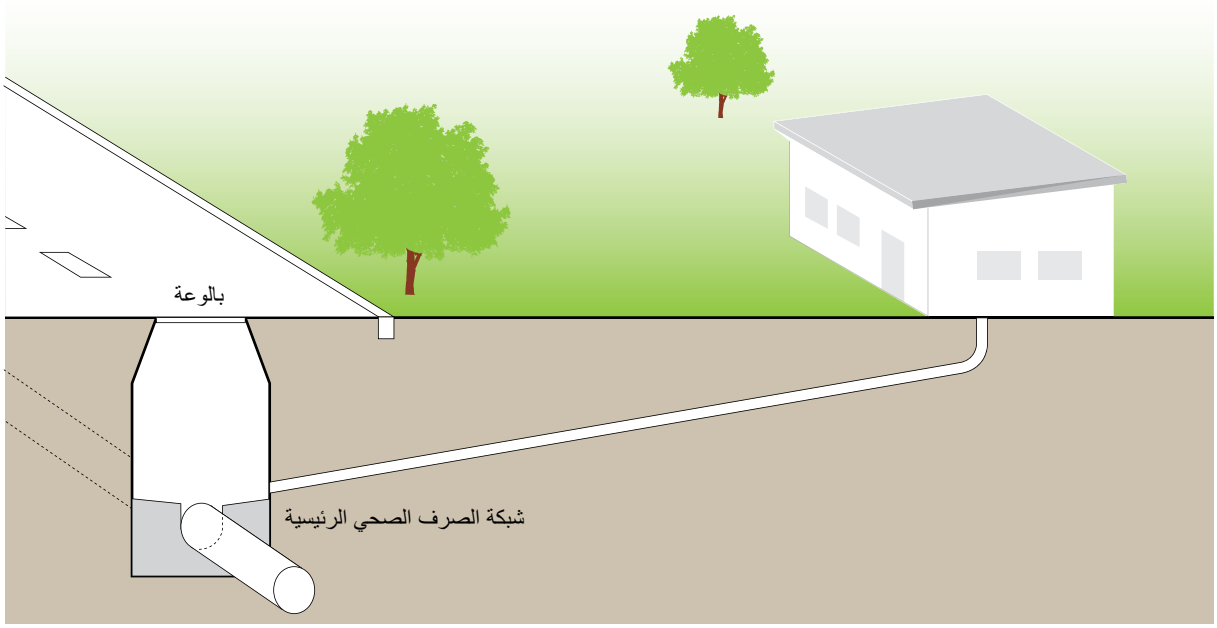
شبكة الصرف الصحي التقليدية بقوة الجاذبية

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 8، 9

مستوى التطبيق:
- المنزل
- ★ الحي السكني
- ★★ المدينة

مستوى الإدارة:
- منزلي
- مشترك
- ★★ عام

مُدخلات/مُخرجات:
- المياه السوداء
- المياه البُنِّية
- المياه الرمادية
- (مياه الأمطار)



شبكات الصرف الصحي التقليدية بقوة الجاذبية (أو شبكات الانحدار، أو المجاري) Conventional Gravity Serwers هي عبارة عن شبكات كبيرة من الأنابيب الممتدة تحت الأرض تقوم بنقل المياه السوداء، والمياه الرمادية، و-في كثير من الأحيان- مياه الأمطار من المنازل إلى مرافق المُعالجة (شبه) المركزية، باستخدام قوة الجاذبية (والمضخات عند الضرورة).

تُصمَّم أنظمة شبكات الصرف الصحي التقليدية لتشمل العديد من الفروع، وتنقسم الشبكة -عادةً- إلى شبكات أولية (الخطوط الرئيسية لشبكة الصرف الصحي على طول الطرق الرئيسية)، وشبكات ثانوية، وشبكات الفرعيات (شبكات على مستوى الأحياء والمنازل).

اعتبارات التصميم عادةً لا تتطلب شبكات الانحدار التقليدية بقوة الجاذبية أن تتم المُعالجة الأولية أوالابتدائية أو التخزين في الموقع لمياه الصرف المنزلي قبل تصريفها. إلا إنه يجب تصميم شبكة الصرف الصحي لتحافظ على السرعة المناسبة للتنظيف الذاتي (بمعنى، التدفق الذي لا يسمح للجزيئات بالتراكم). في شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار النموذجية، ينبغي اعتماد حد أدنى للسرعة يبلغ ما بين 0.6 إلى 0.7 متر/ثانية خلال ذروة الظروف الجوية الجافة. ويجب ضمان وجود انحدار متدرج ثابت باتجاه الأسفل على طول شبكة الصرف الصحي، من أجل المحافظة على سرعة جريان المياه للتنظيف الذاتي، وهذا قد يتطلب الحَفر على أعماق كبيرة؛ وعندما لا يمكن المحافظة على درجة الانحدار، فيجب تركيب محطة ضخ (رفع). يتم وضع شبكات الصرف الصحي الأولية أسفل الطرق على أعماق من 1.5 إلى 3 أمتار؛ وذلك لتجنب الأضرار الناجمة عن الأحمال المرورية. ويعتمد عمق الشبكة أيضًا على منسوب المياه الجوفية، وأدنى نقطة تخدمها الشبكة (على سبيل المثال، طابق سفلي تحت الأرض) وتضاريس المنطقة. ويعتمد اختيار قطر الأنبوب على المُعدل المتوقّع للتدفق وعلى أعلى تدفق للمياه. المواد المستخدمة في تصنيع الأنابيب تكون -عادةً- من الخرسانة، وبلاستيك البولي فينيل كلوريد PVC، والحديد المطاوع أو الحديد الزّهر. وتوضَع البالوعات Manholes على مسافات محددة فوق شبكة الصرف الصحي، وعند وصلات الأنابيب، وفي النقاط حيث يحدث تغَيُر في الاتجاه (سواء رأسيًّا أو أفقيًّا). وينبغي لهذه البالوعات أن تُصمَّم بحيث لا تكون مصدرًا لتدفق مياه الأمطار أو رشح المياه الجوفية داخل الشبكة.

في حالة قيام المستخدمين بصرف مياه عالية التلوث في الشبكة (على سبيل المثال، المصانع أو المطاعم)، فإن الأمر قد يتطلب المُعالجة الأولية والابتدائية في الموقع قبل الصّرف في شبكة الصرف الصحي، وذلك لتقليل مخاطر الانسداد وتقليل الحِمل على محطات مُعالجة مياه الصرف.

عندما تقوم شبكة الصرف الصحي بحمل مياه الأمطار (المعروفة بشبكة الصرف المختلطة)، فمن المطلوب تصريف كمية المياه الزائدة عن القدرة الاستيعابية لمحطات المعالجة بعيدًا عنها عند هطول الأمطار لتجنب العبء الهيدروليكي. وعلى الرغم

مـن ذلك، فـلا ينبغي اعتبار شـبكات الصرف الصحـي المختلطة هـي الحـل الوحيـد أو الأفضـل؛ بـل يُنصَـح بتجميـع وتصريف ميـاه الأمطار فـي الموقع أو إنشـاء نظـام صرف منفصـل لمياه الأمطـار، ومـن ثَمّ سـوف تتطلب محطـة مُعالجة ميـاه الصرف أبعـادًا أصغر، وبهذا تكـون أقل في تكلفة البنـاء، وأكثر كفاءة في مُعالجـة مياه الصـرف الأقل تخفيفًـا (المُركَّزة).

المُلاءَمَـة بمـا أنّـه يُمكن تصميم شـبكات الصـرف الصحي بقوة الجاذبية لاسـتيعاب الكميات الكبيرة، فإنها تُعتبر مناسـبة جدًّا لنقل ميـاه الصـرف إلى مرافـق المُعالجة (شـبه) المركزيـة. ويتطلب كل مـن التخطيـط، والإنشـاء، والتشـغيل والصيانـة المعرفـة المتخصصة. ويُعتبر إنشـاء شـبكة الصرف الصحـي التقليدية في المناطق الحضرية عالية الكثافة السـكانية أمـرًا مُعقدًا؛ لأنه يُعطل الأنشـطة المدنيـة وحركة المرور. تكلفة إنشـاء شـبكات الصرف الصحـي بقـوة الجاذبية عاليـة. ولأن تركيب خط شـبكة الصرف الصحـي يُعتبر أمـرًا مزعجًا، ويتطلب كلًّا من التنسـيق الشـامل بيـن كلٍّ مـن الهيئـات المعنيّة، وشـركات الإنشـاءات، وأصحاب الملكيـات، فـإن الأمـر يتطلـب وضـع نظـام إدارة محتـرف. قد تسـبب إزاحة التربة تصدعات في جـدران البالوعات أو وصلات الأنابيـب، والتـي مـن الممكـن أن تصبح مصـدرًا لرشـح المياه الجوفية أو لتسـريب مياه الصرف ما يؤثر سـلبًا على أداء شـبكة الصـرف الصحي.

يمكن إنشـاء شـبكات الصرف الصحي بقوة الجاذبيـة في الأجواء البـاردة، حيـث يتـم حفرهـا بعمق فـي التربـة، والتدفـق الثابت والكبيـر للميـاه يقاوم عمليـة التجمد.

الجوانـب الصحيـة / القبول إذا تم تركيب الشـبكات بشـكل جيد، وتمـت الصيانة الجيدة لها، فهي تُعتبر وسـيلة آمنـة وصحية لنقل ميـاه الصرف. وتقـدم هذه التقنية للمسـتخدمين مسـتوى عالٍ من الصحـة والراحة. ومع ذلـك، لأن نقل المخلفات يتم خارج الموقع، فـإن الآثـار الصحية والبيئية تتحـدد بناءً على نـوع المُعالجة التي تتم في مرفـق المُعالجة عند نهاية الشـبكة.

التشـغيل والصيانة تُسـتخدَم البالوعـات لعمل الفحـص الروتيني وتنظيف شـبكة الصـرف الصحي. ويمكـن أن تتراكـم المخلفات (على سـبيل المثـال، الحصى أوالرمـال، أو العُصِي، أوالأقمشـة البالية) داخـل البالوعـات فتؤدي إلى انسـداد الخطـوط. ولتفادي الانسـداد الناجـم عـن الشـحوم، فمـن المهـم إبلاغ المسـتخدمين بالطـرق الأمثل للتخلـص من الزيوت والشـحوم. وتشـمل طرق تنظيـف شـبكات الصـرف الصحي التقليديـة الأسـلاك المعدنية، ودفْـق المـاء، وضـخ المـاء بالضغط، والنـزح. ويمكـن أن تُمثل شـبكات الصرف الصحي خطورة بسـبب الغازات السـامة؛ لذلك ينبغـي أن تَتـم صيانتها بواسـطة الأشـخاص المتخصصين فقط؛ وفـي بعـض المجتمعـات المُنظمـة جيـدًا يُمكن أن تـؤول صيانة الشـبكات الفرعيـة إلـى مجموعـات مُدربـة جيـدًا مـن أعضـاء المجتمـع. وينبغـي دائمًـا اسـتخدام الحمايـة المناسـبة عند دخول شـبكة الصـرف الصحي.

الإيجابيات والسلبيات

+ صيانـة أقـل بالمقارنة مع شـبكات الصرف الصحي البسـيطة، وشـبكات الصـرف الصحـي الخالية من المـواد الصلبة.
+ يمكـن إدارة الميـاه الرماديـة، وربما مياه الأمطار أيضًا بشـكل متزامن.
+ يمكنهـا التعامل مع الحصى والرمال والمـواد الصلبة الأخرى، وكذلك التدفقـات كبيرة الحجم.
- تكاليـف رأس المال مرتفعة للغاية، وتكاليف التشـغيل والصيانة مرتفعة.
- تتطلب المحافظة على حد أدنى لسـرعة الجريان؛ لمنع ترسـب المـواد الصلبة داخل شـبكة الصرف الصحي.
- تتطلب حفرًا عميقًا.
- صعبة ومُكلفة في تمديدها مع تغير ونمو المجتمع.
- تتطلب الخبرة في التصميم والإنشاء والصيانة.
- تُشـكل تسـريبات مياه الصرف من الشـبكة خطرًا علـى المياه الجوفيـة، كما أنـه يَصعُب تحديـد أماكن التسـريبات.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

- المؤسسة العامة للتعليم الفنى والتدريب المهنى (2004). *شبكات المياه والصرف الصحي، الإدارة العامة للتطوير وتصميم المناهج*، المملكة العربية السعودية.

- برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

- إبراهيم هلال الحطاب وآخرون (1998). *الكود المصري لتصميم وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي الطبعة السادسة*، وزارة التعمير والمجتمعات الجديدة والإسكان والمرافق، مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني، جمهورية مصر العربية.

- المكتب الاستشاري كيموتكس (1992). *الإشراف على تنفيذ شبكات الصرف الصحي دليل المهندسين والمشرفين الفنيين بالمواقع*، القاهرة، جمهورية مصر العربية.

مراجع إنجليزية:

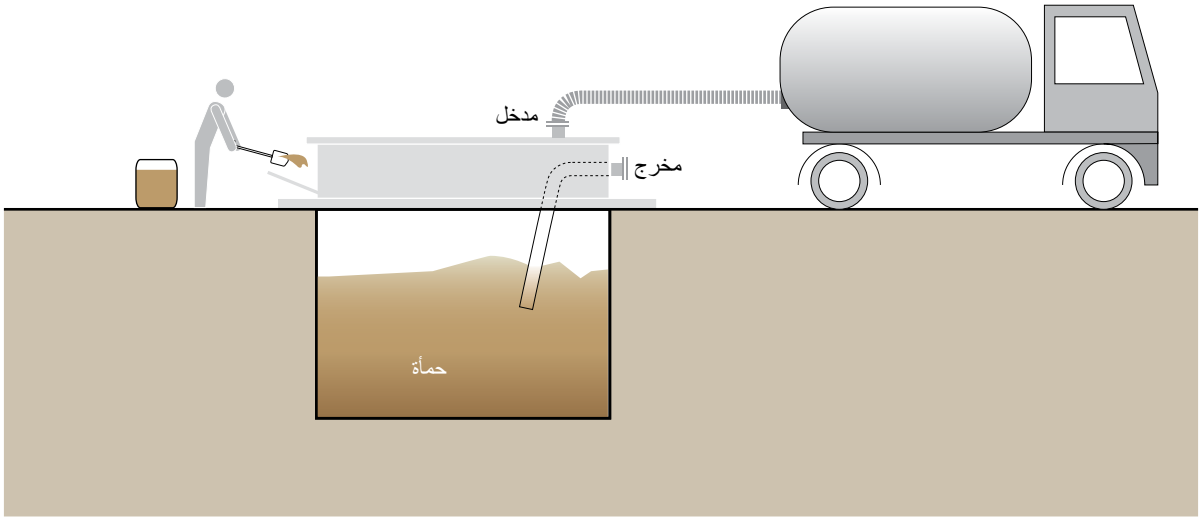
- Bizier, P. (Ed.) (2007). *Gravity Sanitary Sewer Design and Construction. Second Edition.* ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 60, WEF MOP No. FD-5. American Society of Civil Engineers, New York, US.

- Tchobanoglous, G. (1981). *Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater.* McGraw-Hill, New York, US.

محطة النقل (خزَّان حاوي تحت الأرض)

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6، 7

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	مُدخلات/مُخرجات:
المنزل	منزلي	الحمأة
★★ الحي السكني	★ مشترك	
★★ المدينة	★★ عام	



تعمل محطات النقل (التحويل) أو الخزَّانات الحاوية تحت الأرض Transfer Station (Underground Holding Tank) كنقاط وسيطة لتصريف حمأة مياه المجاري، وذلك عندما يصعب نقلها إلى مرفق المُعالجة (شبه) المركزي. ويتطلب الأمر شاحنة شفط لتفريغ محطات النقل عند امتلائها.

يقوم مشغلو معدات تفريغ الحمأة التي تعمل يدويًّا أو المعدات الصغيرة ذات المُحركات (انظر ن.2، ن.3) بتصريف الحمأة إلى محطة النقل المحلية، بدلًا من التخلص منها بشكل غير قانوني، أو الانتقال من أجل تصريفها إلى موقع بعيد للمُعالجة أو التخلص. وعندما تمتلئ محطة النقل، تقوم شاحنة الشفط بتفريغ محتوياتها، وتُؤخذ الحمأة إلى مرفق مُعالجة مناسب. قد تَفرض البلديات أو الهيئات المعنية بالصرف الصحي الحصول على تصاريح للتصريف في محطة النقل؛ وذلك لتعويض تكاليف تشغيل وصيانة المرفق.
في المناطق الحضرية، يجب أن يتم تحديد أماكن محطات النقل بعناية، وإلا فقد تُصبح الروائح مصدرًا للإزعاج، وخاصةً إذا لم يتم صيانتها بشكلٍ جيد.

اعتبارات التصميم تتكون محطة النقل من: مكان لوقوف شاحنات الشفط أو عَرَبَات الجر الخاصة بالحمأة، ونقطة توصيل لخراطيم التصريف، وخزَّان. ويجب أن تكون نقطة التصريف منخفضة بما يكفي للحد من الانسكابات عند قيام العمال بتفريغ عَرَبَات الحمأة يدويًّا. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن تحتوي محطة النقل على فتحة تهوية، وشبكة حجز المخلفات لإزالة القمامة، ومرفق لغسل الشاحنات. ويجب أن يتم إنشاء الخزَّان الحاوي بشكلٍ جيد، لمنع التسرب و/أو رشح المياه السطحية إليه.
وهناك اختلاف بين محطة النقل (التحويل) ومحطة تصريف شبكة المجاري (محطة الرفع)Sewer Discharge Station (SDS)، حيث تتشابه محطة الرفع مع محطة النقل، ولكنها ترتبط مباشرةً بشبكة صرف صحي تقليدية بقوة الجاذبية؛ حيث يتم ضخ الحمأة المفرَّغة في محطة الرفع في شبكة الصرف الصحي الرئيسية، إما مباشرةً أو على فترات زمنية مُحدَّدة؛ وذلك لتحسين أداء شبكة الصرف الصحي ومحطة مُعالجة مياه الصرف و/أو تقليل أحمال الذروة Peak Loads.
يمكن تجهيز محطات النقل بأجهزة رقمية لتسجيل البيانات لمتابعة الكميات وأنواع المُدخلات ومصادرها، وكذلك لجمع بيانات الأشخاص الذين يُصَرِّفون في المحطة، وبهذه الطريقة، يتمكن مسؤول التشغيل من جمع معلومات مُفصَّلة، والقيام بالتخطيط والاستعداد السليم للأحمال المختلفة.
يجب أن يتم تحديد نظام إصدار التصاريح أو فرض رسوم الدخول للمحطات بعناية، بحيث لا يتم استبعاد الأشخاص الراغبين في الخدمة بسبب ارتفاع التكاليف، مع الوضع في الاعتبار توليد دخلٍ كافٍ لتشغيل وصيانة محطات النقل على نحوٍ مستدام.

المُلاءَمة تكون محطات النقل مُناسِبة للمناطق الحضرية عالية الكثافة السكانية، حيث لا تُوجد نقطة تصريف بديلة لحمأة مياه

المجـاري. وقد يُسـاعد إنشـاء عـدة محطات للنقل علـى الحد من التخلـص غيـر القانونـي من الحمـأة، وقد يُعـزز ذلـك أيضًا من سـوق عمل تفريـغ الحمأة.

تكـون محطـات النقل كافيـة خصوصًا فـي الأماكـن التي يحدث بهـا تفريـغ الحمـأة على نطاقٍ صغيـر. كما أن في المـدن الكبيرة يُمكنهـا أن تُقلـل مـن التكاليـف التي تتكبدها الشـركات المُشـغّلة للشـاحنات عـن طريـق تقليل مسـافات النقـل، والحد مـن إهدار الوقـت بسـبب ازدحـام المـرور. ويُمكـن لمقدمي خدمـة التفريغ المحلييـن أن يقومـوا بتصريـف الحمـأة في محطـات النقل خلال النهـار، بينمـا تقوم الشـاحنات الكبيرة بتفريغ الخزَّانـات والذهاب إلـى محطـة المُعالجة ليـلًا عندما تكـون حركة المـرور خفيفة.

ينبغـي أن تتواجـد محطـات النقـل بحيـث يمكـن الوصـول إليها بسـهولة، وتكون مُناسِبة وسهلة الاسـتخدام. وعلى حسب عمليات الصيانـة، فقـد تُشـكّل الروائح مشـكلة للسـكان المجاورين؛ ومع ذلـك فإن الفوائد المُكتسـبة من محطـات النقل -مقارنـةً بالتخلص غيـر القانونـي من الحمـأة في الهـواء الطلق- قد تُعـوِّض إلى حد كبيـر أيَّ مضايقات.

الجوانـب الصحيـة / القبـول تمتلـك محطـات النقل القـدرة على تحسـين صحـة المجتمـع بشـكلٍ كبير، وذلـك عن طريـق تزويد المجتمـع بحـل محلي غيـر باهظ التكلفـة للتخلص مـن حمأة مياه المجـاري. وبتوفيـر محطات النقل، لم يعُد مقدمـو خدمات التفريغ المسـتقلون -أو على نطاق صغيـر- مُجبرين على تصريف الحمأة بطريقـة غيـر قانونيـة، وأصبـح مالكـو المنـازل أكثر اسـتعدادًا لتفريـغ الحُفـر الخاصـة بهـم. وعندمـا يتم تفريـغ الحُفر بشـكلٍ مُنتظـم، ويتم الحـد من التخلص غيـر القانوني للحمـأة؛ يُمكن أن تتحسـن الصحـة العامـة للمجتمع بشـكلٍ ملحوظ. ويجـب اختيار الموقـع بعناية لتحقيق أقصى قدرًا من الكفـاءة، وللحد من الروائح والمشـاكل لسـكان المناطق القريبة.

التشـغيل والصيانـة يجـب تنظيف شـبكات حجـز المخلفات من وقـت لآخر لضمـان التدفق المسـتمر ومنع ارتـداد المياه. ويجب أيضًـا إزالة الحصى والرمال والحمأة المتراكمة بشـكل دوري من الخـزَّان. ويجـب أن يكون هناك نظـام جيد لتفريـغ محطة النقل؛ حيـث إن طفـح الخـزَّان الممتلئ بالكامـل ليس بأحسـن حالًا من طفـح الحُفـرة. وينبغـي تنظيف منصـة ومنطقة التحميـل بانتظام لتقليـل الروائـح الكريهة، والذبـاب، وناقلات الأمـراض الأخرى قبل أن تُشـكّل إزعاجًا.

الإيجابيات والسلبيات

+ تُحسـن مـن كفاءة نقـل الحمـأة إلى محطـة المُعالجـة، خاصةً عندمـا يَسـتخدم مقدمـو الخدمـة -علـى المسـتوى الصغيـر- العَربـات البطيئة.
+ تحد من التخلص غير القانوني لحمأة مياه المجاري.
+ يمكـن تعويـض تكاليـف الإنشـاء بإصـدار تصاريـح الدخول والاسـتخدام.
+ إمكانية خلق فرص عمل محلية وتوليد مصادر للدخل.
- تتطلب الخبرة في التصميم والتركيب والصيانة.
- يمكـن أن تـؤدي إلى انبعـاث الروائح إن لم تتم صيانتها بشـكلٍ صحيح .

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

- أحمد محسن الحكمي وآخرون (2007). *الدليل التصميمي لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي* - الإصدار الأول. الإدارة العامة للصرف الصحي. وزارة المياه والكهرباء. المملكة العربية السعودية.

- إبراهيم هلال الحطاب وآخرون (1998). *الكود المصري لتصميم وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي* الطبعة السادسة، وزارة التعمير والمجتمعات الجديدة والإسكان والمرافق، مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني، جمهورية مصر العربية.

مراجع إنجليزية:

- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation.* IWA Publishing, London, UK.
  Available at: www.sandec.ch

- Chowdhry, S. and Koné, D. (2012). *Business Analysis of Fecal Sludge Management: Emptying and Transportation Services in Africa and Asia.* Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, US.
  Available at: www.susana.org/library

- U.S. EPA (1994). *Guide to Septage Treatment and Disposal.* EPA/625/R-94/002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, OH, US.
  Available at: www.epa.gov

يصف هذا القسم تقنيات المُعالجة المناسبة لمجموعات كبيرة من المُستخدمين (أي بدءًا من التقنيات شبه المركزية التي تُستخدم على مستوى الأحياء السكنية، وصولًا إلى التقنيات المركزية التي يتم تطبيقها على مستوى المدينة). هذه التقنيات مُصمَّمَة لاستيعاب الزيادة في كميات المياه المُتدفقة (التدفقات)، وتُقدم في معظم الحالات إزالة مُطورة للمُغذيات، والمواد العضوية، ومُسببات الأمراض، خاصةً عند مُقارنتها مع تقنيات المُعالجة الصغيرة التي تُستخدم على مستوى المنازل "ج". وطبقًا للمجموعة الوظيفية فإن عمليات التشغيل والصيانة، ومُتطلبات الطاقة لهذه التقنيات بشكل عام أعلى من التقنيات الأصغر حجمًا على المستوى "ج".

وتنقسم التقنيات إلى مجموعتين: المجموعة الأولى م.1 - م.12 هي في المقام الأول لعمليات مُعالجة المياه السوداء، المياه البُنِّية، المياه الرمادية، أو التدفقات السائلة، في حين أن م.13 - م17 هي بشكل رئيسي لمُعالجة الحمأة (الرواسب الصلبة). وتم أيضًا وصف تقنيات المُعالجة الأولية والمُعالجة اللاحقة بملفات معلومات التقنيات "قبل" و"بعد"، حتى وإن لم تكن مطلوبة بشكل دائم.

قبل تقنيات المُعالجة الأولية

م.1 حَوْض الترسيب
م.2 حَوْض إمهُوف
م.3 المُفاعل ذو الحواجز اللاهوائي
م.4 المُرشِّح اللاهوائي
م.5 برَك تثبيت المُخلّفات السائلة (الأكسدة)
م.6 البِركة المُهواة
م.7 الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي السطحي
م.8 الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي المغمور
م.9 الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الرأسي
م.10 مُرشِّح بالتنقيط
م.11 مُفاعل التدفق العلوي اللاهوائي عبر طبقة الحمأة
م.12 الحمأة المُنشطة

م.1-م.12 تقنيات مُعالجة المياه السوداء، المياه البُنِّية، المياه الرمادية، أو التدفقات السائلة.

م.13 برَك الترسيب والتكثيف
م.14 أحواض تجفيف غير مزروعة
م.15 أحواض التجفيف مزروعة
م.16 إعداد السماد مع إضافة المواد العضوية
م.17 مُفاعل الغاز الحيوي

م.13-م.17 تقنيات لمُعالجة الحمأة

بعد المُعالجة اللاحقة: الترشيح الثلاثي والتطهير

عند تصميم مُخَطَّط لنظام مُعالجة (شبه) مركزي، يجب على المُهندس عمل مزيج مناسب من هذه التقنيات، من أجل تحقيق هدف المُعالجة الشاملة المطلوبة (على سبيل المثال، نظام مُتعدد المراحل من أجل المُعالجة الأولية، المُعالجة الابتدائية، والمُعالجة الثانوية).

يعتمد اختيار التقنية المناسبة - في أي سياق - بشكلٍ عام على العوامل التالية:

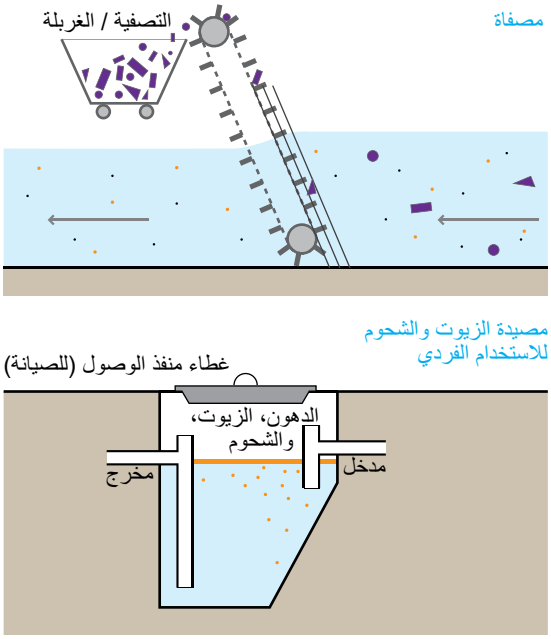
- نوع وكمية المُنتجات التي يُراد مُعالجتها (بما في ذلك التوسعات المُستقبلية).
- المُنتج النهائي المرغوب فيه (الاستخدام النهائي و/أو مُتطلبات الجودة المسموح بها).
- الموارد المالية.
- التوافر المحلي للمواد.
- تَوَفُّر المساحة.
- خصائص التربة والمياه الجوفية.
- تَوَفُّر مصدر دائم وثابت للكهرباء.
- الخبرات والقدرات (بالنسبة للتصميم والتشغيل).
- الاعتبارات الإدارية.

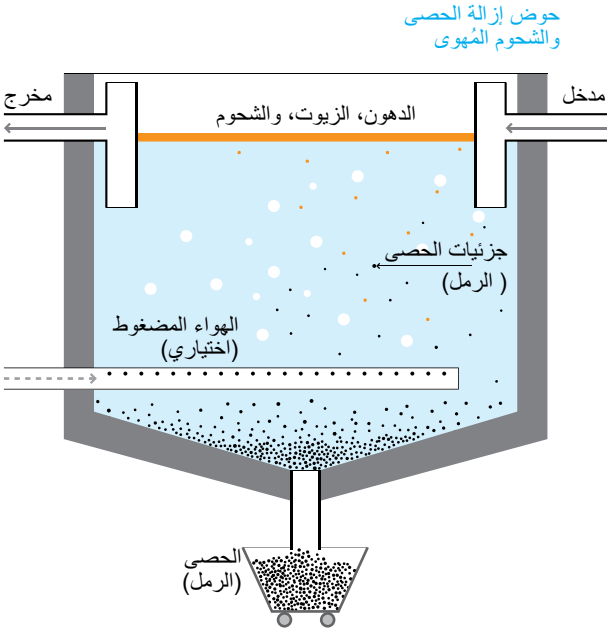
المُعالجة (شبه) المركزية

تقنيات المُعالجة الأولية

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: المياه السوداء، المياه البُنِّية، المياه الرمادية، الحمأة
★ المنزل	★ منزلي	المُخرجات: المياه السوداء، المياه البُنِّية، المياه الرمادية، الحمأة، مخلفات المُعالجة الأولية
★★ الحي السكني	★ مشترك	
★★ المدينة	★★ عام	





المُعالجة الأولية Pre-Treatment (أو المعالجة التمهيدية، ما قبل عملية المُعالجة) هي عملية الإزالة التمهيدية لمُكونات من مياه الصرف الصحي أو الحمأة، مثل: الزيوت، والشحوم، والمواد الصلبة المختلفة (على سبيل المثال: الرمل، والألياف، والقمامة). وتُنشأ وحدات المُعالجة الأولية قبل وحدات النقل والمُعالجة، لتَحُد من عملية تراكم المواد الصلبة، وتقلل من حدوث الانسدادات في المراحل اللاحقة. وتُساعد في الحد من تآكل الأجزاء الميكانيكية نتيجة الاحتكاك، كما تساعد في إطالة عمر البنية التحتية للصرف الصحي.

تُضعِف الزُيوت، والشُحوم، والرمل، والعوالق الصلبة من كفاءة عمليات النقل و/أو المُعالجة، نتيجة الانسداد والتآكل؛ ومن ثَم فإن منع وإزالة هذه المواد مبكرًا هو أمر حاسم من أجل إطالة عمر نظام المُعالجة. تقنيات المُعالجة الأولية تستخدم آليات فيزيائية، مثل: عمليات التصفية، الطّفو، والترسيب والترشيح. التحكم في السلوك والمُراقبة الفنية على مستوى المنازل أو الأبنية يُمكن أن تُقلل من أحمال التلوث وتجعل مُتطلبات المُعالجة الأولية مُنخفضة؛ على سبيل المثال: المخلفات الصلبة وزيت الطهي ينبغي أن يتم جَمع كل منهما على حدة، وليس إلقاؤهما في أنظمة الصرف الصحي. ويُمكن منع دخول المواد الصلبة إلى نظام الصرف الصحي بتزويد أحواض الاستحمام والبالوعات وما شابه ذلك بالمصافي المُناسبة والمُرشِّحات وسدادات المياه. ويجب أن تُغلق البالوعات الخاصة بغرف تفتيش شبكات الصرف الصحي بأغطية مناسبة لمَنع المواد الخارجية من دخول شبكة وخطوط المجاري.

مصيدة الشحوم الغرض من مصائد الشحوم هو حجز الشحوم والزيوت، بحيث يُمكِن جمعها وإزالتها بسهولة. وتتكون مصائد الشحوم من غُرف مصنوعة من الطوب، والخرسانة، أو البلاستيك، مع أغطية مُحكمة لمنع الرائحة. وتوضع الحواجز والمصدات في مداخل ومخارج المصائد؛ لمنع اضطراب سطح الماء، ولفصل المُكونات الطّافية عن التدفقات السائلة الخارجة. يمكن أن توضع مصيدة الشحوم أسفل الحَوْض للكميات القليلة من الزيوت والشحوم، أما للكميات الكبيرة فإن فواصل الشحوم الكبيرة تُوضع خارج المُنشأة. وتتميز مصائد الشحوم التي توضع تحت الأحواض بانخفاض تكلفتها نسبيًّا، ولَكِن يَجِب أن تُنظف دوريًّا (من مرة واحدة في الأسبوع إلى مرة واحدة في الشهر)، في حين يكون لفواصل الشحوم الكبيرة تكلفة أكبر، ولكنها تُصمم ليتم تفريغها كل 6 أشهر إلى 12 شهرًا. وإذا تم تصميمها لتكون كبيرة الحجم فإن مصائد الشحوم يُمكنها أيضًا إزالة الحصى والمواد الأخرى القابلة للترسب، من خلال الترسيب بصورة مشابهة لأحواض التحليل (التخمير) (ج.9).

المصفاة تهدف التصفية (الغربلة) لمنع المواد الصلبة الكبيرة -مثل: البلاستيك، وقطع القُماش، وغيرها من النفايات- من دخول نظام الصرف الصحي أو محطات المُعالجة. وتُحجز المواد الصلبة بواسطة المصافي المائلة أو حواجز القضبان المتوازية. والمسافة بين قضبان المصافي عادة ما تكون من 15 إلى 40 ملليمتر، وذلك اعتمادًا على أنماط التنظيف. ويُمكن تنظيف المصافي يدويًّا أو بتمشيطها ميكانيكيًّا؛ علمًا بأنَّ

التمشيط الميكانيكي يُزيل المواد الصلبة بصورة مستمرة، مما يساعد في تصغير حجم التصميم.

غُرفة حَجز الحصى (الرمل) وجود الرمال في مياه الصرف الصحي يؤدي إلى تدمير وإعاقة تقنيات المُعالجة التالية؛ لذلك فإن غُرف حَجز الحصى (أو مصائد الرمل) تقوم بإزالة المواد غير العضوية الثقيلة عن طريق الترسيب. وهُناك ثلاثة أنواع عامة من غُرف حَجز الحصى: غُرف التدفق الأفقي، والغُرف المُهَوَّاة، والغُرف الدوامية، وكل من هذه التصاميم الثلاثة تسمح لجزيئات الحصى الثقيلة أن تترسب بها، بينما تظل الجسيمات العضوية خفيفة الوزن عالقة في الماء.

المُلاءَمَة يتم استخدام مصايد الشحوم عندما توجد كميات كبيرة من الزيوت والشحوم يتم صرفها في مياه الصرف الصحي. ويمكن تركيب مصائد الشحوم في المنازل، والمطاعم، أو المناطق الصناعية. وإزالة الشحوم لها أهمية خاصة عندما تُشكل خطرَ حدوثِ انسدادٍ فوريّ (على سبيل المثال محطة مُعالجة بالأراضي الرطبة المُنشأة للمياه الرمادية).
تصبح التصفية ضرورية في حال إمكانية دخول المُخلفات الصلبة إلى نظام شبكة الصرف الصحي أو إلى محطات المُعالجة. ويتم استخدام حواجز (مصائد) القمامة -مثل الصناديق الشبكية- في الأماكن المؤثرة، مثل مصارف الأسواق.
تُساعد غُرف إزالة الحصى والرمال على منع ترسب الجسيمات الرملية، ومنع حدوث التآكل في محطات مُعالجة مياه الصرف الصحي، خصوصًا عندما تدخل إلى شبكة الصرف في حالة الطرق غير المرصوفة و/أو عندما يكون دخول مياه الأمطار والسيول واردًا.
تطلق المَغاسل كميات عالية من الألياف والجسيمات النسيجية مع مياه صرفها، لذا يجب تجهيزها بمصائد لحجز الوَبَر والألياف.

الجوانب الصحية / القبول عملية إزالة المواد الصلبة والشحوم من تقنيات المُعالجة الأولية ليست بالأمر الهيّن، وإذا كان سكان المنازل أو أفراد المجتمع هم المسؤولون عنها، فإنه من المحتمل ألا يتم القيام بها بصورة منتظمة. إنّ توظيف المتخصصين للقيام بعملية الإزالة قد يكون الخيار الأفضل على الرغم من أنه مكلف. والأشخاص المعنيون بعملية التنظيف قد يتعرّضوا لمُسببات الأمراض أو المواد السامة؛ لذا يجب ارتداؤهم الملابس الواقية مثل القفازات والأحذية الطويلة، من أجل حمايتهم بدرجة كافية.

التشغيل والصيانة يجب مُراقبة جميع مرافق المُعالجة الأولية بانتظام وتنظيفها لضمان أدائها لوظيفتها بصورة جيدة. و يُمكن للروائح القوية أن تَنتُج من تحلل المواد المتراكمة إذا كان معدل تكرار الصيانة مُنخفضًا جدًّا. ويُمكن أن تُؤدّي الصيانة غير الكافية لوحدات المُعالجة الأولية في نهاية المطاف إلى فشل عناصر ووحدات المُعالجة التالية من نظام الصرف الصحي.
يَجِب التَخَلُّص من منتجات المُعالجة الأولية كالمخلفات الصلبة بطريقة سليمة بيئيًّا. ويُمكن استخدام الشحوم لإنتاج الطاقة (على سبيل المثال، وقود الديزل الحيوي أو الهضم المشترك)، أو إعادة تدويرها كي تُستخدم مرة أخرى..

الإيجابيات والسلبيات

+ تكاليف رأس المال والتشغيل مُنخفضة نسبيًّا.
+ يُقلل من خطر تلف تقنيات النقل و/أو المُعالجة التالية.
+ زيادة العمر والمتانة لأجهزة (أدوات) الصرف الصحي.
- تتطلب صيانة دورية.
- إزالة المواد الصلبة والشحوم ليست هينة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي (2015). *برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي*. جمهورية مصر العربية.

_ حيدر محمد عبد الحميد وآخرون (2012). *كراس استرشادي عن إدارة المخلفات السائلة للأنشطة الخدمية محطات الصرف الصحي ووحدات المعالجة في المؤسسات الصحية*، بغداد، العراق.

_ محمد عزيزي وفاطمة جعارة (2010). *مقرر محطات معالجة مياه الصرف الصحي*، سوريا.

_ منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي للشرق الأوسط (2004). *إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة*، عمان، الأردن.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

مراجع إنجليزية:

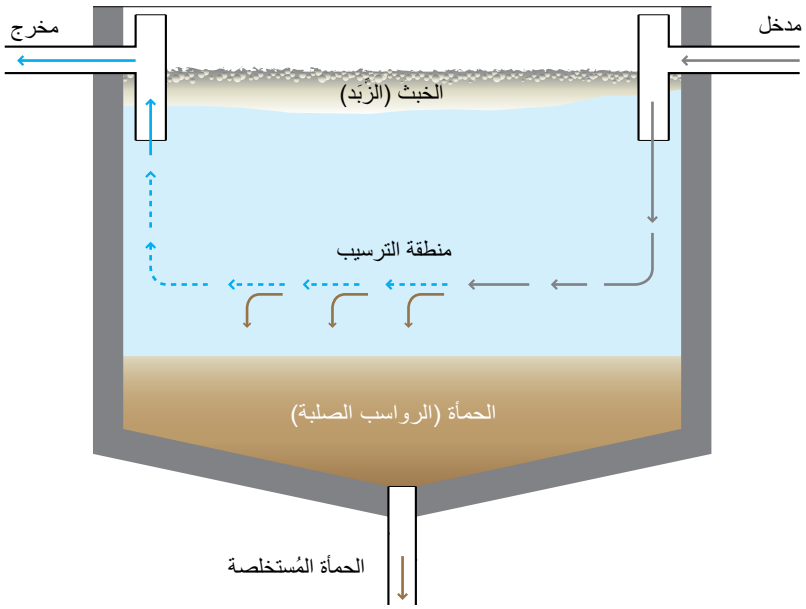
_ Robbins, D. M. and Ligon, G.C. (2014). *How to Design Wastewater Systems for Local Conditions in Developing Countries*. IWA Publishing, London, UK.

_ Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US.

حَوْض الترسيب

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** المياه السوداء، المياه البُنِّية، المياه الرمادية
المنزل	منزلي	
الحي السكني ★★	مشترك ★	**المُخرجات:** التدفقات السائلة الخارجة، الحمأة
المدينة ★★	عام ★★	



حَوْض الترسيب Settler (أو المُرسِّب) هو عبارة عن تقنية للمُعالجة الابتدائية لمياه الصرف الصحي. وهو مُصمم لإزالة العوالق الصلبة عن طريق الترسيب. ويُمكن أيضًا أن يُشار إليه على أنه خزَّان الترسيب، أو المُرَوِّق. إن انخفاض سرعة جريان (تدفق) المياه في حَوْض الترسيب تسمَح للجزيئات القابلة للترسيب بالنزول إلى القاع، بينما تطفو المُكونات الأخف من الماء على السطح.

تُستخدم عملية الترسيب أيضًا لإزالة الحصى (انظر تقنيات المُعالجة الأولية، صفحة رقم 100)، وتستخدم للترويق الثانوي في عمليات المُعالجة بالحمأة المُنشطة، وبعد عمليات التخثير (الترويب)/الترسيب الكيميائي أو لتكثيف الحمأة. هذا الملف يُناقش استخدام أحواض الترسيب كمُرَوِّقات ابتدائية، والتي عادةً ما يتم تركيبها بعد تقنية المُعالجة الأولية.

يُمكن لأحواض الترسيب أن تُحقق خفضًا كبيرًا للعوالق الصلبة (إزالة ما بين 50% إلى 70%) وخفضًا للمواد العضوية (إزالة للاحتياج الحيوي للأكسجين ما بين 20% الى 40%) والتأكد من عدم إعاقة هذه المكونات لعمليات المُعالجة التالية.

تأخذ أحواض الترسيب (المرسبات) أشكال عديدة، إذ تقوم في بعض الأحيان بوظائف إضافية. ويُمكن أن تكون خزَّانات مستقلة، أو أن يتم دمجها في وحدة المُعالجة جنبًا إلى جنب مع تقنيات أخرى عديدة. في هذا الكتاب، تم ذكر العديد من التقنيات التي لديها وظيفة الترسيب الابتدائي، أو تتضمن جزءًا للترسيب الابتدائي:

- خزَّان التحليل (التخمير) (ج.9)، حيث يتم إزالة الحمأة بمعدل منخفض مما يؤدي إلى التَحَلُّل اللاهوائي للحمأة.
- المُفاعل ذو الحواجز اللاهوائي (ج.10/م.3) والمُرشِّح اللاهوائي (ج.11/م.4) يشتمل كلاهما -عادةً- على أحواض ترسيب كجزء أولي. ومع ذلك، يُمكن أيضًا أن يُبنى حَوْض الترسيب بشكل منفصل عن المُفاعل، على سبيل المثال، في محطات البلدية لمُعالجة مياه الصرف الصحي (محطات مُعالجة المجاري) أو في حالة الوحدات مُسبَقة الصنع.
- مُفاعل الغاز الحيوي (ج.12/م.17) والذي يُمكن اعتباره حَوْض ترسيب مُصمم للهضم اللاهوائي وإنتاج الغاز الحيوي.
- حَوْض إمْهُوف (م.2) ومُفاعل التدفق العلوي اللاهوائي عبر طبقة الحمأة (م.11) مُصممان لهضم الحمأة المترسبة، ومنع الغازات أو جزيئات الحمأة في القسم السفلي من الدخول/العودة إلى القسم العلوي.
- بِرك تثبيت المُخلفات السائلة (الأكسدة) (م.5)، والتي تُستخدم فيها البِركة الأولى اللاهوائية كبِركة ترسيب.
- بِرك الترسيب والتكثيف (م.13)، والتي تم تصميمها لفصل المواد الصلبة عن المواد السائلة في حمأة مياه المجاري.
- شبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة (ن.5)، والتي تحتوي على خزَّانات فاصلة على مستوى المبنى.

اعتبارات التصميم الغرض الرئيسي من حَوْض الترسيب هو تسهيل عملية الترسيب عن طريق تقليل سرعة واضطرابات مجرى مياه الصرف الصحي. أحواض الترسيب هي خزَّانات

دائرية أو مستطيلة الشكل وعادةً ما تكون مُصممة لزمن بقاء هيدروليكي (HRT) من 1.5 إلى 2.5 ساعة، ويقل الزمن المطلوب عندما لا تُوجد حاجة إلى تخفيض مستوى الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD بشكل كبير من أجل المُعالجة الحيوية التالية. وينبغي تصميم الخزَّان لضمان أداءٍ مُرضٍ عند ذروة التدفق (التدفق الأقصى). ولمنع التيارات الدوامية والقصر Short-circuiting، فضلًا عن الاحتفاظ بالخَبَث (الزَبَد) الطَّافي داخل الحَوْض؛ فإن المُنشأة ذات المدخل والمخرج الجيدين وذات النظام الفعَّال للتوزيع والجمع (حواجز، هدّارات، أو أنابيب على شكل حرف T) تُعتبر مهمة.

اعتمادًا على التصميم يُمكن إزالة ونزح الحمأة من الحَوْض باستخدام مضخات يدوية، أو مضخات تعمل بالرفع بالهواء، أو مضخات شفط، أو عن طريق الجاذبية باستخدام فتحة في القاع. وغالبًا ما تكون أحواض الترسيب الكبيرة مُجهزة بكساحات ميكانيكية لجمع الحمأة، والتي تكسح باستمرار المواد الصلبة المُترسبة تجاه قُمع (قادوس) تجميع الحمأة في قاعدة الخزَّان، والذي منه يتم ضخ الحمأة إلى مرافق المُعالجة. ويُسهّل الخزَّان ذو القاع المائل بدرجة كافية من عملية إزالة الحمأة. ويمكن أيضًا إزالة الخبث (الزَبَد) يدويًّا أو بنظام تجميع.

كفاءة أحواض الترسيب الابتدائية تعتمد على عوامل مختلفة مثل: خصائص مياه الصرف الصحي، وزمن البقاء الهيدروليكي، ومعدل سحب الحمأة. وممكن أن تنخفض الكفاءة نتيجة الرياح (الدوامات الهوائية التي تُسببها الرياح فوق سطح حَوْض الترسيب)، وانتقال الحرارة وتيارات الكثافة نتيجة اختلاف درجات الحرارة، والتطبق الحراري في المناخات الحارة؛ ومن الممكن أن تؤدي هذه الظواهر إلى دوائر القصر (اختصار المياه لمسارها في الحَوْض).

تتواجد إمكانيات عديدة لتحسين أداء أحواض الترسيب مثل الألواح المائلة Lamella (ألواح أو أنابيب مائلة متوازية تُصنَع من البلاستيك أو الصُّلب المقاوم للصدأ، وتوضع في الحَوْض لتحسين ترسب الجسيمات)، مما يزيد من مساحة سطح الترسيب، واستخدام المُروّبات (المُخثِّرات) الكيميائية.

المُلاءَمَة يتم اختيار التقنية المناسبة لترسيب المواد الصلبة حسب: حجم ونوع المُنشأة، وتركيز مياه الصرف الصحي، والقُدرات الإدارية، والرغبة في عملية المُعالجة اللاهوائية، سواء كان بإنتاج أو بدون إنتاج للغاز الحيوي.

التقنيات التي تتضمن أحد أنواع الترسيب الابتدائي (المذكورة أعلاه) لا تحتاج إلى حَوْض ترسيب منفصل، ومع ذلك تتطلب العديد من تقنيات المُعالجة إزالةً تمهيدية للمواد الصلبة لكي تعمل بشكل صحيح.

على الرغم من أن إنشاء خزَّان الترسيب الابتدائي -غالبًا ما- يتم التغاضي عنه في محطات مُعالجة الحمأة المُنشطة، لكنَّهُ مُهم بالنسبة للتقنيات التي تستخدم مواد للترشيح. ويُمكن أيضًا أن يتم تركيب أحواض الترسيب كأحواض لتخزين مياه الأمطار لإزالة جزء من المواد الصلبة العضوية التي -من غير ذلك- كان سيتم تصريفها مُباشرة في البيئة.

الجوانب الصِّحية / القبول لمنع انبعاث الغازات المسببة للرائحة فإنه من الضروري إزالة الحمأة باستمرار. ويجب التعامل مع الحمأة والخبث الطَّافي (الزَبَد) بعناية؛ لأنهما يحتويان على مستويات عالية من الكائنات الحية المُسببة للأمراض؛ حيث يحتاجان إلى مزيد من المُعالجة والتخلص المُناسب. وارتداء الملابس الواقية المُناسبة أمر ضروري للعمال الذين قد يقومون بالتعامل المباشر مع التدفقات السائلة الخارجة (المُعالجة) والخبث أو الحمأة.

التشغيل والصيانة الإزالة المُنتظمة للحمأة ضرورية؛ لمنع ظهور ظروف التخمير أو التعفن (التحلل اللاهوائي) وتجميع الغازات وصعودها الأمر الذي يؤدي إلى إعاقة عملية الترسيب عن طريق إعادة رفع جزء من المواد الصلبة العالقة التي تم ترسيبها. ويصعب إزالة الحمأة التي انتقلت إلى السطح بواسطة فقاعات الغازات المُتكونة وقد تمر إلى مرحلة المُعالجة التالية. الإزالة المستمرة للخبث، والمُعالجة/التخلص منه بطريقة مناسبة، سواء مع الحمأة أو بصورة منفصلة عنها هو أمر ضروري جدًّا.

الإيجابيات والسلبيات

+ تقنية بسيطة ومتينة.
+ إزالة فَعَّالة للعوالق.
+ تكاليف رأس المال والتشغيل مُنخفضة نسبيًّا.
- يتطلب إزالة للحمأة باستمرار.
- تتطلب التدفقات السائلة الخارجة، والحمأة، والخبث مزيدًا من المُعالجة.
- القصر (اختصار المياه لمسارها في الحَوْض) يُمكن أن يُسَبِّب مشكلة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ موجن هينز وآخرون (2008). *المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي*، المبادئ وأعمال النمذجة والتصميم، الجمعية الدولية للمياه IWA.

_ منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي للشرق الأوسط (2004). *إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة*، عمان، الاردن.

مراجع إنجليزية:

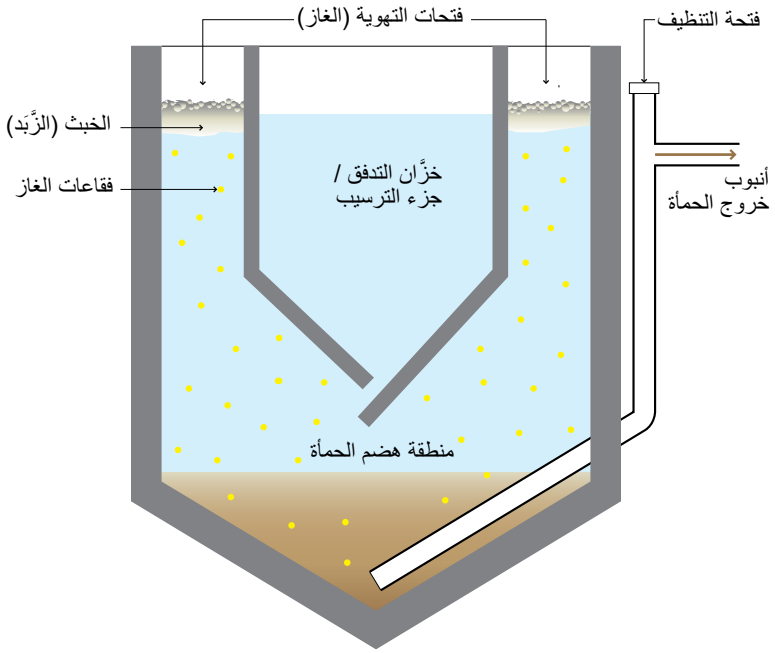
_ EPA Ireland (1997). *Waste Water Treatment Manuals – Primary, Secondary and Tertiary Treatment.* Wexford, IE. Available at: www.epa.ie

_ Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse,* Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US.

حَوْض إمْهُوف

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** المياه السوداء المياه البُنِّية المياه الرمادية
المنزل	المنزلي	
الحي السكني ★	مشترك	**المُخرَجات:** النفايات السائلة الحمأة
المدينة ★★	عام ★★	



يُعتبر حَوْض إمْهُوف Imhoff Tank تقنية للمُعالجة الابتدائية لمياه الصرف الصحي الخام وهي تقنية مُصممة لفصل المواد الصُّلبة عن السوائل، وهضم الحمأة المُترسبة، ويتكون حَوْض إمْهُوف من جزء ترسيب على شكل حرف V (قاعه مائل بدرجة كبيرة) فوق حجرة لتجميع وهضم الحمأة مع جزء لتنفيس الغاز.

حَوْض امهوف هو حوض ترسيب قوي وفعَّال حيث يخفض العوالق بنسبة ما بين 50 إلى 70% ويخفض الاحتياج الكيميائي للأكسجين COD ما بين 25 إلى 50%، ويؤدي إلى تثبيت الحمأة بشكل جيد، وهذا يعتمد على التصميم والظروف المحيطة. الجزء الخاص بالترسيب له شكل دائري أو مستطيل ذو جدران على شكل حرف V، وفتحة في الجزء السُفلي؛ مما يسمح للمواد الصلبة بالترسب والاستقرار في الجزء الخاص بالهضم ويَمنع الغاز من الارتفاع لأعلى وعمل اضطراب لعملية الترسيب. والغاز المُنتج في حُجرة الهضم يرتفع إلى فتحات الغاز على حافة المُفاعل، حيث يقوم بنقل جُزيئات الحمأة إلى سطح الماء مُكونًا طبقة من الخبث (الزَبَد). وتتراكم الرواسب في حُجرة هضم الحمأة، ويتم ضغطها وتثبيتها جُزئيًّا من خلال الهضم اللاهوائي.

اعتبارات التصميم يتم بناء حَوْض إمْهُوف -عادةً- تحت الأرض بالخرسانة المُسلحة، ويُمكن أيضًا أن يُبنى فوق سطح الأرض، مما يجعل إزالة الحمأة أسهل بسبب الجاذبية، ولكنه في هذه الحالة يحتاج إلى ضَخ التدفقات السائلة الداخلة إليه Influent من أعلى، ويَتوفر أيضًا في السوق أحواض إمْهُوف صغيرة مُجهزة سابقًا. زمن البقاء الهيدروليكي Hydraulic Retention Time (HRT) في العادة لا يكون أكثر من 2 إلى 4 ساعات للحفاظ على مياه التدفقات السائلة الخارجة بخصائص هوائية Aerobic Effluent مناسبة للمُعالجة التالية أو للتصريف. وتوضع أنابيب على شكل حرف T أو حواجز على مدخل ومخرج الحَوْض لخفض سرعة الماء الداخل ولمنع الخبث (الزَبَد) من مغادرة نظام المُعالجة. ويبلغ العمق الكلي للماء في الحَوْض من الأسفل إلى سطح الماء من 7 إلى 9.5 متر. والجزء السُفلي من جزء الترسيب عادة ما يكون ذا ميل رأسي من 1.25 إلى 1.75، وميل أفقي 1، وفتحة المدخل يُمكن أن تتراوح من 150 إلى 300 ملليمتر. ويجب أن تكون جُدران حُجرة هضم الحمأة مائلة بدرجة 45° أو أكثر، وهذا يَسمح للحمأة أن تنزلق إلى المركز حيث يُمكن إزالتها. أبعاد حُجرة الهضم اللاهوائي تعتمد في الأساس على معدل إنتاج الحمأة بالنسبة للتعداد السُكاني، وعلى درجة التثبيت المُستهدفة للحمأة (المُرتبطة بالمُعدل الدوري لإزالة الحمأة) ودرجة الحرارة. وتُصمم السعة التخزينية لحُجرة هضم الحمأة لمدة تتراوح من 4 أشهر إلى 12 شهرًا، وذلك للسماح بالهضم اللاهوائي الكافي. وفي المُناخات الباردة تحتاج الحمأة لزمن بقاء أطول، وبالتالي هناك حاجة إلى حجم أكبر للحَوْض. ولإزالة الحمأة يجب أن يتم تركيب أنبوب ومَضخة لسحب الحمأة من الحَوْض، أو السماح لشاحنات الشفط والمَضخات المُتنقلة بأداء هذه المهمة. ولمنع المواد كبيرة الحجم من التأثير على نظام المُعالجة فإنه يُنصح باستخدام مصفاة

قضبانية أوغُرفة حجز الحصى Grit Chamber (انظر "المُعالجة اللاحقة"، صفحة 100) قَبل حَوْض إمْهُوف.

المُلاءَمَة يُنصح باستخدام أحواض إمْهُوف لتدفقات مياه الصرف المنزلية أو المُختلطة لتعدادات سكانية تبلغ ما بين 50 إلى 20 ألف نسمة، وهي قادرة على مُعالجة أحمال عضوية عالية، وتكون مُقاومة أيضًا للأحمال العضوية المفاجئة. ومتطلبات المساحة لأحواض إمْهُوف صغيرة، ويمكن استخدامها في المناخات الدافئة والباردة. ولأن الحَوْض مُرتفع جدًّا فيُمكن أن يُبنى تحت الأرض إذا كان منسوب المياه الجوفية مُنخفضًا والموقع ليس من المناطق المُعرَّضة للفيضانات.

الجوانب الصحية / القبول بما أن التدفقات السائلة الخارجة عديمة الرائحة تقريبًا، فإن حَوْض إمْهُوف يُعتبر خيارًا جيدًا للمُعالجة الابتدائية إذا كانت هُناك مُعالجة أخرى بعد ذلك، على سبيل المثال: في البِرَك المفتوحة، أو الأراضي الرطبة المُنشأة، أو المُرشِّحات بالتنقيط. ويُمكن للغازات المُنتجة بكميات مُنخفضة أن تُولِّد روائح غير مرغوبة. وإزالة حَوْض إمْهُوف لمُسببات الأمراض محدودة جدًّا، ويجب أن تُعالج جميع مُخرجات الحَوْض بشكل آمن، ويجب على العُمَّال الذين يتعاملون بشكل مُباشر مع التدفقات السائلة الخارجة، أو الخبث (الزَبَد)، أو الحمأة أن يرتدوا الملابس الواقية المُناسبة.

التشغيل والصيانة تكلفة التشغيل والصيانة لهذا النظام مُنخفضة إذا كان القائمون على ذلك مُدرَّبين جيدًا. ومسارات التدفُّق يجب أن تَبقى مفتوحة، وتُنظَّف أسبوعيًّا، في حين أن الخبث (الزَبَد) في جزء الترسيب وفتحات التهوية لا بد من إزالتها يوميًّا إذا لزم الأمر. والحمأة المُثبتة في قاع حُجرة الهضم يجب إزالتها وفقًا للتصميم المطبق. ويجب التأكُّد طوال الوقت من وجود 50 سم على الأقل تفصل بين الحمأة المترسبة وفتحة جزء الترسيب.

الإيجابيات والسلبيات

+ يتم الجمع بين فصل المواد الصُّلبة عن السوائل وتثبيت الحمأة في وحدة واحدة.
+ مقاوم ضد الأحمال العضوية المفاجئة.
+ يتطلب مساحة أرض صغيرة.
+ التدفقات السائلة الخارجة منها ليست عفنة (برائحة منخفضة).
+ تكاليف التشغيل مُنخفضة.
- البِنية التحتية تكون عالية (أو عميقة) جدًّا؛ العمق قد يكون مشكلة في حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية.
- يتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- تخفيض محدود لمُسببات الأمراض.
- التدفقات السائلة الخارجة، والحمأة، والخبث (الزَبَد) يتطلبون مزيدًا من المُعالجة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ محمد عزيزي وفاطمة جعارة (2010). *مقرر محطات معالجة مياه الصرف الصحي*، سوريا.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة*، سوريا.

_ برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

_ غسان حداد وجورج زهر (2001). *ترجمة كتاب كارل إمهوف: الوجيز في الصرف الصحي في المدن*، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر.

مراجع إنجليزية:

_ McLean, R. C. (2009). *Honduras Wastewater Treatment: Chemically Enhanced Primary Treatment and Sustainable Secondary Treatment Technologies for Use with Imhoff Tanks.* Master thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, US.

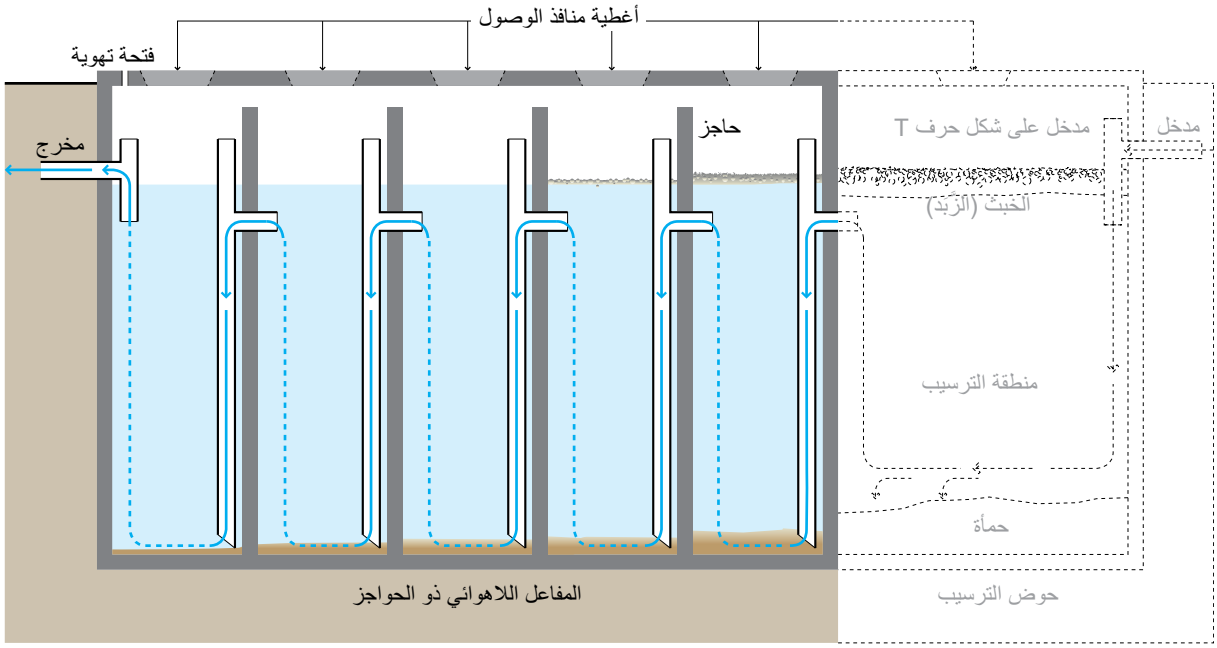
_ Herrera, A. (2006). *Rehabilitation of the Imhoff Tank Treatment Plant in Las Vegas, Santa Barbara Honduras, Central America.* Master thesis, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Texas, Austin, US.

_ Alexandre, O., Boutin, C., Duchène, Ph., Lagrange, C., Lakel, A., Liénard, A. and Orditz, D. (1998). *Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités*. Document technique FNDAE n°22, Cemagref, Lyon, FR. Available at: www.fndae.fr

المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** التدفقات السائلة الخارجة
★ المنزل	★ منزلي	المياه السوداء المياه البُنِّية المياه الرمادية
★★ الحي السكني	★★ مشترك	**المُخرجات:** التدفقات السائلة الخارجة الحمأة
المدينة	★★ عام	



المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز Anaerobic Baffled Reactor (ABR) هو عبارة عن خزَّان تحليل (تخمير) مُعدّل (ج.9)، وذلك بإضافة مجموعة من الحواجز المُتتالية التي تتدفق عبرها مياه الصرف الصحي؛ حيث إن وجود الحواجز يؤدي إلى زيادة زمن التلامس مع الكتلة الحيوية النشطة (الحمأة) مما يؤدي إلى تحسين المعالجة.

تؤدي غُرف تدفق مياه الصرف الصحي من أسفل إلى أعلى إلى تحسين عمليتي إزالة وهضم المواد العضوية؛ حيث يقل الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD بنسبة قد تصل إلى 90%، وذلك أفضل بكثير من إزالة وهضم المواد العضوية باستخدام خزَّان التحليل (التخمير) التقليدي Septic Tank.

اعتبارات التصميم تتم إزالة مُعظم المواد الصلبة القابلة للترسب في غُرفة الترسيب الموجودة في المرحلة الأولى من المُفاعل اللاهوائي ذي الحواجز. كما أن هناك وحدات قائمة بذاتها على نطاقٍ صغير لديها غُرفة ترسيب مُتكاملة كما هو مُوضّح في (ج.10)، لكن عملية الترسيب الأولية يُمكن أن تتم أيضًا في حَوْض ترسيب مُنفصل (م.1) أو عن طريق استخدام تقنية أخرى كمرحلة أولية (على سبيل المثال: خزّانات التحليل (التخمير) Septic Tanks). والتصاميم التي لا يوجد بها غُرفة ترسيب تُعتبر ذات أهمية خاصة في محطات المعالجة (شبه) المركزية التي تجمع المُفاعل اللاهوائي ذا الحواجز مع تقنية أخرى مُستخدمة في عملية الترسيب الأولية، أوحيثُ تُستخدم وحدات مُصنعة سابقًا خاصة لذلك.

عادة ما تتراوح التدفقات ما بين 2 إلى 200 متر مُكعّب في اليوم. وتشتمل عوامل التصميم الضرورية على: زمن البقاء الهيدروليكي Hydraulic Retention Time (HRT) ويكون ما بين 48 إلى 72 ساعة، وتكون سُرعة التدفق من أسفل إلى أعلى لمياه الصرف الصحي أقل من 0.6 متر/ساعة. تحتوي غُرف التدفق لأعلى (الغُرف ما بين الحواجز) على عدد من الغُرف يتراوح ما بين 3 إلى 6، والاتّصال بين الغرف يُمكن تصميمه إمَّا عن طريق حواجز أو أنابيب رأسية. ويُعتبر سهولة الوصول إلى كُل الغُرَف (من خلال فتحات مُخصصة لذلك) أمرًا ضروريًّا من أجل عملية الصيانة. ولا يتم - عادةً - جمع الغاز الحيوي المُنتَج من المُفاعل اللاهوائي ذي الحواجز خلال عملية الهضم اللاهوائي بسبب كميته القليلة، وبالتالي يجب تهوية الخزَّان للسماح بتحرير الروائح والغازات الضارة المُحتملة إلى الخارج بصورة متحكم فيها.

المُلاءَمة من السهل تكييف هذه التقنية ويُمكن تطبيقها على المستوى المنزلي في الأحياء الصغيرة أو حتى في المناطق التي يُوجد بها تجمعات كبيرة، وهي مُلائمة جدًّا عند إنتاج كمية ثابتة نسبيًّا من المياه السوداء والمياه البُنّية. ويكون المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز) شبه (المركزي هو الخيار الأفضل عندما تسبقه تقنية لنقل مياه الصرف الصحي مثل شبكة الصرف الصحي البسيطة (ن.4).

هذه التقنية مناسبة جدًّا للمناطق التي تكون مساحات الأراضي المتاحة بها محدودة، حيث يتم عادة بناء الخزَّان تحت الأرض ويتطلب مساحة صغيرة. ومع ذلك فإنَّ شاحنة الشفط يجب أن تكون قادرة على الدخول إلى تلك المنطقة؛ لأنه يجب إزالة الحمأة بشكل منتظم (خصوصًا من حَوْض الترسيب).
يُمكن تركيب المُفاعل اللاهوائي ذي الحواجز في جميع الظروف المناخية على الرغم من أن الكفاءة تكون أقل في المناطق ذات المناخ البارد، كما أنه ليس فعَّالًا في إزالة المغذيات ومُسببات الأمراض من مياه الصرف الصحي. وعادةً ما تتطلب التدفقات السائلة الخارجة مزيدًا من عمليات المُعالجة.

الجوانب الصحية / القبول يجب ألا يتعامل المُستخدمون بشكل مُباشر مع التدفقات السائلة الداخلة أوالخارجة تحت ظروف التشغيل العادية. ويجب التعامل بحذر مع التدفقات السائلة الخارجة والخبث (الزَّبَد) والحمأة؛ حيثُ إنَّها تحتوي على الكائنات الحية المُسببة للأمراض بمُستويات عالية. وتحتوي التدفقات السائلة الخارجة على مُرَكّبات لها رائحة قد تتطلب إزالتها في مرحلة أخرى إضافية. وينبغي الحرص عند تصميم وتحديد موقع المُنشأة بحيث لا تُزعِج هذه الروائح أفراد المجتمع.

التشغيل والصيانة يتطلب المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز فترة بدء التشغيل لعدة أشهر حتى يصل المُفاعل إلى المرحلة التي يُمكنه فيها المعالجة بكامل قدرته؛ وذلك بسبب بُطء نُمُو الكُتلة الحيوية اللاهوائية التي تحتاج أن تثبت أولًا في المُفاعل. ولتقليل فترة بدء التشغيل؛ فإنَّ المُفاعل اللاهوائي ذا الحواجز يُمكن أن يُلقَّح بالبكتيريا اللاهوائية، على سبيل المثال: إضافة روث البقر الجديد (الرطب) أو حمأة خزَّان التحليل (التخمير).
وهكذا يُمكن للكمية المضافة من البكتيريا النَّشطة أن تتكاثر وتتكيف مع مياه الصرف الصحي الداخلة. وبسبب البِيئة الحيوية الحساسة؛ فإنَّه ينبغي الحرص على عدم وصول المواد الكيميائية القاسية وصعبة المُعالجة إلى المُفاعل اللاهوائي ذي الحواجز.
يجب مُراقبة مستويات الحمأة والخبث (الزَّبَد) لضمان عمل الخزّان بشكل جيد، ولا يتطلب هذا النظام عمليات تشغيل؛ لأنه نظام ثابت وبسيط، والصيانة تكون مُقتصرة على إزالة الحمأة المُتراكمة على فترات تتراوح ما بين عام إلى ثلاثة أعوام. ويتم تنفيذ ذلك بشكل أفضل باستخدام تقنية التفريغ والنقل بواسطة المحركات (ن.3). تعتمد أوقات عملية إزالة الحمأة على خطوات المعالجة السابقة المُختارة وكذلك على تصميم المُفاعل ذي الحواجز اللاهوائية.
ويجب فحص الخزَّانات الخاصة بالمُفاعل من وقت إلى آخر لضمان كونها معزولة -غير مُنفّذة للمياه-.

الإيجابيات والسلبيات
+ مُقاوم للأحمال العضوية والهيدروليكية المفاجئة.
+ لا يتطلب طاقة كهربائية.
+ تكاليف التشغيل مُنخفضة.
+ يمتاز بطول مُدة الخِدمة.
+ يُخفض الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD بشكل كبير.
+ إنتاج مُنخفض للحمأة، بالإضافة الي تثبيت الحمأة.
+ لا يتطلب مساحة كبيرة (حيث يُمكن بناء النظام تحت الأرض).
- يتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- قابليته على تخفيض المغذيات ومُسببات الأمراض قليلة.
- النفايات السائلة الخارجة والحمأة تتطلب مزيدًا من المُعالجة و/أو التخلّص بشكل مُناسب.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ باسم محمد على علوي وفضل على صالح (2014). *تقييم كفاءة المراحل البيولوجية في محطة حجة في إزالة المواد العضوية من مياه الصرف*، اليمن.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة*، سوريا.

_ موجن هينز وآخرون (2008). *المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى، المبادئ وأعمال النمذجة والتصميم*، الجمعية الدولية للمياه IWA.

مراجع إنجليزية:

_ Foxon, K. M., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F. and Buckley, C. A. (2004). *The Anaerobic Baffled Reactor (ABR): An Appropriate Technology for on-Site Sanitation.* Water SA 30 (5) (Special Edition). Available at: www.wrc.org.za

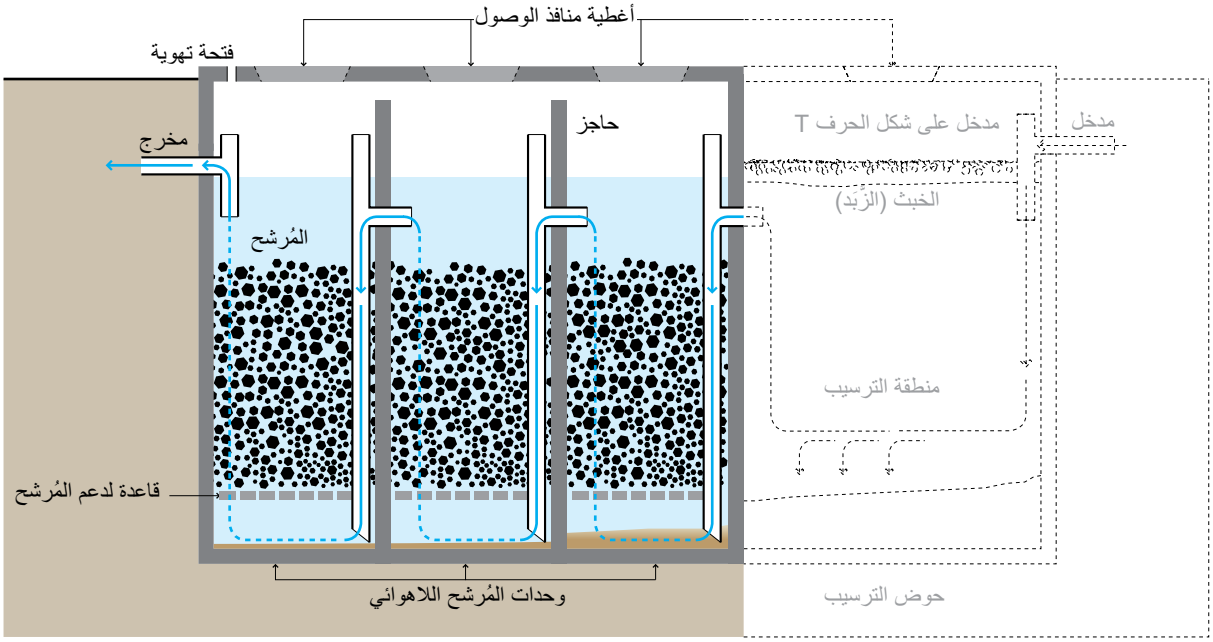
_ Stuckey, D. C. (2010). *Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment.* In: Environmental Anaerobic Technology. Applications and New Developments, H. H. P. Fang (Ed.), Imperial College Press, London, UK.

_ Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide.* WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.

المُرشح اللاهوائي

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** التدفقات السائلة الخارجة
★ المنزل	★ منزلي	المياه السوداء المياه البُنِّية المياه الرمادية
★★ الحي السكني	★★ مشترك	**المُخرجات:** التدفقات السائلة الخارجة الحمأة
المدينة	★★ عام	



المُرشِّح اللاهوائي Anaerobic Filter هو عبارة عن مُفاعل حيوي ذي قاعدة ترشيح ثابتة Fixed-bed Biological Reactor مع غُرفة واحدة أو أكثر للترشيح على التوالي. عندما تتدفق مياه الصرف الصحي خلال المُرشِّح فإن الكتلة الحيوية النشطة العالقة على سطح مواد المُرشِّح تقوم بامتصاص الجسيمات وتُحلل المواد العضوية.

يمكن - بواسطة هذه التقنية - إزالة المواد الصلبة العالقة وتخفيض الاحتياج الحيوي للأكسجين بنسبة تصل إلى 90%، ولكنها عادة ما تكون بين 50% و 80%. كما أن إزالة النيتروجين تكون محدودة وعادة لا تتخطى نسبة 15% من النيتروجين الكلي (TN).

اعتبارات التصميم تُعتبر عمليات المعالجة الأولية والابتدائية ضرورية لإزالة المواد الصلبة والقمامة التي قد تسُد مسام المُرشِّح. تتم إزالة معظم الرواسب الصلبة في غُرفة الترسيب الأمامية للمُرشِّح اللاهوائي. وتحتوي الوحدات الصغيرة القائمة بذاتها على غُرفة ترسيب مُدمجة، ولكن يمكن أن تتم عملية الترسيب الأولية في حَوْض ترسيب ابتدائي منفصل (م.1) أو في تقنية أخرى سابقة (مثل خزَّانات التحليل (التخمير) Septic Tanks). التصميمات التي لا تحتوي على غُرفة ترسيب مُدمجة - كما هو الحال في (ج.11) - تُعتبر ذات أهمية خاصة لمحطات المعالجة (شبه) المركزية التي تجمع المُرشِّح اللاهوائي مع تقنيات أخرى مثل المُفاعل اللاهوائي ذي الحواجز (م.3).

يتم تشغيل المُرشِّحات اللاهوائية عادة بنظام التدفق إلى الأعلى (العلوي)؛ لتجنب خطر نزح الكتلة الحيوية الثابتة للخارج. ويجب أن يرتفع منسوب المياه فوق المُرشِّح بحوالي 0.3 متر على الأقل لضمان تدفق متجانس. ويُعتبر زمن البقاء الهيدروليكي Hydraulic Retention Time (HRT) هو أهم محددات التصميم تأثيرًا على أداء المُرشِّح، ويوصى بأن يكون من 12 إلى 36 ساعة.

المُرشِّح المثالي ينبغي أن تكون مساحة سطح جزيئاته كبيرة لنمو البكتيريا، وبمسامات واسعة بما فيه الكفاية لمنع الانسدادات. وتضمن المساحة السطحية الكبيرة للجزيئات زيادة التلامس بين المادة العضوية والكتلة الحيوية العالقة مما يجعلها تتحلل بكفاءة. وينبغي أن توفر مادة المُرشِّح - في الحالة المثالية - ما بين 90 إلى 300 متر مربع من المساحة السطحية لكل متر مكعب من الحجم المملوء من المُفاعل، وتتراوح أقطار مادة المُرشِّح المثالية ما بين 12 إلى 55 ملليمتر. تتضمن المواد الشائعة الاستخدام في المُرشِّحات: الحصى، أو الصخور المجروشة، أو الطوب المجروش، أو الجمر، أو الحجر الاسفنجي (حجر الخُفَّان)، أو قطع البلاستيك المصنعة خصيصًا لهذا الغرض، وهذا يعتمد على ما هو متوافر محليًّا. ويُمكن تصميم الوصلات بين الغرف باستخدام الأنابيب الرأسية أو الحواجز. كما أن إمكانية الوصول لكل الغُرف - عبر فتحات الوصول - ضرورية للصيانة. ويجب تهوية الخزَّان بطريقة مُحكمة للسماح بخروج الروائح والغازات الضارة.

المُلاءَمَة هذه التقنية سهلة التطبيق ويمكن استخدامها على مستوى المنزل في الأحياء السكنية الصغيرة أو المُجمّعات السكنية الكبيرة. وتُعتبر هذه التقنية مناسبة جدًّا في حالة وجود كميات ثابتة من المياه السوداء والمياه الرمادية. ويمكن استخدام المُرشِّح اللاهوائي للمعالجة الثانوية؛ لتقليل معدلات الحِمل العضوي من أجل المعالجة الهوائية اللاحقة، أو للتخلص التام من الحِمل العضوي.
تُعتبر هذه التقنية مناسبة لمساحات الأراضي المحدودة لأن الخزَّان يتم بناؤه تحت الأرض غالبًا ويتطلب مساحة صغيرة. ويجب مراعاة إمكانية وصول شاحنات الشفط إلى موقع الخزَّان لإزالة الحمأة.
يمكن إنشاء المُرشِّحات اللاهوائية في أي مناخ، ولكن الكفاءة ستكون أقل في المناخات الباردة. كما أنها ليست فعالة في إزالة المغذيات ومسببات الأمراض. واعتمادًا على مادة المُرشِّح يمكن تحقيق الإزالة الكاملة لبويضات الديدان. وعادة ما تتطلب التدفقات السائلة الخارجة من المُرشِّح المزيد من المعالجة.

الجوانب الصحية / القبول يجب ألا يتعامل المُستخدمون بشكل مُباشر مع التدفقات السائلة الداخلة والخارجة تحت ظروف التشغيل العادية؛ فيجب التعامل بحذر مع التدفقات السائلة الخارجة والخبث (الزَّبَد) والحمأة؛ حيثُ إنَّها تحتوي على مُستويات عالية من الكائنات الحية المُسببة للأمراض. وتحتوي التدفقات السائلة الخارجة على مُرَكّبات لها رائحة قد تتطلب إزالتها في مرحلة أخرى إضافية. وينبغي الحرص عند تصميم وتحديد موقع المُنشأة بحيث لا تُزعِج هذه الروائح أفراد المجتمع.

التشغيل والصيانة يتطلب المُرشِّح اللاهوائي فترة بدء تشغيل من ستة إلى تسعة أشهر حتى يصل إلى المرحلة التي يُمكنه فيها المعالجة بكامل قدرته؛ وذلك بسبب بُطء نُمُو الكُتلة الحيوية اللاهوائية التي تحتاج أن تثبُت أولًا على مادة المُرشِّح. ولتقليل فترة بدء التشغيل؛ فإنَّ المُرشِّح يُمكن أن يُلقَّح بالبكتيريا اللاهوائية، على سبيل المثال: رش حمأة من خزَّان التحليل (التخمير) على مادة المُرشِّح، كما ينبغي زيادة التدفق بالتدريج مع مرور الوقت. وبسبب البِيئة الحساسة؛ فإنَّه ينبغي الحرص على عدم وصول المواد الكيميائية القاسية وصعبة المُعالجة في المُرشِّح اللاهوائي.
يجب مُراقبة مستويات الحمأة والخبث (الزَّبَد) لضمان عمل الخزّان بشكل جيد، فمع مرور الوقت فإن المواد الصلبة سوف تَسُد مسام المُرشِّح، كما ستنمو أيضًا الكتلة البكتيرية لتصبح سميكة جدًّا وتنفصل وتَسُد المسام. ويجب تنظيف المُرشِّح عندما تقل كفاءته، ويتم ذلك عن طريق تشغيل النظام في الوضع العكسي (الغسيل العكسي) أو عن طريق إزالة مادة المُرشِّح وتنظيفها.
ويجب فحص الخزَّانات الخاصة بالمُرشِّح اللاهوائي من وقت إلى آخر لضمان كونها معزولة -غير مُنفذة للمياه-.

الإيجابيات والسلبيات

+ لا يتطلب طاقة كهربية.
+ تكاليف التشغيل مُنخفضة.
+ يُقدِّم خدمة طويلة الأمد.
+ يُخفض الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD بشكل كبير.
+ إنتاج مُنخفض للحمأة، بالإضافة إلى تثبيت الحمأة.
+ يتطلب مساحة متوسطة (حيث يُمكن بناء النظام تحت الأرض).
- يتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- قابليته لتخفيض المغذيات ومُسببات الأمراض قليلة.
- التدفقات السائلة الخارجة والحمأة تتطلب مزيدًا من المُعالجة و/أو التخلّص بشكل مُناسب.
- يتعرض لخطر الانسداد، وذلك اعتمادًا على المعالجة الأولية والابتدائية.
- تعتبر عملية إزالة وغسيل مادة المُرشِّح المسدود مُرهقة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *مدخل إلى حَوْض التحليل الصحي*، جدة، المملكة العربية السعودية.

_ الجمعية العلمية الملكية (2007). *الدليل الإرشادى لإدارة المياه الرمادية على مستوى المنزل في التجمعات السكنية الصغيرة في البادية الشمالية الشرقية*، الأردن.

_ برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن.

مراجع إنجليزية:

_ Morel, A. and Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Available at: www.sandec.ch

_ von Sperling, M. and de Lemos Chernicharo, C. A. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions*, Volume One. IWA Publishing, London, UK. pp. 728-804.
Available at: www.iwawaterwiki.org

بِرَك تثبيت المخلفات السائلة (الأكسدة)

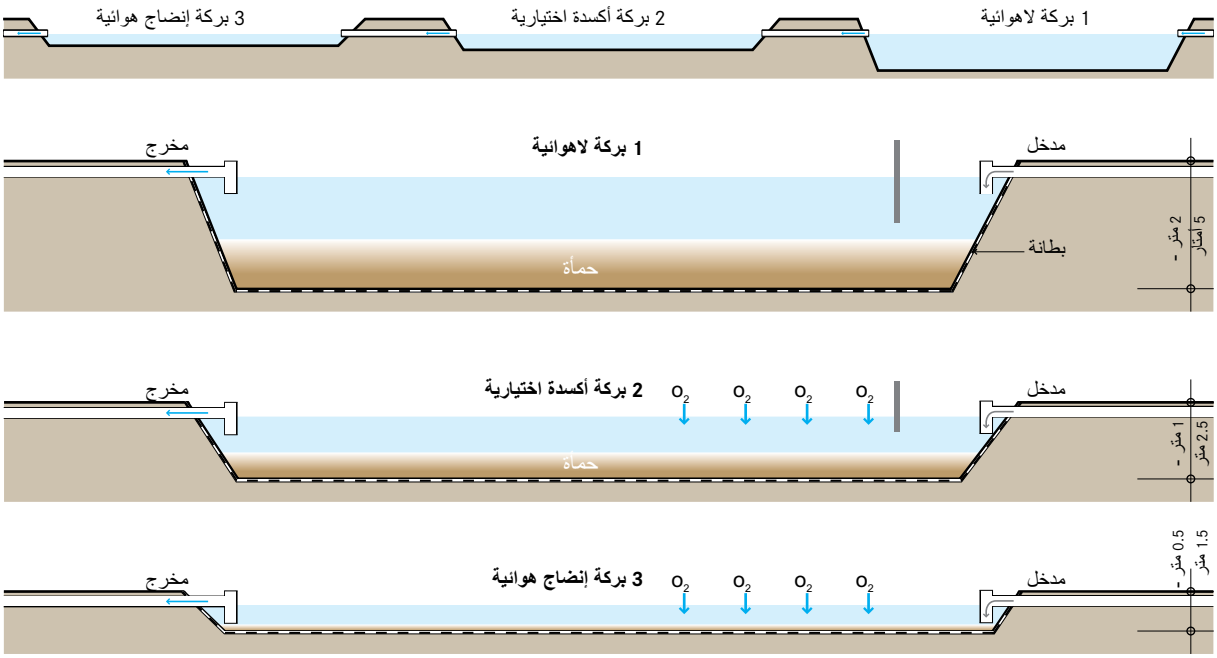
قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:
- المنزل
- ★ الحي السكني
- ★★ المدينة

مستوى الإدارة:
- منزلي
- ★ مشترك
- ★★ عام

المُدخلات: المياه السوداء، المياه البُنِّية، المياه الرمادية (الحمأة)

المُخرجات: التدفقات السائلة الخارجة، الحمأة



بِـرَك تثبيت المُخلّفات السـائلة (الأكسـدة) Waste Stabilization Ponds هي مُسـطّحات مائية كبيرة من صُنع الإنسـان. يُمكن استخدام البِـرَك بشـكل مُنفـرد، أو تكـون مُتصلـة على هيئة سلسـلة لتحسـين عمليـة المُعالجـة. هُناك ثلاثة أنواع مـن البِرَك: (1) البِـرَك اللاهوائية Anaerobic، (2) بِـرَك الأكسـدة الاختياريـة (الهوائية - اللاهوائية) Facultative (3) البِـرَك الهوائية (الإنضاج Maturation)، ولكُل منها خصائـص مُختلفة مُتعلّقة بالتصميـم والمُعالجة.

لمُعالجة أكثر فعالية، فإنَّ بِرَك تثبيت المُخلّفات السـائلة (الأكسـدة) يجـب أن تكـون مُتّصلـة فـي سلسـلة مـن ثـلاث بِـرَك أوأكثر، حيـث تتدفـق المياه مـن البركـة اللاهوائية إلـى بركـة المُعالجة الاختياريـة، وفي النهاية إلـى البركة الهوائيـة. البركة اللاهوائية هـي مرحلـة المُعالجة الابتدائيـة والتي تُقلل الحِمـل العضوي في ميـاة الصـرف، والعُمق بكاملـه لهذه البركة العميقـة -إلى حد ما- يكـون لا هوائيًّا؛ وتحدث إزالة المواد الصلبـة والاحتياج الحيوي للأكسـجين BOD بواسـطة الترسـيب ومن خلال عمليـة الهضم اللاهوائـي داخـل الحمـأة؛ البكتيريـا اللاهوائية تُحـوِّل الكربون العضـوي إلى غـاز الميثـان، ومن خلال هـذه العملية يتـم إزالة مـا يصل إلـى 60% من الاحتيـاج الحيوي للأكسـجين BOD.

في سلسـلة بِـرَك تثبيـت المُخلّفات السـائلة (الأكسـدة) المُتتابعة، فـإنَّ التدفقات السـائلة الخارجة مـن البِركة اللاهوائيـة تنتقل إلى بركـة المُعالجـة الاختياريـة (الهوائيـة - اللاهوائيـة)، حيـث يتم إزالـة المزيـد من الاحتيـاج الحيوي للأكسـجين BOD. تسـتقبل الطبقـة العليـا مـن البِركـة الأكسـجين مـن: الانتشـار الطبيعي للهـواء، واختـلاط الريـاح مع الميـاه، وناتـج التمثيـل الضوئي للطحالـب. والطبقـة السـفلية تكـون محرومـة مـن الأكسـجين وبالتالـي تصبح لاأكسـجينية أو لاهوائية. وتتراكـم المواد الصلبة القابلة للترسـيب فـي القاع؛ حيث يتـم هضمهـا. والكائنات الحية الهوائيـة واللاهوائيـة تعمـل معًـا لتحقيـق انخفـاض في نسـب الاحتيـاج الحيـوي للأكسـجين BOD قـد يصل إلـى 75%.

البـرك اللاهوائيـة وبـرك المُعالجـة الاختيارية مُصمّمـة لإزالة الاحتيـاج الحيوي للأكسـجين BOD، في حين أنَّ البِـرَك الهوائية مُصمَّمـة لإزالـة مُسـببات الأمـراض. والبركة الهوائيـة عادةً ما يُشـار إليهـا ببركـة الإنضـاج، أو البركـة النهائية لأنَّها عـادةً ما تكـون الخطـوة النهائيـة في سلسـلة من بـرك المُعالجـة وتحقق المُسـتوى النهائـي مـن المُعالجة، وهي ليسـت عميقـة؛ لتضمن اختـراق ضـوء الشـمس لكامـل العُمق مـن أجل حـدوث عملية التمثيـل الضوئي. والتمثيـل الضَوئي للطحالب يُطلق الأُكسـجين إلـى الماء وأيضًـا في نفس الوقت يسـتهلك ثاني أُكسـيد الكربون الناتـج عـن عملية تنفـس البكتريـا. ولأنَّ التمثيـل الضوئي يعتمد على ضوء الشـمس، فإنَّ مُسـتويات الأُكسجين الذائب تكون أعلى أثنـاء النهـار وتقـل فـي الليـل. و يزيد الأُكسـجين الذائـب أيضًا بواسـطة اختلاط الريـاح الطبيعي مـع المياه.

اعتبـارات التصميم البِـرَك اللاهوائية يتم إنشـاؤها لعمق يتراوح مـن 2 إلـى 5 أمتـار، ولها مُـدة احتجـاز قصيرة نسـبيًّا تتراوح مـا بيـن يوم واحد إلى سـبعة أيَّـام. وبِـرَك المُعالجـة الاختيارية يجـب أن تَكـون مبنية لأعماق تتراوح بيـن 1 إلى 2.5 متر ولها

مُـدَّة احتجـاز ما بين 5 إلـى 30 يومًا. البِـرَك الهوائيـة عادةً ما تتـراوح مـا بيـن 0.5 إلى 1.5 متر فـي العمق، وإذا اسـتخدمت مدمجـةً مـع بِرَك الطحالـب و/أو تربية الأسـماك (أنظر س.9)، فهـذا النوع من البِـرَك يكون فعَّـالًا في إزالة معظـم النتيروجين والفوسـفور من التدفقات السـائلة الخارجة. مـن الناحية المثالية، فـإنَّ العديد من البِرَك الهوائية يُمكن إنشـاؤها علـى التوالي لِتُقدّمَ مُسـتوًى عـالٍ من إزالة مُسـببات الأمراض.

المُعالجـة الأوليـة (انظـر تقنيـات المُعالجـة الأوليـة، صفحـة 100) تُعتبـر أمـرًا ضروريًّا لمنـع تكوُّن الخبث الطافـي (الزَبَد) فـوق البـرك، ولمنع دخـول المزيد من المـواد الصلبـة والقمامة إلـى البِـرَك. ويجـب تبطين البِـرَك؛ لمنع رشـح وتسـرب المياه الموجـودة في البِركـة إلى الميـاه الجوفية عبر طبقـات الأرض. ويُمكـن عمـل البطانة الخاصـة بالبِركة من الطين، أو الأسـفلت، أو التربـة المدكوكـة، أو أي مـادة غيـر مُنفـذة للسـوائل. لحماية البِركة من الجريان السـطحي والانجـراف؛ فإنَّه يجب بناء حاجز واقٍ حـول البِركة باسـتخدام المـواد الناتجة عن عمليـات الحفر. كمـا يجب بنـاء الحاجز لضمـان إبقاء النـاس والحيوانـات بعيدًا عـن المنطقـة، ولحماية البِرَك مـن إلقاء القمامـة والمُلوثات فيها.

المُلاءَمَـة بِـرَك تثبيـت المخلفـات تقـع ضمـن الطـرق الأكثـر شـيوعًا وفعَاليـةً فـي مُعالجـة مياه الصـرف حول العالـم. وهي مُناسـبة خصيصًـا للمُجتمعـات الريفيـة وشـبه الحضريـة، التي لديها مسـاحات أرض كبيرة غير مُسـتخدمة، وتكون على مسـافة بعيـدة من المنازل والأماكن العامة. إلا أنها غير مناسـبة للأماكن شـديدة الكثافة السـكانية أو المناطـق الحضرية.

الجوانـب الصحيـة / القبول علـى الرغم من أن التدفقات السـائلة الخارجـة مـن البِـرَك الهوائيـة تحتـوي عامـة على نسـبة قليلة مـن مُسـببات الأمـراض، فإنَّـه لا ينبغـي بأي حال مـن الأحوال أن تُسـتخدم هـذه البِرَك للاسـتجمام (الاسـتخدامات الترفيهية) أو كمصـدر ماء مباشـر للاسـتهلاك أو الاسـتخدام المنزلي.

التشـغيل والصيانة يجـب إزالة الخبث (الزَبَـد) الذي يتراكم على سـطح البِركـة بانتظـام. كما يجـب أيضًا إزالـة النباتـات المائية (ذات الأوراق الكبيـرة) الموجـودة فـي البِركـة، حيـث إنهـا من الممكـن أن تقـدم للبعـوض بيئـةً مُناسـبة للتكاثر، كمـا أنها تمنع الضـوء من اختـراق الماء.

يجـب إزالـة الحمأة من البِرَك اللاهوائية تقريبًـا مرة كل عامين إلى خمسـة أعـوام حين تصل المـواد الصلبة المتراكمـة إلى ثلث حجم البِركـة. وتُعتبر عملية إزالـة الحمأة من بِـرَك المُعالجة الاختيارية نـادرة جدًّا، كمـا أن بِرَك الإنضاج (الهوائية) قلمـا تحتاج إلى إزالة الحمأة. ويُمكن إزالة الحمأة باسـتخدام مضخـة تفريغ (نزح) الحمأة المحمولـة علـى عوَّامة، أو باسـتخدام كاسـحة ميكانيكيـة في قاع البِركـة، أو عـن طريـق التجفيف وإزالـة الماء من البِركـة وإزالة الحمأة بواسـطة معـدة تحميل (لودر أمامـي، أو تركس).

الإيجابيات والسلبيات

+ مُقاومة للأحمال العضوية والهيدروليكية المفاجئة.
+ تخفيـض كبيـر للمواد الصلبـة، والاحتياج الحيوي للأكسـجين BOD، ومُسـببات الأمراض.
+ إزالة عالية للمُغذّيات إذا تم دمجها بالمزارع السمكية.
+ تكاليف التشغيل مُنخفضة.
+ لا تتطلب طاقة كهربائية.
+ لا تُوجـد مشـاكل حقيقيـة مـع الحشـرات أو الروائـح إذا تـم تصميمهـا وتشـغيلها بشـكل صحيـح.
- تتطلب مساحة أرض كبيرة.
- تكاليف رأس المال مُرتفعة اعتمادًا على أسعار الأراضي.
- تتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- تتطلب الحمأة عمليات إزالة ومُعالجة مُناسبة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الأولى، اللجنة الدولية للصليب الأحمر، جنيف، سويسرا.

_ موجن هينز وآخرون (2008). *المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى*، المبادئ وأعمال النمذجة والتصميم، الجمعية الدولية للمياه IWA.

_ منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي للشرق الأوسط (2004). *إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة*، عمان، الأردن.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

_ حسين عبد الرزاق الجزائري (1990). *برك تثبيت المخلفات السائلة*، منظمة الصحة العالمية.

مراجع إنجليزية:

_ von Sperling, M. (2007). *Waste Stabilisation Ponds. Biological Wastewater Treatment Series*, Volume Three. IWA Publishing, London, UK.
Available at: www.iwawaterwiki.org

_ Shilton, A. (Ed.) (2005). Pond *Treatment Technology. Integrated Environmental Technology Series, IWA Publishing*, London, UK.

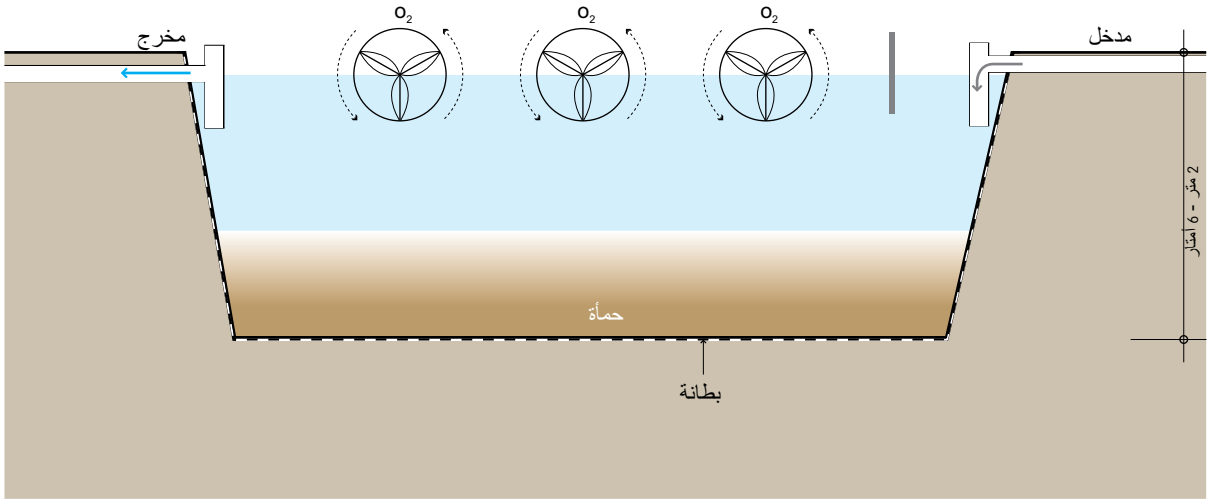
_ Kayombo, S., Mbwette, T. S. A., Katima, J. H. Y., Ladegaard, N. and Jorgensen, S. E. (2004). *Waste Stabilization Ponds and Constructed Wetlands Design Manual*. UNEP-IETC/Danida, Dar es Salaam, TZ/ Copenhagen, DK.
Available at: www.unep.org

البِركة المُهواة

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: التدفقات السائلة الخارجة
المنزل	منزلي	المياه السوداء المياه البُنِّية المياه الرمادية
★ الحي السكني	★ مشترك	**المُخرجات:** التدفقات السائلة الخارجة الحمأة
★★ المدينة	★★ عام	

إمداد الأكسجين عن طريق مراوح التهوية



البركة المُهوّاة Aerated Pond هي عبارة عن مُفاعل كبير للخلط الهوائي. تُزوّد أجهزة التهوية الميكانيكية المُفاعل بالأكسجين، وتُحافظ على الكائنات الحية الهوائية مُعلّقة ومُختلطة مع الماء؛ لتحقيق مُعدَّل عالٍ من التحلل العضوي.

زيادة الخلط والتهوية بواسطة الوحدات الميكانيكية في البِرَك المُهوّاة تعني أن البِرَك يُمكن أن تكون أعمق وتستطيع تحمّل أحمال عضوية أعلى بكثيرٍ من بركة الإنضاج. وزيادة التهوية تسمح بزيادة التحلل وزيادة إزالة مسببات الأمراض. كذلك، وبسبب أن الأكسجين يتم إدخاله عن طريق الوحدات الميكانيكية -وليس عن طريق التمثيل الضوئي- فإنه يُمكن للبِرَك أن تؤدي وظيفتها في المناخات الشمالية (حيث فترة النهار القصيرة).

اعتبارات التصميم التدفقات السائلة الداخلة Influent للبِرَك المُهوّاة يجب أن يتم تصفيتها، وتتم المُعالجة الأولية لها من أجل إزالة القمامة والجسيمات الكبيرة، والتي يمكن أن تعارض معدات التهوية. ولأن وحدات التهوية تَمزِج وتَخلِط محتويات البِركة، فإن البِرَك يجب أن تُتبَع بخزّانِ ترسيب التدفقاتِ السائلةِ الخارجةِ؛ وذلك لفصلها عن المواد الصلبة. اعتمادًا على هدف المُعالجة يَنبغي أن يتم إنشاء البِركة بعمقٍ يتراوح من 2 إلى 5 أمتار، ويجب أن يكون مدة احتجاز الماء بها من 3 إلى 20 يومًا.
لمنع التسريب (الرشح)؛ يجب أن تحتوي البِركة على بطانة عازلة، ويُمكن عمل البطانة الخاصة بالبِركة من الطين، أو الأسفلت، أو التربة المدكوكة، أو أي مادة غير مُنفذة للسوائل. ولحماية البِركة من الجريان السطحي والانجراف، فإنَّه يجب بناء حاجز واقٍ حول البِركة باستخدام المواد الناتجة عن عمليات الحفر.

المُلاءَمة يُمكن أن تُعالجَ البِركةُ المُهوّاة بطريقة ميكانيكية التدفقاتِ السائلةِ الداخلةَ عاليةَ التركيز بكفاءة عالية، وتُخفض بشكل كبير من مستويات مسببات الأمراض. ومن المهم للغاية أن تعمل خدمة الكهرباء بدون انقطاع، وأن تتوفر قطع الغيار لمنع الأعطال طويلة المدة والتي يُمكن أن تتسبب في تحويل البِركة إلى بركة لاهوائية نتيجة توقف الإمداد بالهواء.
يُمكن استخدام البِرك المُهوّاة في كلٍّ من البيئات الريفية وشبه الحضرية، وهي مُناسبة بصورة أكبر للمناطق التي تحتوي على مساحات كبيرة من الأراضي غير المُكلفة، والتي تقع بعيدًا عن المنازل ومناطق الأعمال. البِرَك المُهوّاة يُمكن أن تعمل في نطاق أوسع للمناخات من بِرَك تثبيت المخلفات السائلة (الأكسدة) (م.5) كما أن مُتطلبات المساحة تكون أصغر مُقارنة ببركة الإنضاج.

الجوانب الصحية / القبول البِركة هي مُحتوي شاسع من مياه الصرف المليئة بمُسببات الأمراض؛ لذلك يَجِب توخّي الحذر لضمان عدم تلامس أي أحد بالمياه أو أن يخوض فيها.

وحـدات التهويـة يُمكـن أن تُمثِّـل خطـورة علـى الأفـراد والحيوانـات؛ لـذا فـإنَّ الحواجـز، أو اللافتـات التحذيريـة، أو غيرهـا مـن الإجـراءات ينبغـي أن يتـم اتخاذها لمنـع الدخول إلـى تلـك المنطقة.

التشـغيل والصيانـة تتطلـب البِرَك المُهـوّاة العمالـة الدائمة من أصحـاب الخبـرة؛ لمتابعـة وصيانـة ماكِنـات التهويـة، ويجب إزالـة الحمـأة كل عامين إلى خمسـة أعـوام. كما يجـب توخّي الحـذر لضمان أن لا تُسـتخدم البِركة لإلقـاء القمامة خاصةً عند اعتبـار الضـرر الذي يُمكـن أن يحدث لمُعِـدّات التهوية.

الإيجابيات والسلبيات

+ مُقاومة للأحمال العضوية والهيدروليكية المفاجئة.
+ تخفيـض كبير للاحتياج الحيوي للأكسـجين BOD، ومُسـببات الأمراض.
+ لا تُوجـد مشـاكل حقيقيـة مـع الحشـرات أو الروائـح إذا تـم تصميمهـا وتشـغيلها بشـكل صحيـح.
- تتطلب مساحة أرض كبيرة.
- ارتفـاع اسـتهلاك الطاقـة، فهنـاك حاجـة إلـى مصـدر دائـم للكهربـاء.
- تكاليـف رأس المال والتشـغيل مُرتفعـة، اعتمادًا على أسـعار الأراضـي والكهرباء
- تتطلب أن يقوم بأعمال التشغيل والصيانة أفرادًا ذا خبرة.
- قد لا تكون جميع الأجزاء والمواد متوفرة محليًّا.
- تتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- تتطلـب الحمـأة وربمـا التدفقـات السـائلة الخارجة مزيـدًا من المُعالجـة و/أو التصريـف المناسـب.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ محمد عزيزي وفاطمة جعارة (2010). *مقرر محطات معالجة مياه الصرف الصحي*، سوريا.

_ أحمد محسن الحكمي وآخرون (2007). *الدليل التصميمي لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي* - الإصدار الأول. الإدارة العامة للصرف الصحي. وزارة المياه والكهرباء. المملكة العربية السعودية.

_ منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي للشرق الأوسط (2004). *إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة*، عمان، الأردن.

مراجع إنجليزية:

_ Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, 4th Ed.* (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US.pp. 840-854.

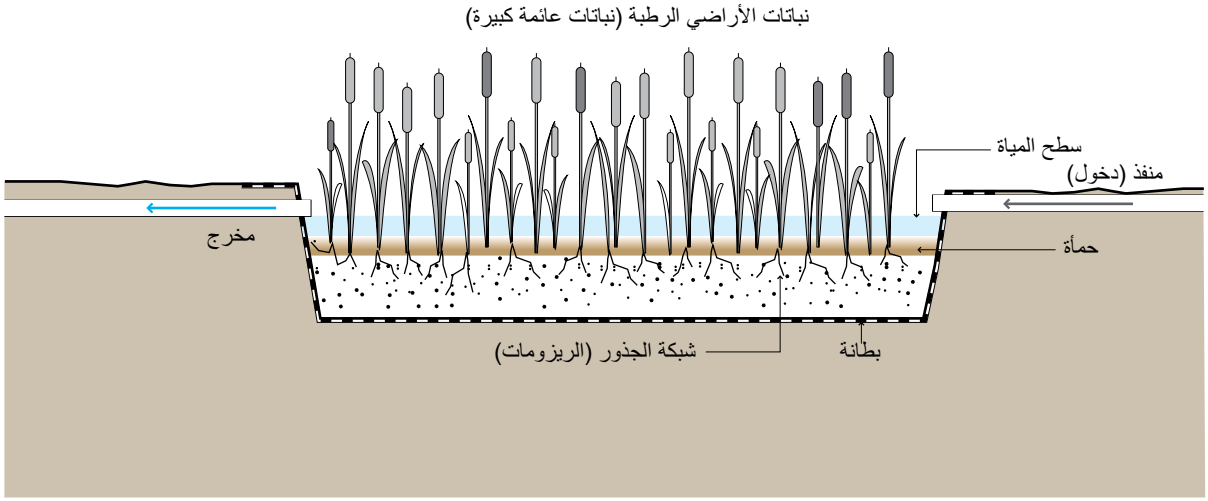
_ Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US.pp. 527-558.

_ Arthur, J. P. (1983). *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries*. World Bank Technical Paper No. 7. The World Bank, Washington, D.C., US. Available at: documents.worldbank.org/curated/en/home

الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي السطحي

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** التدفقات السائلة الخارجة مياه الأمطار
★ المنزل ★★ الحي السكني ★★ المدينة	★ منزلي ★★ مشترك ★★ عام	**المُخرجات:** التدفقات السائلة الخارجة الكتلة الحيوية



الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي السطحي Free-Water Surface Constructed Wetland تَهدِف إلى محاكاة العمليات التي تحدث بشكل طبيعي في الأرض الرطبة الطبيعية Wetland، أو المستنقع Marsh، أو الأرض السبخة Swamp. وعندما تتدفق المياه ببطء عبر الأراضي الرطبة، فإن الجُسيمات تترسب، ومسببات الأمراض يتم القضاء عليها، كما يتم استهلاك المُغذيات بواسطة الكائنات الحية والنباتات. وهذا النوع من الأراضي الرطبة المُنشأة عادة ما يُستخدم كمرحلة مُعالجة مُتقدمة بعد عمليات المُعالجة الثانوية أوالثلاثية.

على خلاف الأراضي الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي المغمور (م.8)، فإن الأراضي الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي السطحي تسمح للمياه بالتدفق فوق أرض مُعرَّضة للهواء وضُوء الشمس المُباشر. وتدفق المياه ببطء خلال الأراضي الرطبة، يتم بالتزامن مع العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية لترشيح المواد الصلبة، وتحلل المواد العضوية وإزالة المُغذيات من مياه الصرف.

المِياه السوداء الخام يجب أن تُعالج أوليًا؛ لمنع تراكم المواد الصلبة والقمامة، وبمجرد وصولها إلى البِركة، فإن جسيمات الرواسب الأثقل تترسب وتُزيل معها -أيضًا- المُغذيات العالقة بها.

تقوم النباتات والمجتمعات الميكروبية من الكائنات الحية الدقيقة التي تدعمها (على السيقان والجذور) باستهلاك المُغذيات مثل النتيروجين والفوسفور، كما أن التفاعلات الكيميائية يُمكن أن تتسبب في ترسيب عناصر أخرى من مياه الصرف. وتتم إزالة مُسببات الأمراض من المياه عن طريق التحلل الطبيعي، والاستهلاك بواسطة الكائنات الحية الأكبر، والترسيب، والتعرض للأشعة فوق البنفسيجية.

على الرغم من أن طبقة التربة تحت المياه تكون لاهوائية، فإن جذور النباتات تقوم بإطلاق الأكسجين إلى المنطقة المحيطة بشعيرات الجذور، وبالتالي تخلق بيئة مركبةً للنشاط الكيميائي والحيوي.

اعتبارات التصميم القناة -أو الحَوْض- تكون مُبطَّنة بطبقة عازلة غير مُنفذة (مثل الطين أو التكسية الأرضية) ومُغطّاة بالصخور، والحصى، والتربة، ومزروعة بنباتات البيئة المحلية المائية (مثل: أعشاب البرك والقصب الشائع والتيفا). ويتم غمر الأراضي الرطبة بمياه الصرف لعمق يتراوح ما بين 10 إلى 45 سنتيمتر فوق مستوى سطح الأرض. ويتم تقسيم الأراضي الرطبة إلى مسارين مُستقلين على الأقل لتدفق المياه. وعدد التقسيمات المتتالية يعتمد على هدف ودرجة المُعالجة المطلوبة. كما تعتمد -أيضًا- كفاءة الأراضي الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي السطحي على كيفية توزيع المياه بصورة جيدة عند المدخل. يُمكن تغذية مياه الصرف في الأراضي الرطبة باستخدام الهدّارات أو من خلال ثقوب في أنبوبة التوزيع عند المدخل، وذلك للسماح للمياه بالدخول على فترات متباعدة بشكل متساوٍ.

المُلاءَمَة الأراضي الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي السطحي يُمكن أن تُحقّق إزالة عالية للعوالق، وإزالة مُتوسطة لمسببات

الأمـراض، والمُغذيـات، والملوثـات الأخـرى؛ مِثـل المعـادن الثقيلـة. هـذه التقنية قادرة على اسـتيعاب تدفقات الميـاه، وأحمال المُغذيـات المُتغيّـرة. وتحـدّ النباتـات مـن ذوبان الأكسـجين في المـاء وذلـك بسـبب الظـل، والتخفيـف مـن حركة الريـاح فوق السـطح؛ لذلـك يُعتبـر هذا النـوع مـن الأراضي الرطبة مناسـبًا فقط لمياه الصرف ذات الحِمل البسـيط مـن الملوثات. وهذا أيضًا يجعلها مُناسـبة فقط عندمـا تتم المُعالجة الابتدائيـة لمياه الصرف لخفض نسـبة الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD. وبسبب تعرض الإنسـان المُحتمل لمُسـببات الأمـراض، فإن هذه التقنيـة نادرًا ما يَتِـم اسـتخدامها للمُعالجة الثانويـة للمياه، بل يتم عادةً اسـتخدامها لمُعالجة وتحسـين جودة الميـاه الناتجة عن المُعالجـة الثانوية، أو لتخزيـن ومُعالجة ميـاه الأمطار.

تُعتبـر الأراضـي الرطبـة المُنشـأة ذات التدفق الأفقي السـطحي خيـارًا جيـدًا عندمـا تكـون الأرض رخيصـة ومُتاحـة، ويُمكن أن تكـون مناسـبة لأجـزاء صغيـرة مـن المناطـق الحضريـة، وللمُجتمعـات الريفية وشـبه الحضرية، وذلك اعتمـادًا على حجم الميـاه والمسـاحة المطلوبـة لإنشـاء الأراضـي الرطبة.

هـذه التقنيـة هي أكثر مُلاءَمَـةً في الأجواء الدافئـة، لكن يُمكن أن تُصَمّـم لتتحمـل البرودة الشـديدة وكذلـك فترات النشـاط الحيوي المُنخفض.

الجوانـب الصحيـة / القبول يُعتبر السـطح المكشـوف للمياه بيئة مُحتملـة لتكاثُر البعـوض، ولكن التصميم والصيانـة الجيدة يُمكن أن يمنـع ذلك.

بشـكل عـام، الأراضـي الرطبـة المُنشـأة ذات التدفـق الأفقـي السـطحي يكـون لها مظهر جمالـي، خصوصًا عندمـا يتم دمجها فـي المناطـق الطبيعيـة الموجودة.

ينبغـي توخّـي الحـذر لمنـع النـاس من الاتصال بشـكل مُباشـر مـع التدفقات السـائلة الخارجة مـن البِرَك بسـبب احتمالية انتقال الأمـراض، وكذلـك خطـر الغرق فـي الميـاه العميقة.

التشـغيل والصيانـة يجب أن تضمـن الصيانة الدوريـة ألا يكون هنـاك موانع لحركـة الميـاه، أو اختصار المياه لمسـارها (دوائر القصـر Short-circuiting)، وألا ترتد المياه وترتفع في الأرض الرطبة؛ بسـبب سـقوط فروع الأشـجار، أو القمامة، أو أي شيء يسـد مخرجها. وقـد يحتاج الغطـاء النباتي إلى الحصـاد الدوري حيث يتم تقليمـه أو تقليعه.

الإيجابيات والسلبيات

+ لها شكل جمالي وكذلك تُوّفر مسكنًا للحيونات.
+ تخفيـض كبير للاحتيـاج الحيـوي للأكسـجين BOD، والمواد الصلبـة، وإزالـة متوسـطة لمُسـببات الأمراض.
+ يُمكن إنشاؤها وإصلاحها بالمواد المتوفرة محليًّا.
+ لا تتطلب طاقة كهربائية.
+ لا توجد مشـاكل حقيقة مـع الروائح إذا تم تصميمها وتشـغيلها بشكل صحيح.
+ تكاليف التشغيل منخفضة.
- قد تُسَهّل من تكاثُر البعوض.
- تتطلب مساحة أرض كبيرة.
- تطلب فترة طويلة لبدء التشغيل حتى تعمل بكامل قدرتها.
- تتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ محمد عزيزي وفاطمة جعارة (2010). *مقرر محطات معالجة مياه الصرف الصحي*، سوريا.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *محاضرة في محطات المعالجة بالنباتات*، حمص، سوريا.

_ منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي للشرق الأوسط (2004). إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة، عمان، الأردن.

مراجع إنجليزية:

_ Kadlec, R. H. and Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands*, 2nd Ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, US.

_ U.S. EPA (2000). *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*. EPA/625/R-99/010. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US.
Available at: www.epa.gov

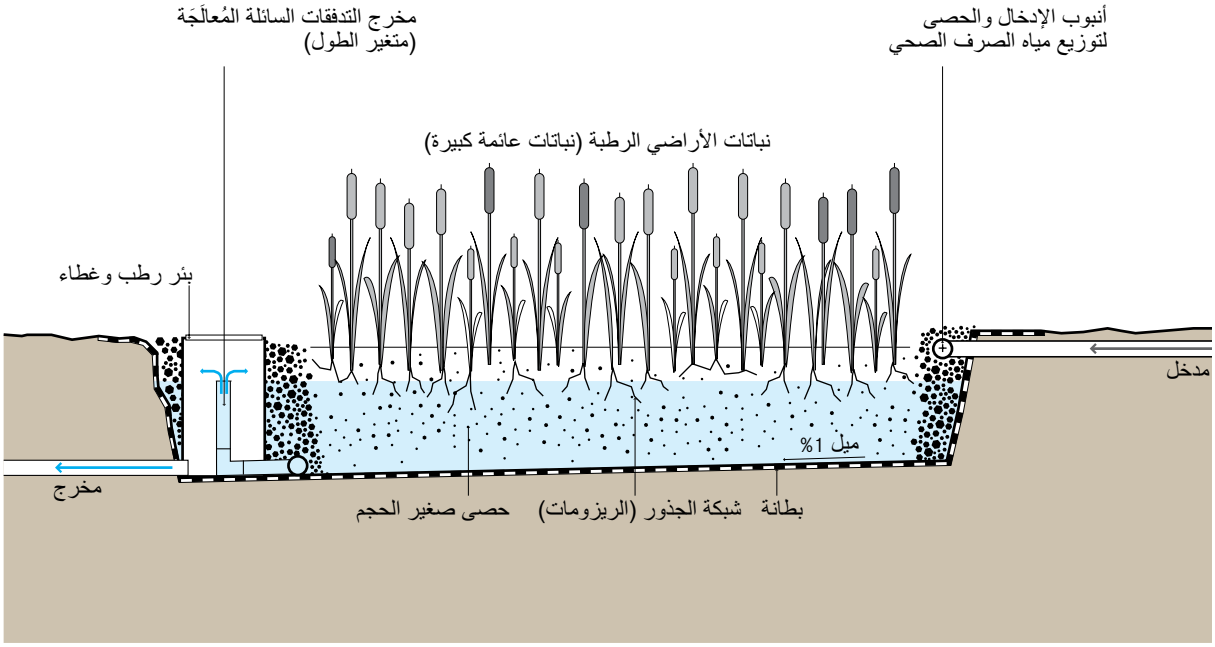
_ Merz, S. L. (2000). *Guidelines for Using Free Water Surface Constructed Wetlands to Treat Municipal Sewage*. Queensland Department of Natural Resources, Brisbane, AU.

_ Poh-Eng, L. and Polprasert, C. (1998). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Resource Recovery*.Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, TH.

الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي المغمور

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1, 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** التدفقات السائلة الخارجة
★ المنزل	★ منزلي	المياه السوداء المياه البُنِّية المياه الرمادية
★★ الحي السكني	★★ مشترك	**المُخرجات:** التدفقات السائلة الخارجة
★ المدينة	★★ عام	الكتلة الحيوية



الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي المغمور (تحت السطحي) Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland هي عبارة عن حَوْض كبير مملوء بالحصى والرمال ويتم زراعته بنباتات مخصوصة للأراضي الرطبة. بتدفق مياه الصرف أفقيًا خلال الحَوْض، فإن مادة المُرشِّح تقوم بترشيح الجُسيمات و تتحلل المواد العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة.

يعمل وسط الترشيح كمُرشِّح لإزالة المواد الصلبة، وكسطح ثابت حيث يُمكن للبكتريا أن تلتصق به، وكقاعدة للغطاء النباتي. على الرغم من أنّ البكتيريا الاختيارية Facultative واللاهوائية تُحلّل مُعظم المواد العضوية، فإن النباتات تقوم بنقل كمية صغيرة من الأكسجين إلى منطقة الجذور، حيث يُمكن للبكتيريا الهوائية أن تستعمر تلك المنطقة وتُحلّل المواد العضوية أيضًا. وتلعب جُذور النباتات دورًا مهمًّا في الحفاظ على نفاذية المُرشِّح.

اعتبارات التصميم يعتمد تصميم الأراضي الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي المغمور على الهدف من عملية المُعالجة وكمية وجودة التدفقات السائلة الداخلة، ويشمل القرارت حول كمية وتقسيم مسارات التدفق المُتوازية. وتُعتبر كفاءة الإزالة بالأراضي الرطبة رهينة بالمساحة السطحية (الطول مضروبًا في العرض)، في حين أن مساحة المقطع العرضي (العرض مضروبًا في العُمق) تُحدِّد أقصى تدفق يمكن استعيابه. بشكل عام، فإنّ المساحة السطحية المطلوبة لكل فرد مكافئ تقدر بحوالي 5 إلى 10 متر مربع.

المُعالجة الأولية والابتدائية ضروريتان لمنع الانسدادات، ولضمان المُعالجة الفعَّالة. ويُمكن تهوية التدفقات السائلة الداخلة المراد مُعالجتها عن طريق تدفقها عبر شلال صغير (من مادة المُرشِّح) لدعم العمليات المُعتمدة على الأكسجين، مثل اختزال الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD وعملية النترجة (أكسدة الأمونيا).
يجب أن يكون القاع مُبطَّنًا بطبقة عازلة غير مُنفذة (مثل الطين أو التكسية الأرضية) لمَنع التسرُّب (الرشح). ويجب أن يكون الحَوْض واسعًا وضحلَ العمق لزيادة التلامس بين مسار المياه المتدفقة وجذور النباتات. كما يجب عمل منطقة دخول واسعة لتوزيع التدفق بانتظام؛ حيث إن المدخل المُصمَّم جيدًا -والذي يسمح بالتوزيع المنظم- يُعتبر مهمًّا لمنع حدوث دوائر القصر Short-circuting (اختصار المياه لمسارها). ويجب أن يكون مخرج الماء متغيرًا (يسهل التحكم به) بحيث يُمكن أن يتم ضبط ارتفاع سطح المياه لتحسين أداء المُعالجة.
يعد استخدام الحصى الصغيرة المُستديرة المُتساوية في الحجم (ذات أقطار تتراوح ما بين 3 إلى 32 ملليمتر) هو الأكثر شيوعًا لملء قاعدة الحَوْض لعمق ما بين 0.5 إلى 1 متر. وللحد من الانسدادات، يجب أن يكون الحصى نظيفًا وخاليًا من الأتربة الدقيقة. وقد تكون الرمال مقبولة أيضًا، ولكنها تكون أكثر عُرضة للانسداد من الحصى، وفي السنوات الأخيرة ظهرت مواد ترشيح بديلة مثل البولي ايثلين PET وقد تم استخدامها بنجاح. ويتم الحفاظ على منسوب المياه في الأراضي الرطبة ما بين 5 إلى 15 سنتيمتر تحت السطح لضمان التدفق المغمور (تحت السطحي).

أي نبات محلي له جذور عريضة وعميقة، ويُمكن أن ينمو في البيئة الرطبة الغنية بالمغذيات، فهو نبات مناسب. البوص (ويُعرف أيضًا بالقيصوب الجنوبي أو القيصوب الأسترالي أو الغاب أو البَردي) هو خيار شائع؛ لأنه يُكوِّن جذورًا أفقية (ريزومات) يُمكنها اختراق عُمق المُرشِّح بالكامل.

المُلاءَمَة يُعتبر الانسداد مُشكلة شائعة، وبالتالي فإن التدفقات السائلة الداخلة المراد مُعالجتها يجب أن تُرسَّب جيدًا من خلال المُعالجة الابتدائية قبل تدفقها إلى الأرض الرطبة. هذه التقنية غير مُناسبة لمياه الصرف الصحي المنزلية غير المُعالجة (أي المياه السوداء)، بل إنها وسيلة مُعالجة جيدة للمُجتمعات التي لديها مُعالجة ابتدائية (على سبيل المثال، خزَّان التحليل (التخمير)، ج.9) ولكنها تتطلع إلى تحقيق تدفقات سائلة خارجة عالية الجودة. الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي المغمور هي خيارٌ جيدٌ عندما تكون الأرض رخيصة ومُتاحة، ويُمكن أن تكون مناسبة لأجزاء صغيرة من المناطق الحضرية، وللمُجتمعات الريفية وشبه الحضرية، وذلك اعتمادًا على حجم المياه والمساحة المطلوبة لإنشاء الأراضي الرطبة. ويمكن أيضًا أن تُصمَّم للمنازل الفردية.
هذه التقنية هي أكثر مُلاءَمَةً في الأجواء الدافئة، لكن يُمكن أن تُصَمّم لتتحمل البرودة الشديدة وكذلك فترات النشاط الحيوي المُنخفض. إذا تم إعادة استخدام التدفقات السائلة الخارجة، فإن الخسائر نتيجة مُعدّلات التبخر النتحي العالية يُمكن أن تكون عيبًا لهذه التقنية، وذلك اعتمادًا على المناخ.

الجوانب الصحية / القبول تتم إزالة مُسببات الأمراض من المياه عن طريق التحلل الطبيعي، والاستهلاك بواسطة الكائنات الحية الأكبر، والترشيح. وحيث إن تدفق الماء يكون تحت السطح، فإنه يُقلّل أي تلامسٍ بين مُسبباتِ الأمراض والبشر أوالأحياء البرية إلى أدنى حد مُمكن. بما أنه لا توجد مياهٌ راكدة فإن خطر تكاثر البعوض يُعتبر قليلًا مُقارنةً بالأراضي الرطبة المُنشأة ذات التدفق السطحي (م.7). والأراضي الرطبة يكون لها مظهر جمالي، ويُمكن دمجها في المناطق البرية أو الحدائق.

التشغيل والصيانة خلال موسم النمو الأول للنباتات، من المُهِم إزالة الحشائش الضارة التي يُمكن أن تتنافس مع نباتات الأراضي الرطبة المزروعة. مع مرور الوقت، سيتم انسداد المسافات البينية بين الحصى بالمواد الصلبة المُتراكمة، وطبقة الغشاء البكتيري Bacterial film. تتطلب مواد المُرشِّح التي في منطقة المدخل أن يتم استبدالها كل 10 سنوات أو أكثر. ويجب أن تُركز أعمال الصيانة على ضمان أن تكون المُعالجة الابتدائية فعَّالة في خفض تركيز المواد الصلبة في مياه الصرف قبل أن تدخل الأرض الرطبة. كما يجب أن تضمن عملية الصيانة عدم نمو الأشجار في المنطقة المحيطة، حيث يُمكن للجذور أن تُلحق الضرر بالبطانة.

الإيجابيات والسلبيات

+ تخفيض كبير للاحتياج الحيوي للأكسجين BOD، والعوالق، ومُسببات الأمراض.
+ ليس لديها مشكلة البعوض الموجودة في الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق السطحي.
+ لا تتطلب طاقة كهربائية.
+ تكاليف التشغيل مُنخفضة.
- تتطلب مساحة أرض كبيرة.
- إزالة محدودة للمُغذيات.
- تواجه خطر الانسداد، وذلك اعتمادًا على كفاءة المُعالجة الأولية والابتدائية.
- تتطلب فترة طويلة لبدء التشغيل حتى تعمل بكامل قدرتها.
- تتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ العابد إبراهيم (2015). *معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منتقية محلية*، رسالة دكتوراه كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الكيمياء، جامعة قاصدي مرباح ورقة، الجزائر.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *محاضرة في محطات المعالجة بالنباتات*، حمص، سوريا.

_ بيتر ينسن (2005). *معالجة المياه الرمادية وإعادة استخدامها*، جامعة النرويج لعلوم الحياة، النرويج.

مراجع إنجليزية:

_ Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M. and von Münch, E. (2011). *Technology Review of Constructed Wetlands. Subsurface Flow Constructed Wetlands for Greywater and Domestic Wastewater Treatment*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Available at: www.susana.org/library

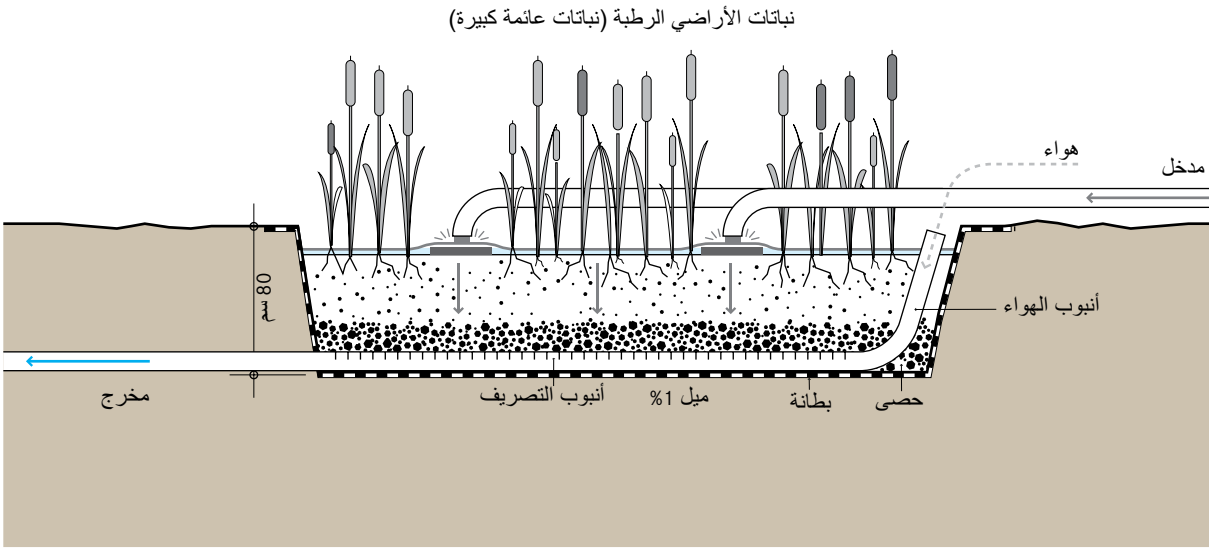
_ Kadlec, R. H. and Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands, 2nd Ed. CRC Press*, Taylor & Francis Group, Boca Raton, US.

_ UN-HABITAT (2008). Constructed Wetlands Manual. UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme. Kathmandu, NP. Available at: www.unhabitat.org

الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الرأسي

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1, 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** التدفقات السائلة الخارجة
★ المنزل	★ منزلي	المياه السوداء المياه البُنِّية المياه الرمادية
★★ الحي السكني	★ مشترك	**المُخرجات:** التدفقات السائلة الخارجة
★★ المدينة	★★ عام	الكتلة الحيوية



الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الرأسي Vertical Flow Constructed Wetland هي عبارة عن مُرشِّح بالنباتات، حيث يتم تصريف المياه من أسفله. يتم ضخ أو حقن مياه الصرف على جرعات من أعلى باستخدام نظام حقن جرعات ميكانيكي. تتدفق المياه بشكل عمودي خلال طبقة الترشيح إلى أسفل الحَوْض حيث يتم تجميعُها في أنبوب خاص بالتصريف. الاختلاف المهم بين الأراضي الرطبة الأفقية والرأسية ليس مجرّد إتجاه مسار التدفق ولكن الظروف الهوائية أيضًا.

بسبب ضخ المياه إلى الأرض الرطبة على جرعات مُتقطّعة (من 4 إلى 10 مرات في اليوم)، فإن المُرشِّح يَمُر بمراحل يكون فيها مُتشبعًا ومراحل أخرى يكون فيها غير مُتشبع، وبالتالي تحدث مراحل مُختلفة من الظروف الهوائية واللاهوائية. خلال مرحلة التدفق تتسرب مياه الصرف عبر الحَوْض غير المُشَبّع. وعندما يتم تصريف المياه من المُرشِّح، يتم سحب الهواء إليه، وبالتالي يكون لدى الأكسجين الوقت الكافي للانتشار عبر مسام مادة المُرشِّح.

يعمل وسط الترشيح كمُرشِّح لإزالة المواد الصلبة، وكسطح ثابت بحيث يُمكن للبكتريا أن تلتصق به، وكقاعدة للغطاء النباتي، والطبقة العليا تكون مزروعة. ويُسمح للغطاء النباتي أن يُنمِّي جذورًا عريضة وعميقة، لتتخلل وسط المُرشِّح. تقوم النباتات بنقل كمية صغيرة من الأكسجين إلى منطقة الجذور، حيث يُمكن للبكتيريا الهوائية أن تستعمر تلك المنطقة وتُحلّل المواد العضوية أيضًا؛ ومع ذلك فإنَّ الدور الرئيسي للغطاء النباتي هو الحفاظ على النفاذية في الوسط الترشيحي، وتوفير بيئة صالحة لنمو الكائنات الحية الدقيقة.

يتم امتصاص وتحلل المُغذيات والمواد العضوية بواسطة تجمعات من الكائنات الحية الدقيقة. بإجبار الكائنات الحية الدقيقة على الدخول في طور جوع شديد بين المراحل التي يتم فيها حقن الجُرعات؛ فإن النمو المُفرِط للكتلة الحيوية يمكن أن ينخفض وبذلك تزيد المسامية.

اعتبارات التصميم الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الرأسي يُمكن أن يتم تصميمها كتجريفٍ أرضيّ ضحلٍ (حَوْض أرضيّ محفور ذو عمق بسيط) أو كبناءٍ فوق سطح الأرض. يُعتبر الانسداد مُشكلة شائعة، وبالتالي فإن التدفقات السائلةَ الداخلةَ المرادَ مُعالجتها يجب أن تُرسَّب جيدًا من خلال المُعالجة الابتدائية قبل تدفقها إلى الأرض الرطبة. ويعتمد تصميم وحجم الأراضي الرطبة على الأحمال الهيدروليكية والعضوية. إنّ المساحة السطحية المطلوبة لكل فرد مكافئ تقدر بحوالي متر إلى 3 متر مربع. كُل مُرشِّح يجب أن يكون له بطانةٌ غير مُنفذةٍ للماء، ونظامٌ لجمع التدفقات السائلة الخارجة. وبتركيب أنبوب تهوية مُتَّصل بنظام التصريف يُمكن أن يساهم ذلك في تحسين الظروف الهوائية في المُرشِّح. بشكل هيكلي، هناك طبقة من الحصى لتصريف المياه (لا يقل ارتفاعها عن 20 سنتيمتر)، تليها طبقات من الرمل والحصى. اعتمادًا على المناخ، فإن البوص Reed، أو أعشاب البرك Cattails، أو الدنيبة (إيكينوكلوا هرمية Echinochloa Pyramidalis) تكون

فـي الأغلب هـي الخيـارات النباتية الشـائعة. وقـد يتطلب الأمر عمليـة اختبار لتحديـد مدى مُلاءَمَـة النباتات المُتوفـرة محليًا مع مياه الصـرف المحددة.
نظـرًا للنقـل الجيـد للأكسـجين، فـإن الأراضـي الرطبـة ذات التدفـق الرأسـي لديهـا القـدرة علـى النترجـة Nitrification (أكسـدة الأمونيا)، لكن إزالة (عكس) النترجـة Denitrification (اختـزال النتـرات إلى نتروجين) تكون محدودة. لإنشـاء سلسـلة مـن عمليات المُعالجة بالنترجة - وإزالـة النترجة، فإنَّ هذه التقنية يُمكـن أن يتم دمجها مع الأرض الرطبة ذات التدفق السـطحي أو ذات التدفـق الأفقـي (م.7 و م.8).

المُلاءَمَـة تُعتبـر المُعالجة بـالأرض الرطبة المُنشـأة ذات التدفق الرأسـي عملية جيدة للمُجتمعات التي لديهـا مُعالجة ابتدائية (على سـبيل المثـال: خـزَّان التحليـل (التخمير)، ج.9)، ولكنها تتطلع إلـى تحقيـق تدفقات سـائلة خارجـة عاليـة الجودة. بسـبب نظام حقـن الجرعـات الميكانيكي؛ فإن هذه التقنية تكون الأكثر مُناسـبة عنـد توفر العمالـة المُدربة، وقطـع الغيار، ومصـدر طاقة دائم. بمـا أن الأرض الرطبة المُنشـأة ذات التدفق الرأسـي لديها القدرة علـى النترجـة، فهي مُناسـبة في عمليـة المُعالجة لميـاه الصرف الغنيـة بتركيـز الأمونيـوم. هـذه التقنيـة هـي أكثـر مُلاءَمَةً في الأجـواء الدافئـة، لكـن يُمكن أن تُصَمّـم لتتحمل البرودة الشـديدة وكذلك فترات النشـاط الحيـوي المُنخفض.

الجوانـب الصحيـة / القبـول تتـم إزالة مُسـببات الأمـراض من الميـاه عن طريق التحلل الطبيعي والاسـتهلاك بواسـطة الكائنات الحيـة الأكبر والترشـيح. بما أنـه لا توجد مياه راكـدة فإن خطر تكاثـر البعوض يُعتبر قليـلًا. هذا النظام يكون لـه مظهر جمالي، ويُمكـن دمجـه فـي المناطـق البريـة أو الحدائق. ويجـب توخّي الحـذر لضمان عدم التلامس المُباشـر للناس مع التدفقات السـائلة الداخلـة؛ حيث يتسـبب ذلك في خطـر العدوى.

التشـغيل والصيانـة خلال موسـم النمو الأول للنباتـات من المُهم إزالـة الحشـائش الضـارة التـي يُمكـن أن تتنافـس مـع نباتـات الأراضـي الرطبـة المزروعـة. ويجـب تنظيف أنابيـب التوزيع مـرة في السـنة؛ لإزالة الحمأة والغشـاء الحيـوي Biofilm والذي يُمكـن أن يـؤدي إلـى انسـداد الفتحات. مـع مرور الوقت، سـيتم انسـداد المسـافات البينية بين الحصى بالمواد الصلبـة المُتراكمة، وطبقـة الغشـاء البكتيـري Bacterial film. فتـرات الراحة بين الجرعـات قد تعيد الانسـيابية الهيدروليكية للمُرشِّـح؛ فإن لم يكن ذلـك مسـاعدًا، فـلا بد مـن إزالـة المـواد المُتراكمة، واسـتبدال الأجزاء المسـدودة من مادة المُرشِّـح. تتطلّب مواد المُرشِّـح التي فـي منطقـة المدخـل أن يتـم اسـتبدالها كل 10 سـنوات أو أكثر. ويجـب أن تُركّز أعمـال الصيانة على ضمـان أن تكون المُعالجة الابتدائيـة فعَّالـة فـي خفـض تركيـز المـواد الصلبـة فـي مياه الصـرف قبـل أن تدخـل الأرض الرطبـة. كما يجـب أن تضمن عمليـة الصيانة عـدم نمو الأشـجار في المنطقـة المحيطة، حيث يُمكـن للجـذور أن تُلحق الضـرر بالبطانة.

الإيجابيات والسلبيات

+ تخفيـض كبير للاحتيـاج الحيوي للأكسـجين BOD، والعوالق، ومُسـببات الأمراض.
+ القدرة على النترجة بسبب النقل الجيد للأكسجين.
+ ليـس لديهـا مشـكلة البعـوض الموجـودة فـي الأرض الرطبة المُنشـأة ذات التدفـق السـطحي.
+ أقل انسـدادًا ممـا هو عليه الحـال في الأرض الرطبة المُنشـأة ذات التدفق الأفقـي المغمور.
+ تتطلـب مسـاحة أقل مـن تلك الخاصـة بـالأرض الرطبة ذات التدفـق السـطحي، أو ذات التدفـق الأفقي.
+ تكاليف التشغيل مُنخفضة.
- تتطلب خبرة في التصميم والإنشـاء، وبشـكل خـاص في نظام حقـن الجرعات.
- تتطلـب معـدل صيانـة متكـرر، أكثـر مـن الأرض الرطبـة المُنشـأة ذات التدفـق الأفقـي المغمـور.
- قد تكون هناك حاجة لمصدر مُستمر للطاقة الكهربائية.
- تتطلب فترة طويلة لبدء التشغيل حتى تعمل بكامل قدرتها.
- قد لا تكون جميع الأجزاء والمواد متوفرة محليًا.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ العابد إبراهيم (2015). *معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منتقية محلية*، رسالة دكتوراه كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الكيمياء، جامعة قاصدي مرباح ورقة، الجزائر.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *محاضرة في محطات المعالجة بالنباتات*، حمص، سوريا.

_ بيتر ينسن (2005). *معالجة المياه الرمادية وإعادة استخدامها*، جامعة النرويج لعلوم الحياة، النرويج.

مراجع إنجليزية:

_ Kadlec, R. H. and Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands, 2nd Ed. CRC Press*, Taylor & Francis Group, Boca Raton, US.

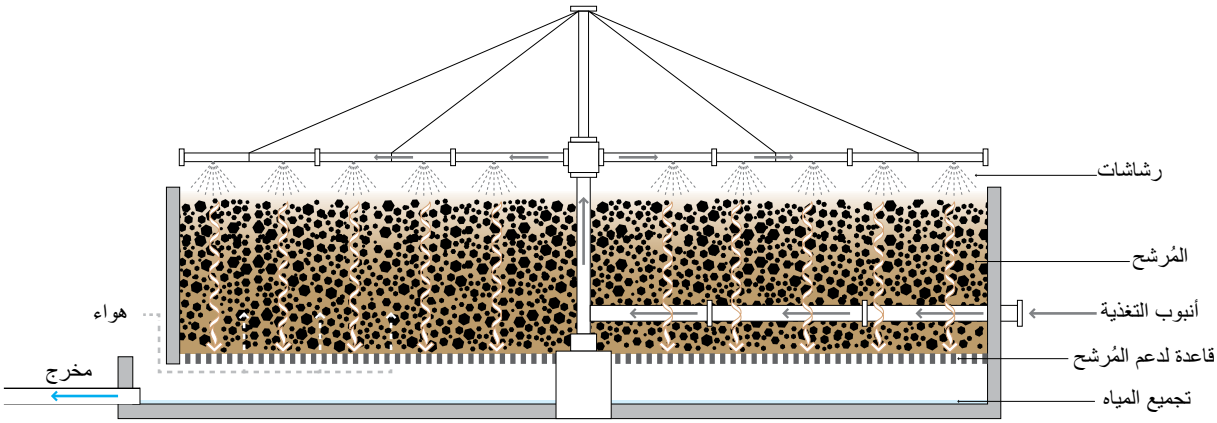
_ UN-HABITAT (2008). *Constructed Wetlands Manual*. UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme. Kathmandu, NP.
Available at: www.unhabitat.org

_ Brix, H. and Arias, C. A. (2005). *The Use of Vertical Flow Constructed Wetlands for on-Site Treatment of Domestic Wastewate*r: New Danish Guidelines. Ecological Engineering 25 (5): 491-500.

مُرشح بالتنقيط

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: التدفقات السائلة الخارجة
المنزل	المنزل	المياه السوداء، المياه البُنِّية، المياه الرمادية
الحي السكني ★	مشترك	**المُخرجات:** التدفقات السائلة الخارجة، الحمأة
المدينة ★★	عام ★★	



المُرشِّح بالتنقيط Trickling Filter (أو المُرشِّح بالتقطير، أو المُرشِّح الزلطي) هو مُفاعل حيوي بمُرشِّح ثابت، يعمل -غالبًا- تحت الظروف الهوائية. يتم تقطيرُ أو رشُ مياه الصرف -التي تم ترسيبها سابقًا- فوق المُرشِّح. وبينما يتخلل الماء مسام المُرشِّح، فإن المواد العضوية يتم تحللها بواسطة الغشاء الحيوي Biofilm المُغطّي لمادة المُرشِّح.

يتم ملءُ المُرشِّح بمواد ذات مساحة سطح نوعيةٍ Specific Surface Area كبيرة، مثل الصخور، أو الحصى، أو قطع مفرومة من القوارير المصنوعة من البولي فينيل كلوريد PVC، أو وَسَط ترشيحي من البلاستيك مُصنَّع خصيصًا لذلك. يوفّر السطح النوعي الكبير مساحة كبيرة لتكوين الغشاء الحيوي. وتؤكسِد الكائنات -التي تنمو في طبقة الغشاء الحيوي الرقيقة على سطح الوسط- الحِمل العضوي في مياه الصرف الصحي إلى ثاني أكسيد الكربون والماء، بينما تعمل في الوقت ذاته على توليد كتلة حيوية جديدة.

يتم تقطير مياه الصرف الواردة -التي تمت مُعالجتها أوليًّا- على المُرشِّح، وذلك باستخدام -على سبيل المثال- رشاشٍ دوَّار بهذه الطريقة، يَمُر وَسَط الترشيح بدورات من حَقن الجرعات والتعرض للهواء. ومع ذلك، يتم استنفاذ الأكسجين بواسطة الكُتلة الحيوية، والطبقات الداخلية قد تكون لاأكسجينية أو لاهوائية.

اعتبارات التصميم يكون عمق المُرشِّح -عادةً- من 1 إلى 2.5 متر، ولكن المُرشِّحات المملوءة بالمواد البلاستيكية الخفيفة يُمكن أن تصل إلى عُمق 12 مترًا. مواد الترشيح المثالية تكون مُنخفضة التكاليف ومتينة ولديها مساحة سطح كبيرة (نسبةً إلى الحجم) وخفيفة وتسمح للهواء بالسريان عبر المُرشِّح. تُعتبر الصخور المجروشة أو الحصى -إن كانت متوفرة- هي الخيار الأقل تكلفةً. وينبغي أن تكون جسيمات مواد الترشيح مُوحّدة الحجم، ويجب أن تتراوح أقطار النسبة الأكبر منها (95%) ما بين 7 إلى 10 سنتيمتر. يمكن استخدام الصخور ذات مساحة السطح النوعية ما بين 45 إلى 60 م^2/م^3 كمواد تعبئة للمُرشِّح، كما تستخدم المواد البلاستيكية ذات مساحة سطح نوعيةٍ ما بين 90 إلى 150 م^2/م^3 لنفس الغرض. المسام الكبيرة لمادة المُرشِّح (كما في المواد البلاستيكية) هي أقل عُرضة للانسدادات، وتُوّفر سريانًا جيدًا للهواء. كما أن المُعالجة الابتدائية -أيضًا- ضرورية لمنع الانسدادات، وضمان المُعالجة الفعَّالة.

التدفق الكافي للهواء مُهم لضمان أداء المُعالجة الجيد، ولمنع انبعاث الروائح. ولا بد أن تضمن قاعدة التصريف للمُرشِّح توفير ممرات للهواء عندما يصل الملء لحده الأقصى. تدعم القاعدة المسامية السفلية جسم المُرشِّح، وتسمح بتجميع التدفقات السائلة الخارجة والحمأة الزائدة. ويصمم المُرشِّح الزلطي عادة مع نمطٍ لإعادة تدوير المياه المُعالجة الناتجة لتحسين ترطيب وتنظيف مواد المُرشِّح.

مع مرور الوقت، ستنمو الكتلة الحيوية وتُصبح سميكة، والطبقة المُلاصقة (لمادة المُرشِّح) ستُحرَم من الأكسجين، ثم تدخل في حالة التأكسد التلقائي (الاستهلاك الباطِنيّ للأكسجين Endogenous State)، والتي سوف تفقد فيها قُدرتها على البقاء مرتبطة وملتصقة بمادة المُرشِّح وستنفصل عنها. كما

تـؤدي أيضًا ظروف التحميـل العالية إلى انفصـال الكتلة الحيوية عن مادة المُرشِّـح. ويجـب ترويق التدفقات السـائلة الخارجة في حَـوْض ترسـيب؛ وذلك لإزالـة أي كتلة حيوية قد تمـت إزاحتها مـن المُرشِّـح. مُعدّل الحمـل الهيدروليكي والمُغذيـات (أي مقدار ميـاه الصـرف التـي يُمكن ضخهـا إلى المُرشِّـح) يتـم تحديدهما اعتمادًا على خصائص مياه الصرف، ونوع الوسـط الترشـيحي، ودرجـة الحـرارة المُحيطة، ومُتطلبـات التصريف.

المُلاءَمَة يمكن اسـتخدام هذه التقنية فقط بعد الترويق (الترسـيب) الابتدائـي، حيث إن الحِمل العالي من المواد الصلبة سـوف يؤدي إلى انسـداد المُرشِّـح. يمكن تصميم نظام حيـوي مُنخفض الطاقة (يعمـل بالجاذبية)، ولكن بشـكل عام إن الإمدادات المُسـتمرة من الطاقة وميـاه الصرف مطلوبة.
بالمُقارنـة مـع التقنيات الأخرى (على سـبيل المثـال بِركة تثبيت المخلفات السـائلة (الأكسـدة)، م.5) فإن المُرشِّحات بالتنقيط تُعتبر صغيـرة الحجـم، وعلـى الرغم من ذلـك، فهي أكثـر ملاءمةً في المناطق شـبه الحضريـة أو الريفية الكبيرة.
يُمكـن إنشـاء المُرشِّـحات بالتنقيـط فـي كل البيئـات تقريبًا، لكن يلزمهـا تعديـلات خاصة فـي المناخـات الباردة.

الجوانـب الصحيـة / القبول تتطلب مشـاكل الرائحـة والذباب أن يتـم بناء المُرشِّـح بعيـدًا عن المنـازل ومناطق الأعمـال. ولا بد من اتّخـاذ التدابيـر وإجراء القياسـات المناسـبة للمُعالجة الأولية والابتدائيـة، وتصريـف التدفقـات السـائلة الخارجـة، ومُعالجـة المـواد الصلبـة، حيث إن كل منها لا تـزال تُمثّل مخاطر صحية.

التشـغيل والصيانـة تتطلـب أعمال التشـغيل والصيانة مُشـغِّلين ذوي خبـرة؛ لمتابعة المُرشِّـح، وإصلاح المضخة في حالة حدوث أي مشـاكل. ويجب إزالة الحمأة التي تتراكم على المُرشِّـح بشكل دوري؛ لمنع الانسـدادات، ولبقاء الغشـاء الحيوي رقيق وهوائي.
يُمكن أن تُسـتخدم معدلات الأحمال الهيدروليكية العالية (جرعات التدفـق) لغسـل المُرشِّـح. وينبغـي أن تُحـدَّد معـدلات الجرعات والغسـيل المثلـى عن طريق التشـغيل في الموقع.
يجـب أن تبقى مـادة المُرشِّـح رطبة؛ حيث تحدث مشـكلة جفاف المُرشِّـح فـي الليل عندمـا ينخفض معـدل تدفق الميـاه، أو عندما ينقطع التيـار الكهربائي.
تواجـد القواقـع الحلزونية (التـي تترعرع فوق الغشـاء الحيوي) والذبـاب في المُرشِّـح، تُعتبـر مشـاكل معروفة في المُرشـحات بالتنقيط، ويجب التعامل معها بالغسـيل العكسـي والغمر المتكرر.

الإيجابيات والسلبيات

+ يُمكن تشـغيلها على نطاق كبير مـن مُعدَّلات الأحمال العضوية والهيدروليكية.
+ توفّر نترجةً فعالة (أكسدة الأمونيا).
+ مسـاحة الأرض المطلوبـة تُعتبـر صغيـرة بالمقارنـة مع تلك المطلوبـة للأراضـي الرطبة المُنشـأة.
- تكاليف رأس المال عالية.
- تتطلب خبرة في التصميم والإنشـاء، وبشـكل خـاص في نظام حقـن الجرعات.
- تتطلب أن يقوم بأعمال التشغيل والصيانة أفرادًا ذا خبرة.
- تتطلـب مصـدرًا دائمًـا للكهربـاء، وكذلـك تدفـق ثابـت لمياه الصـرف.
- تسبب غالبًا مشاكل الذباب والروائح.
- تواجـه خطـر الانسـداد، وذلـك اعتمادًا علـى كفـاءة المُعالجة الأوليـة والابتدائية.
- قد لا تكون جميع الأجزاء والمواد متوفرة محليًّا.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ موجن هينز وآخرون (2008). *المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي*، المبادئ وأعمال النمذجة والتصميم، الجمعية الدولية للمياه IWA.

_ منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي للشرق الأوسط (2004). *إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة*، عمان، الأردن.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

مراجع إنجليزية:

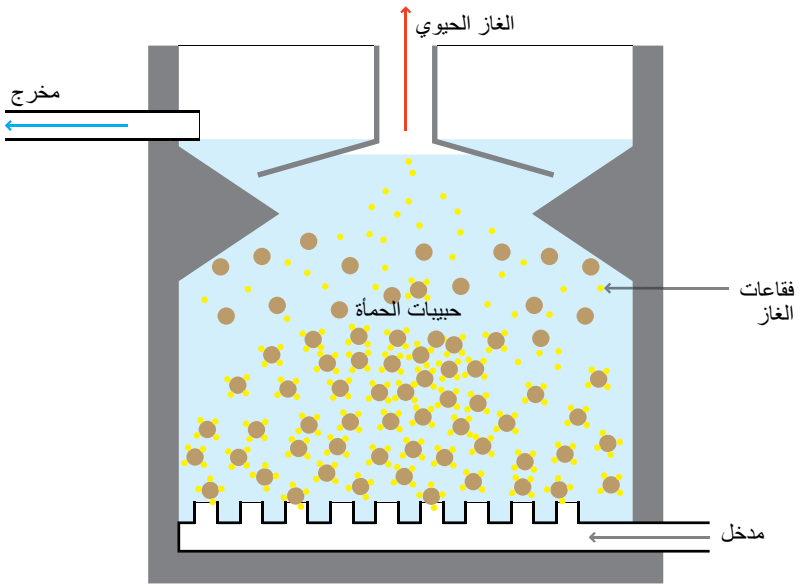
_ Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. A Practical Guide.* WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.

_ U.S. EPA (2000). *Wastewater Technology Fact Sheet. Trickling Filters.* 832-F-00-014. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US. Available at: www.epa.gov (Design summary including tips for trouble shooting)

مُفاعل التدفق العلوي اللاهوائى عبر طبقة الحمأة

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** المياه السوداء المياه البُنِّية (+ المياه الرمادية)
المنزل	منزلي	
الحي السكني ★	مشترك	**المُخرجات:** التدفقات السائلة الخارجة الحمأة
المدينة ★★	عام ★★	الغاز الحيوي



مُفاعل التدفق العلوي اللاهوائي عبر طبقة الحمأة Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASB) هو عبارة عن عملية تتم في خزّان واحد، حيث تدخل مياه الصرف إلى المُفاعل من الأسفل، وتتدفق نحو الأعلى؛ ويتم ترشيح ومُعالجة مياه الصرف عن طريق تدفقها عبر طبقة الحمأة المُعلَّقة في المُفاعل.

تتكون طبقة الحمأة من حبيبات ميكروبية (أقطارها تتراوح ما بين 1 إلى 3 ملليمتر)، وهي عبارة عن تجمّعات صغيرة من الكائنات الحية الدقيقة، والتي بسبب وزنها فإنّها تقاوم أن يتم إزاحتها خارج الخزّان مع التدفق الصاعد. تتحلل المُركَّبات العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة المتواجدة في طبقة الحمأة المُعلَّقة؛ ونتيجة لذلك، تنطلق الغازات (الميثان وثاني أكسيد الكربون)، وتعمل فقاعات الغاز المُتصاعدة على تقليب الحمأة، بدون الاستعانة بأي أجزاء ميكانيكية. تعمل الجدران ذات الميول (حواجز الحمأة) على دفع المواد التي تصل إلى سطح الخزّان إلى الأسفل، ويتم استخلاص التدفقات السائلة الخارجة المُروَّقة من فوق منطقة حواجز الحمأة.

بعد عدة أسابيع من الاستخدام تتكون حبيبات كبيرة من الحمأة، والتي تعمل كمُرشِّحات للجسيمات الأصغر عندما ترتفع التدفقات السائلة عبر طبقة الحمأة. وبسبب التدفق الصاعد فإن الكائنات الحية الدقيقة المُكوِّنة لحبيبات الحمأة تتراكم في حين يتم إزاحة البقية.

اعتبارات التصميم العناصر الحرجة لتصميم مُفاعل التدفق العلوي اللاهوائي عبر طبقة الحمأة هي: نظام توزيع التدفقات السائلة الداخلة للمُفاعل، ونظام فصل الغازات عن المواد الصلبة، والتصميم الخاص بسحب التدفقات السائلة الخارجة. يتم تجميع الغاز الذي يرتفع إلى أعلى السطح في قبة لجمع الغاز، ويُمكن أن يتم استخدامه كمصدر للطاقة (غاز حيوي). سرعة التدفق الصاعد تتراوح ما بين 0.7 إلى 1 متر/ساعة، ويجب الحفاظ على تلك السرعة للإبقاء على طبقة الحمأة مُعلَّقة كما هي. وليس هناك حاجة لعملية الترسيب الابتدائية قبل مُفاعل التدفق العلوي اللاهوائي عبر طبقة الحمأة.

المُلاءَمة مُفاعل التدفق العلوي اللاهوائي عبر طبقة الحمأة ليس مُناسبًا للمُجتمعات الصغيرة أو الريفية التي لا يتوفر بها مصدر دائم للماء والكهرباء. هذه التقنية سهلة التصميم والإنشاء نسبيًّا، ولكن تكوين طبقة الحمأة المُعلَّقة (حبيبات الحمأة) يُمكن أن يستغرق عدة أشهر. مُفاعل التدفق العلوي اللاهوائي عبر طبقة الحمأة لديه المقدرة على إنتاج تدفقات سائلة خارجة ذات جودة عالية، مقارنة بخزّان التحليل (التخمير) (ج.9)، ويمكن تطبيقه في مُفاعل صغير الحجم. واستخدام هذه التقنية لمُعالجة مياه الصرف الصحي المنزلي لا يزال حديث نسبيًّا على الرغم من أنّها أثبتت كفاءتها بالنسبة لمُعالجة مياه الصرف الصناعية، ولمعدلات من الأحمال العضوية المرتفعة التي قد تصل إلى 10 كيلوجرام من الأكسجين المطلوب حيويًا لكل متر مُكعب في اليوم ($BOD/m^3/d$).

غالبًا ما يتم استخدامها في مُعالجة مياه تصنيع الجعة (البيرة)، والمشروبات الكحولية، والأغذية، ولُباب الورق، ومُعالجة مخلفات الورق، حيث إنَّ العملية عادةً ما تخفض من 80 إلى 90% من الاحتياج الكيميائي للأكسجين. لا يعمل المُفاعل بشكل جيد عندما تكون التدفقات السائلة الداخلة منخفضة التركيز، أو عندما تحتوي على المواد الصلبة بكميات كبيرة، أوالبروتينات، أو الدهون. كما أن درجة الحرارة تُعتبر عاملًا أساسيًا يؤثّر على الأداء.

الجوانب الصحية / القبول يجب على المُشغّلين اتّخاذ تدابير الصحة والسلامة المُناسبة أثناء العمل في المحطة، مثل ارتداء الملابس الواقية المُناسبة. الحمأة والتدفقات السائلة الخارجة لا تزال تُشكّل خطرًا على الصحة، ويجب عدم التعامل معها مباشرة.

التشغيل والصيانة يُعتبر مُفاعل التدفق العلوي اللاهوائي عبر طبقة الحمأة تقنية مُعالجة مركزية، ولا بد من تشغيلها وصيانتها بواسطة مُتخصصين. كما يتطلب الأمر وجود مُشغّلين ذوي خبرة لمتابعة المُفاعل، وإجراء عمليات الإصلاح للأجزاء التي تتطلب ذلك (كالمضخات على سبيل المثال، وذلك في حالة حدوث مشاكل). عملية إزالة الحمأة تُعتبر عملية غير متكررة، ويتم فيها فقط إزالة الفائض من الحمأة، وذلك كل عامين إلى ثلاثة أعوام.

الإيجابيات والسلبيات

+ تخفيض كبير في الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD.
+ القدرة على تحمّل مُعدّلات مُرتفعة من الأحمال العضوية والهيدروليكية.
+ إنتاج مُنخفض للحمأة (وبالتالي عملية إزالة الحمأة المتكررة غير مطلوبة)
+ الغاز الحيوي يُمكن استخدامه للحصول على الطاقة (ولكن يتطلب -عادةً- عملية مُعالجة قبل استخدامه)
- عملية المُعالجة قد تكون غير مُستقرة مع الأحمال الهيدروليكية والعضوية المتغيرة.
- يتطلب أن يقوم بأعمال التشغيل والصيانة أفرادًا ذا خبرة، ومن الصعب الحفاظ على الظروف الهيدروليكية المناسبة (يجب أن تكون معدلات التدفق الصاعد والترسيب متوازنة)
- يتطلب فترة طويلة لبدء التشغيل.
- يتطلب وجود مصدر دائم للكهرباء.
- قد لا تكون جميع الأجزاء والمواد متوفرة محليًا.
- يتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- الحمأة والتدفقات السائلة الخارجة تتطلب مزيدًا من المُعالجة و/أو التصريف بشكل مُناسب.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ حيدر محمد عبدالحميد وآخرون (2012). *كراس استرشادي عن إدارة المخلفات السائلة للأنشطة الخدمية محطات الصرف الصحي ووحدات المعالجة في المؤسسات الصحية*، بغداد، العراق.

_ موجن هينز وآخرون (2008). *المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى*، المبادئ وأعمال النمذجة والتصميم، الجمعية الدولية للمياه IWA.

مراجع إنجليزية:

_ Ulrich, A. (Ed.), Reuter, S. (Ed.), Gutterer, B. (Ed.), Sasse, L., Panzerbieter, T. and Reckerzügel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries*. A Practical Guide. WEDC, Loughborough University, Leicestershire, UK.

_ Vigneswaran, S., Balasuriya, B. L. N. and Viraraghavan, T. (1986). *Environmental Sanitation Reviews. Anaerobic Wastewater Treatment – Attached Growth and Sludge Blanket Process. Environmental Sanitation Information Center*, AIT, Bangkok, TH.

_ Tare, V. and Nema, A. (n.d.). *UASB Technology – Expectations and Reality*. United Nations Asian and Pacific Centre for Agricultural Engineering and Machinery, Beijing, CN. Available at: www.unapcaem.org

الحمأة المُنشطة

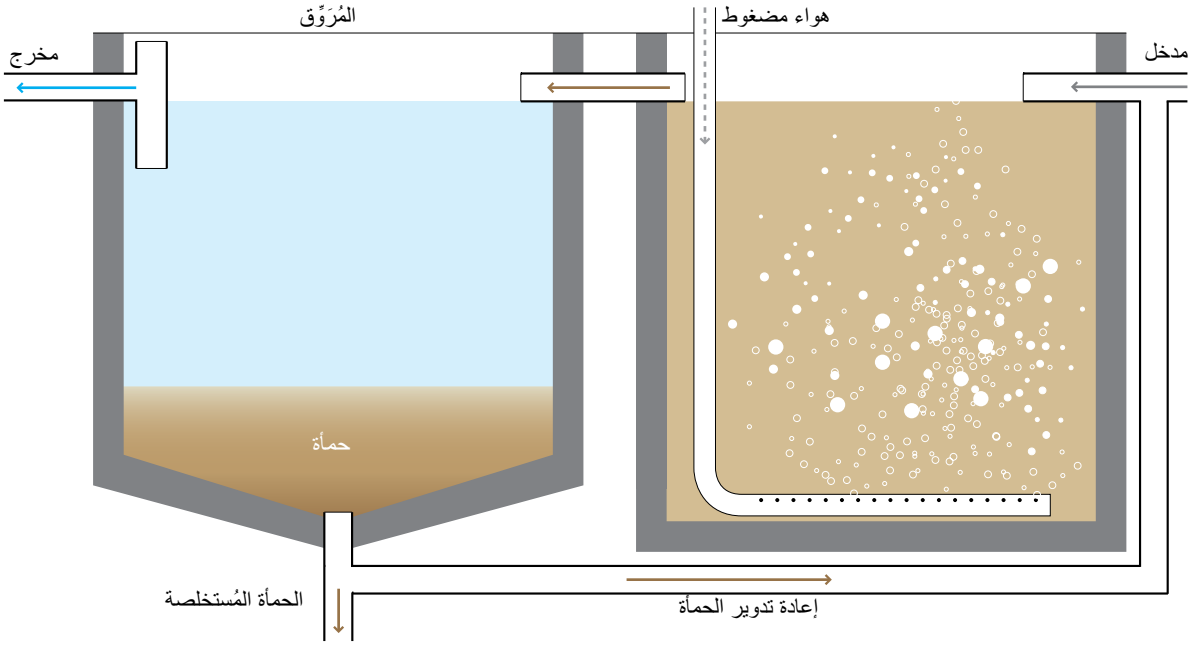
قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:
- المنزل
- ★ الحي السكني
- ★★ المدينة

مستوى الإدارة:
- منزلي
- مشترك
- ★★ عام

المُدخلات: التدفقات السائلة الخارجة، المياه السوداء، المياه البُنِّية، المياه الرمادية

المُخرجات: التدفقات السائلة الخارجة، الحمأة



عملية الحمأة المُنشطة Activated Sludge تُشير إلى وحدة مُعالجة تتكون من مُفاعل مُتعدد الغُرَف، والذي يتَستخدم الكائنات الحيَّة الدقيقة المُركزة لتحلل المواد العضوية، ولإزالة المُغذيات من مياه الصرف؛ وذلك من أجل إنتاج تدفقات سائلة خارجة عالية الجودة. وللحفاظ على الظروف الهوائية، ولإبقاء الحمأة النشطة مُعلّقة، فإن إمدادات الأكسجين المُستمرة والمنتظمة مطلوبة.

يُمكن استخدام العديد من التجهيزات المختلفة لعملية الحمأة المُنشطة لضمان مزج وتهوية مياه الصرف جيدًا في حَوْض التهوية، ويُمكن القيام بعمليتي التهوية والمزج عن طريق ضخ الهواء أو الأكسجين إلى الخزَّان، أو باستخدام أجهزة التهوية السطحية. تُؤكسد الكائنات الحية الدقيقة الكربون العضوي الموجود في مياه الصرف، مما يؤدي إلى إنتاج خلايا جديدة، وثاني أكسيد الكربون والماء. على الرغم من أن البكتريا الهوائية هي الكائنات الحية الأكثر تواجدًا داخل المُفاعل، فإن البكتريا الاختيارية Facultative Bacterial -بالإضافة إلى بعض الكائنات الحية الأكبر- ممكن أن تتواجد. التكوين الفعلي لمحتوى المُفاعل يعتمد على التصميم، والبيئة، وخصائص مياه الصرف.

الندف (تكتلات من جزيئات الحمأة النشطة) التي تكونت في حَوْض التهوية، يُمكن إزالتها في المُرَوِّق الثانوي، وذلك عن طريق الترسيب الطبيعي المُعتمد على الجاذبية الأرضية. يتم إعادة تدوير جزء من هذه الحمأة من المُرَوّقات إلى المُفاعل مرة أخرى. يُمكن تصريف التدفقات السائلة الخارجة أو مُعالجتها في مُنشأة مُعالجة ثلاثية إذا لزم الأمر لاستخدامها فيما بعد.

اعتبارات التصميم تُعتبر عمليات الحمأة المُنشطة جزءًا واحدًا من نظام مُعالجة متكامل؛ فهي تُستخدم -عادةً- بعد عملية المُعالجة الابتدائية (التي تُزيل المواد الصلبة القابلة للترسيب)، ويليها -أحيانًا- خطوة مُعالجة نهائية (انظر المُعالجة اللاحقة، صفحة 136). تكون العمليات الحيوية فعَّالة في إزالة المواد الذائبة، والمواد الغروية Colloidal، والجسيمات. يُمكِن تصميم المُفاعل للنترجة وإزالة (عكس) النترجة (إزالة النتروجين باختزال النترات) الحيوية، وكذلك عملية الإزالة الحيوية للفوسفور.

يجب أن يعتمد التصميم على التقدير الدقيق لمُكوّنات وحجم مياه الصرف. وتتدهور كفاءة عملية المُعالجة بشدة إذا كانت المحطة أقل أو أكبر من حيث الأبعاد المطلوبة. اعتمادًا على درجة الحرارة، فإن زمن بقاء المواد الصلبة Solids Retention Time (SRT) في المُفاعل يتراوح ما بين 3 إلى 5 أيام لإزالة الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD، ويتراوح ما بين 3 إلى 18 يوم لعملية النترجة.

تتطلب الحمأة الناتجة من عمليات مُعالجة؛ لتقليل محتواها من المياه والمواد العضوية، ومن أجل الحصول في النهاية على مُنتج مُثبَّت ومُناسب للاستخدام أو التخلص النهائي، ومن المهم اعتبار هذه الخطوة في مرحلة التخطيط لمحطة المُعالجة.

للحصول علي جودة التدفقات السائلة الخارجة المطلوبة من حيث

محتواهـا من الاحتياج الحيـوي للأكسـجين BOD، والنتروجين، والفسـفور، فـإن بعـض التعديـلات المختلفـة تمـت إضافتها إلى التصميـم الأساسـي الخـاص بالحمـأة المُنشـطة؛ وتشـمل بعض التعديـلات المعروفـة علـى: المُفاعـلات ذات الدُفعـات المُتتابعة Sequencing Batch Reactors (SBR)، وقنـوات الأكسـدة Oxidation Ditches، والتهويـة المُمتدة Extended Aeration، والأحـواض المُتحرّكـة Moving Beds، ومُفاعـلات الأغشـية الحيويـة Membrane Bioreactors.

المُلاءَمَـة عمليـة الحمـأة المُنشـطة تكـون مُناسـبة فقـط لمرفق المُعالجـة المركزية الـذي يتواجد به طاقم مُـدَرَّب جيدًا، وإمدادت مُسـتمرة مـن الكهربـاء، ونظـام إدارة مُحكـم لتشـغيل وصيانـة المرفـق بشـكل صحيح.
تكـون هـذه التقنية أكثـر فعَّالية فـي مُعالجة الكميـات الكبيرة من التدفقـات، وذلك بسـبب الجـدوى الاقتصاديـة للكميـات الكبيرة، ومحدوديـة التغيـرات فـي خصائـص تدفقاتهـا السـائلة الداخلة. عمليـة الحمأة المنشـطة تكون مُناسـبة تقريبًا فـي أي مناخ، ومع ذلـك فإن قُـدرة المُعالجـة تقل فـي المناخات الأكثـر برودة.

الجوانـب الصحية / القبول بسـبب متطلبات المسـاحة ومشـاكل الروائـح، تقـع مرافق المُعالجـة المركزية على أطـراف المناطق ذات الكثافـة السـكانية العالية. على الرغم من أن جـودة التدفقات السـائلة الخارجـة المُنتجـة تكـون عاليـة، فإنهـا لا تزال تشـكل خطـرًا علـى الصحة، وينبغي ألا يتـم التعامل معها مباشـرة. في الحمـأة الزائـدة يكون هناك انخفـاض كبير لمسـببات الأمراض، ولكـن لا يتـم القضاء عليهـا نهائيًا.

التشـغيل والصيانـة تتطلـب طاقمًـا مُدربًا جيـدًا من أجـل القيام بعمليـات الصيانـة وإصـلاح الأعطـال. ويجـب القيـام بأعمـال الصيانـة باسـتمرار للمُعِـدَّات الميكانيكيـة (الخلاطـات، وأجهزة التهويـة، والمضخـات). كذلـك، يجـب متابعـة التدفقات السـائلة الداخلـة والخارجة باسـتمرار، وضبط مُعامـلات التَحَكُّم الخاصة بهـا إذا لـزم الأمر؛ وذلـك لتجنب بعض الحالات غيـر الطبيعية، التـي قد تـؤدي إلى قتل الكتلة الحيوية النشـطة، وزيـادة الكائنات الحيـة الدقيقـة الضـارة التي تُسـبب مشـاكل فـي المُعالجة (على سـبيل المثال: البكتريـا الخيطيـة Filamentous Bacteria).

الإيجابيات والسلبيات

+ مُقاومة للأحمال العضوية والهيدروليكية المفاجئة.
+ يُمكن تشـغيلها على نطاق كبير مـن مُعدَّلات الأحمال العضوية والهيدروليكية.
+ تخفيض كبير الحيوي للأكسـجين BOD، ومسـببات الأمراض (بنسـبة تصل إلى 99%).
+ إمكانية الإزالة الكبيرة للمُغذيات.
+ يُمكن تعديلها لتلبية المواصفات والحدود الخاصة بالتصريف.
- اسـتهلاك الطاقـة مرتفـع، وهنـاك حاجـة إلـى مصـدر دائـم للكهربـاء.
- تكاليف رأس المال والتشغيل كبيرة.
- تتطلب أن يقوم بأعمال التشغيل والصيانة أفرادًا ذا خبرة.
- عُرضـة لمشـاكل كيميائيـة وميكروبيولوجيـة (ميكروحيوية) مُعَقّدة.
- قد لا تكون جميع الأجزاء والمواد متوفرة محليًا.
- تتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- الحمـأة والتدفقات السـائلة الخارجة تتطلب مزيـدًا من المُعالجة و/أو التصريف بشـكل مُناسب.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي (2015). *برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي*. جمهورية مصر العربية.

_ حيدر محمد عبد الحميد وآخرون (2012). *كراس استرشادي عن إدارة المخلفات السائلة للأنشطة الخدمية محطات الصرف الصحي ووحدات المعالجة في المؤسسات الصحية*، بغداد، العراق.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي في محطات المعالجة*، سوريا.

_ موجن هينز وآخرون (2008). *المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى*، المبادئ وأعمال النمذجة والتصميم، الجمعية الدولية للمياه IWA.

مراجع إنجليزية:

_ von Sperling, M. and de Lemos Chernicharo, C. A. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions*, Volume Two. IWA Publishing, London, UK. Available at: www.iwawaterwiki.org

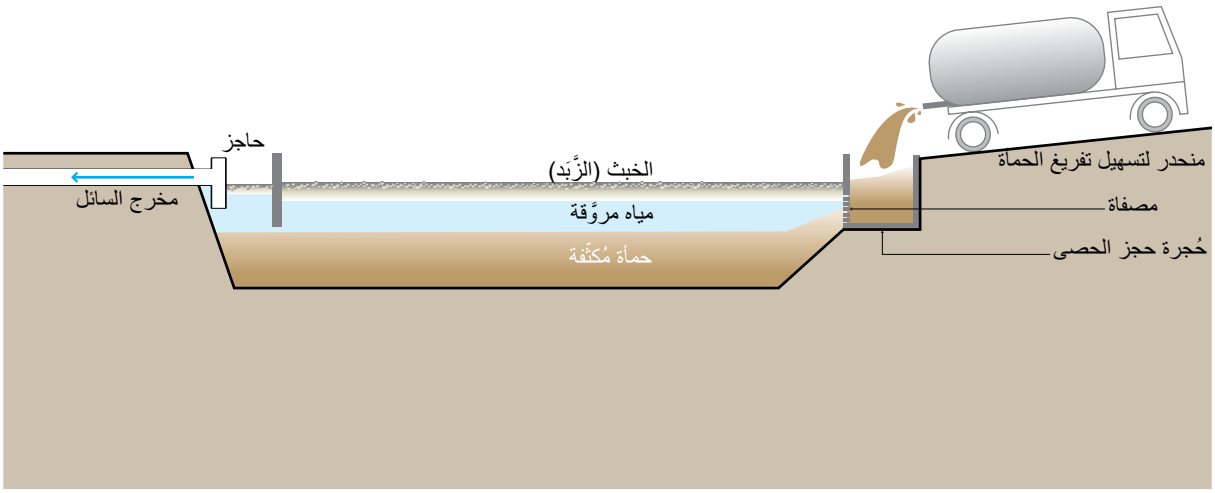
_ Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US.

_ Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US. pp. 451-504.

بِرَك الترسيب/التكثيف

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات:
المنزل	منزلي	الحمأة
★ الحي السكني	مشترك	
★★ المدينة	★★ عام	
		المُخرجات: الحمأة، التدفقات السائلة الخارجة



بِرَك الترسيب أو التكثيف Sedimentation / Thickening Ponds هي عبارة عن بِرَك ترسيب تسمح للحمأة بأن تُصبح كثيفة (مُغلَّظة) ومنزوعة الماء. يتم تصريف التدفقات السائلة الخارجة من البِرَك ومعالجتها، بينما تخضع الحمأة المتكثفة لمزيد من عمليات المُعالجة في تقنيات لاحقة.

حمأة مياه المجاري Faecal Sludge ليست بمُنتج متجانس، لذلك فإن مُعالجتها لا بد أن تكون مُحددةً وفقًا لخصائص الحمأة. يصعب نزع الماء من الحمأة التي ما زالت غنية بالمواد العضوية ولم تخضع للتحلل بشكلٍ كافٍ؛ وهذا على العكس من الحمأة التي حدث لها تحللٌ لاهوائيٌ كافٍ التي يكون من السهل نزع الماء منها.

يجب تثبيت الحمأة المُنتجة حديثًا والغنية بالمواد العضوية (على سبيل المثال: حمأة المراحيض الخاصة، أو العامة)، وذلك من أجل تجفيفها بشكلٍ صحيح؛ ويتم ذلك بالسماح للحمأة أن تتحلل لاهوائيًا في بِرَك الترسيب/التكثيف. ويمكن استخدام هذه البِرَك لتكثيف الحمأة التي حدث لها تثبيت جزئي (مثل تلك التي تنشأ من خزَّان التحليل (التخمير)، ج.9)، على الرُّغم من أنَّها تخضع لعمليات تَحَلُّل أقل وتتطلب المزيد من الوقت من أجل ترسيبها. قد تُعيق عملية التحلل عملية ترسيب الحمأة؛ لأن الغازات التي تنتجها عملية التحلل تصعد على شكل فقاعات، وترفع المواد الصلبة لأعلى. كُلَّما تم ترسيب وهضم الحمأة، فإنه يجب مُعالجة السائل الطافي الرائق Supernatant (مياه مروَّقة) الناتج عن ذلك بشكل مُنفصل. الحمأة المتكثفة يمكِن أن تُجفَّف بعد ذلك، أو تدخل في عمليات إعداد السماد لاحقًا.

اعتبارات التصميم تتطلب بِرَك الترسيب/التكثيف خزَّانين يعملان على التوازي: بحيث يُمكن تشغيل أحدهم، في حين يتم تفريغ الثاني في نفس الوقت. ولتحقيق الكفاءة القصوى، فإن فترات التحميل والراحة يجب أن لا تتعدى 4 إلى 5 أسابيع، على الرغم من أن دورات التشغيل الأطول هي الشائعة. حين تكون فترة التحميل 4 أسابيع وفترة الراحة 4 أسابيع، فإن تركيز المواد الصلبة الكلية Total Solids (TS) في الحمأة يزداد بنسبة قد تصل إلى 14% (اعتمادًا على التركيز الأولي).

المُلاءَمة بِرَك الترسيب/التكثيف مُناسبة عند توفر مساحة كافية غير مكلفة ومتواجدة بعيدًا عن المنازل ومناطق الأعمال؛ حيث يجب إنشاؤها على أطراف مناطق تجمع السكان. الحمأة المتكثفة تكون مُعدية، إلا إنه يسهل التعامل معها، حيث تصبح أقل تناثرًا لقطرات المياه و الرذاذ.
تتطلب طاقمًا مُدربًا لأعمال التشغيل والصيانة؛ لضمان عملها بشكل فعَّال.
تُعتبر بِرَك الترسيب/التكثيف خيارًا مُنخفض التكلفة، ويُمكن إنشاؤها في مُعظم المناخات الحارة والمُعتدلة. ولكن قد تمنع الأمطار الغزيرة الحمأة من الترسيب والتكثيف بشكل صحيح .

الجوانب الصحية / القبول تُعتبر الحمأة الداخلة والمكثَّفة مُسببة للأمراض؛ لذلك، يجب تزويد العاملين بوسائل الحماية المُناسبة (الأحذية الطويلة، والقفازات، والملابس الواقية). تكون الحمأة المكثفة غير معقمة، وتتطلب مزيدًا من عمليات المُعالجة (على الأقل عملية تجفيف) وذلك قبل التخلص منها أو الاستخدام النهائي لها.
قد تسبب البِرَك إزعاجًا لسكان المناطق المجاورة؛ نتيجةً للروائح الكريهة ووجود الذباب. وبالتالي، فإنها يجب أن تتواجد بعيدًا بما فيه الكفاية عن المناطق السكنية.

التشغيل والصيانة تُعتبر الصيانة مهمة لكي تعمل البِرَك بصورة جيدة، لكنها غير متكررة بشكلٍ كبير. يجب الحفاظ على صيانة منطقة التفريغ، وإبقائها نظيفةً للحد من احتمالية انتقال الأمراض والإزعاج (الذباب والروائح). ويجب إزالة النفايات الصلبة -التي يتم تصريفها مع الحمأة- من المصافي الموجودة عند مداخل البِرَك.
كما تَجب الإزالة الميكانيكية للحمأة المكثفة (بعد تكثيفها بدرجة كافية)، وذلك بواسطة معدَّة تحميل (لودر أمامي، أو تركس) أو معدات مُتخصصة أخرى.

الإيجابيات والسلبيات

+ الحمأة المكثفة يسهل التعامل معها، وتُعتبر أقل عُرضة لتناثر قطرات المياه والرذاذ.
+ يُمكن إنشاؤها وإصلاحها بالمواد المتوفرة محليًا.
+ تكاليف رأس المال مُنخفضة نسبيًا، وتكاليف التشغيل مُنخفضة.
+ لا تتطلب طاقة كهربائية.
- تتطلب مساحة أرض كبيرة.
- تواجد ملحوظ للروائح والذباب.
- طول وقت التخزين.
- تتطلب معدة تحميل (لودر أمامي، أو تركس) لعملية إزالة الحمأة.
- تتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- الحمأة والتدفقات السائلة الخارجة تتطلب مزيدًا من المُعالجة و/أو التصريف بشكل مُناسب.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ حيدر محمد عبد الحميد وآخرون (2012). *كراس استرشادي عن إدارة المخلفات السائلة للأنشطة الخدمية محطات الصرف الصحي ووحدات المعالجة في المؤسسات الصحية، بغداد*، العراق.

_ محمد عزيزي وفاطمة جعارة (2010). *مقرر محطات معالجة مياه الصرف الصحي*، الجمهورية العربية السورية.

_ منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي للشرق الأوسط (2004). *إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة*، عمان، الأردن.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

مراجع إنجليزية:

_ Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation. IWA Publishing*, London, UK.
Available at: www.sandec.ch

_ Montangero, A. and Strauss, M. (2002). *Faecal Sludge Treatment.Lecture Notes*, UNESCO-IHE, Delft, NL.
Available at: www.sandec.ch

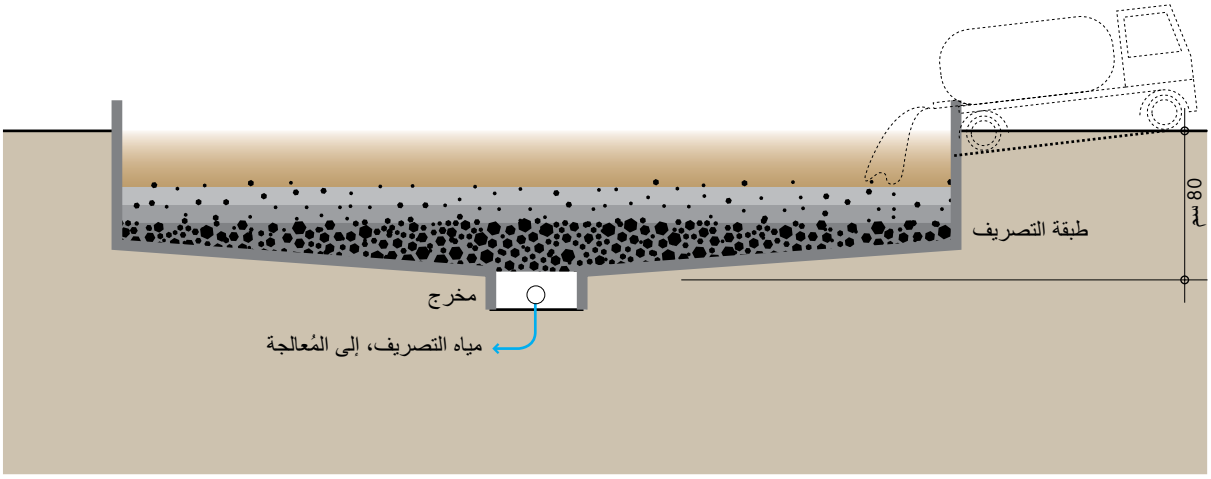
_ Heinss, U., Larmie, S. A. and Strauss, M. (1999). *Characteristics of Faecal Sludges and Their Solids-Liquid Separation*. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Available at: www.sandec.ch

_ Heinss, U., Larmie, S. A. and Strauss, M. (1998). Solids Separation and Pond Systems for the Treatment of Faecal Sludges in the Tropics – Lessons Learnt and Recommendations for Preliminary Design. 2nd Ed. Report 05/98. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Available at: www.sandec.ch

أحواض التجفيف غير المزروعة

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: الحمأة
المنزل ★ الحي السكني ★★ المدينة	منزلي مشترك ★★ عام	**المُخرجات:** الحمأة التدفقات السائلة الخارجة



أحواض التجفيف غير المزروعة Unplanted Drying Beds هي أحواض بسيطة ذات قاع مساميّ. عندما تمتلئ الأحواض بالحمأة، فإنَّها تجمّع السوائل المُترشحة، وتسمح للحمأة بأن تجف عن طريق التبخر. يتم التخلص من حوالي 50% إلى 80% من حجم الحمأة عن طريق ارتشاح السوائل أو تبخرها، ومع ذلك فإنّ الحمأة ليست مُثبّتة (مهضومة جيدًا) أو مُطهّرة على نحوٍ فعَّال.

يتم بسط قاع أحواض التجفيف بأنابيب مُثقبة لتصريف السوائل المرتشحة من الحوض، وتُوجد فوق الأنابيب طبقات من الحصى والرمال التي تدعم الحمأة، وتسمح للسائل بالارتشاح والتجمع في أنابيب التصريف. ولا ينبغي تطبيقها عندما تكون الحمأة سميكة للغاية (الحد الأقصى هو 20 سنتيمترًا)، وإلا فلن تجف الحمأة بشكل فعَّال. يجب أن يكون مُحتوى الرطوبة النهائي بعد 10 إلى 15 يومًا من التجفيف ما يقرب من 60%. عندما يتم تجفيف الحمأة، فإنَّه يجب أن يتم فصلها عن طبقة الرمال، ويتم نقلها لمزيد من عمليات المُعالجة، أو الاستخدام، أو التخلص النهائي. ويجب أن يتم التعامل مع السوائل المرتشحة -التي تُجمَعُ في أنابيب التصريف- بشكل صحيح، وهذا يتوقف على المكان الذي يتم تصريفها إليه.

اعتبارات التصميم تتم تغطية أنابيب الصرف بحوالي 3-5 طبقات مُتدرجة من الحصى والرمال؛ الطبقة السفليّة يجب أن تكون من الحصى الخشن، أما الطبقة العليا فمن الرمال الناعمة (0.1 إلى 0.5 ملليمتر هو حجم الحبيبات الفعَّال). يجب أن يتراوح سمك طبقة الرمال في الأعلى ما بين 250 إلى 300 ملليمتر؛ لأن بعض الرمال سيتم فقدانها في كل مرة يتم فيها إزالة الحمأة.

لتحسين عمليتيّ التجفيف والارتشاح، فإنه يُمكن استخدام الحمأة بالتناوب بين حوضين أو أكثر. ويجب أن يكون المدخل مُجهّزًا بمنصةٍ لتوزيع السائل المُتدفق بالرش؛ وذلك لمنع انجراف طبقة الرمال، وللسماح بعملية توزيعٍ جيدةٍ للحمأة.

يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار الصيانة المستقبلية في تصميم أحواض التجفيف غير المزروعة، لأن ضمان وصول الناس والشاحنات لضخ الحمأة وإزالة الحمأة المجففة أمر ضروري. إذا تم إنشاء المَرفق في المناخات الرطبة فيجب تغطية السقف والحرص الشديد على منع تدفق مياه الجريان السطحي إلى المرفق.

المُلاءَمة تجفيف الحمأه هي طريقة فعَّالة لخفض حجمها، وذلك مهم للغاية عند نقلها إلى مكان آخر لمزيد من عمليات المُعالجة، أو الاستخدام، أو التخلص النهائي. هذه التقنية ليست فعالة في تثبيت جزيئات المواد العضوية أو تخفيض مسببات الأمراض. قد تتطلب الحمأة المجففة مزيدًا من التخزين أو المُعالجة (على سبيل المثال؛ إعداد السماد مع إضافة المواد العضوية م.16).

تناسب أحواض التجفيف غير المزروعة -بشكل أكبر- المُجتمعات الصغيرة إلى المتوسطة، ذات كثافةٍ سكانيةٍ قد تصل إلى 100 ألف نسمة، ولكن توجد أحواض أخرى أكبر، حيث

تكون مُناسبة للتجمعات الحضرية الكبيرة. أحواض التجفيف غير المزروعة تُناسب المناطق الريفية وشبه الحضرية حيث تتوفر المساحة بثمن قليل، وتقع بعيدًا عن المنازل ومناطق الأعمال.
إذا تم تصميمها من أجل خدمة المناطق الحضرية؛ فإن أحواض التجفيف غير المزروعة يجب أن تُنشَأ عند أطراف المدينة، ولكن يجب أن تكون أيضًا في المتناول الاقتصادي للعاملين على التفريغ والنقل بواسطة المحركات. هذا الخيار مُنخفض التكلفة ويمكن انشاؤه في معظم المناخات الحارة والمُعتدلة. الأمطار الغزيرة قد تمنع الحمأة من الجفاف بشكل صحيح.

الجوانب الصحية / القبول تُعتبر الحمأة الداخلة المُخفَّفة مُسببة للأمراض؛ لذلك يجب تزويد العاملين بوسائل الحماية المُناسبة (الأحذية الطويلة، والقفازات، والملابس الواقية). تكون الحمأة المجففة والتدفقات السائلة الخارجة غير معقمة وتتطلب مزيدًا من عمليات المُعالجة أو التخزين، وذلك اعتمادًا على الاستخدام النهائي المطلوب.
قد تسبب أحواض التجفيف إزعاجًا لسكان المناطق المجاورة؛ نتيجة للروائح الكريهة ووجود الذباب. وبالتالي فإنها يجب أن تتواجد بعيدًا بما فيه الكفاية عن المناطق السكنية.

التشغيل والصيانة تتطلب طاقمًا مُدربًا لأعمال التشغيل والصيانة؛ لضمان عملها بشكل فعَّال.
يُمكن إزالة الحمأة الجافة بعد حوالي 10-15 أيام، ولكن يعتمد ذلك على الظروف المناخية. ولأنَّ بعض الرمال يتم فقدها مع كل عملية إزالة للحمأة، فإن الطبقة العُليا يجب أن يتم استبدالها عندما تُصبح رقيقة. ويجب الحفاظ على نظافة منطقة التفريغ، كما يجب تنظيف مصارف التدفقات السائلة الخارجة بانتظام.

الإيجابيات والسلبيات

+ كفاءة جيدة لنزع المياه، خاصةً في المناخات الجافة والحارة.
+ يُمكن إنشاؤها وإصلاحها بالمواد المتوفرة محليًا.
+ تكاليف رأس المال مُنخفضة نسبيًا، تكاليف التشغيل مُنخفضة.
+ عملية التشغيل بسيطة، تتطلب الاهتمام على فترات مُتقطعة فقط.
+ لا تتطلب طاقة كهربائية.
- تتطلب مساحة أرض كبيرة.
- تواجد ملحوظ للروائح والذباب.
- تتطلب جهودًا كبيرة لإزالة الحمأة.
- قدرة محدودة على تثبيت المواد العضوية وإزالة مسببات الامراض.
- تتطلب خبرة في أعمال التصميم والإنشاء.
- السوائل المُرتَشِحة تتطلب مزيدًا من المُعالجة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

مراجع إنجليزية:

_ Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing, London, UK.
Available at: www.sandec.ch

_ Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US

_ Montangero, A. and Strauss, M. (2002). *Faecal Sludge Treatment.Lecture Notes*, UNESCO-IHE, Delft, NL.
Available at: www.sandec.ch

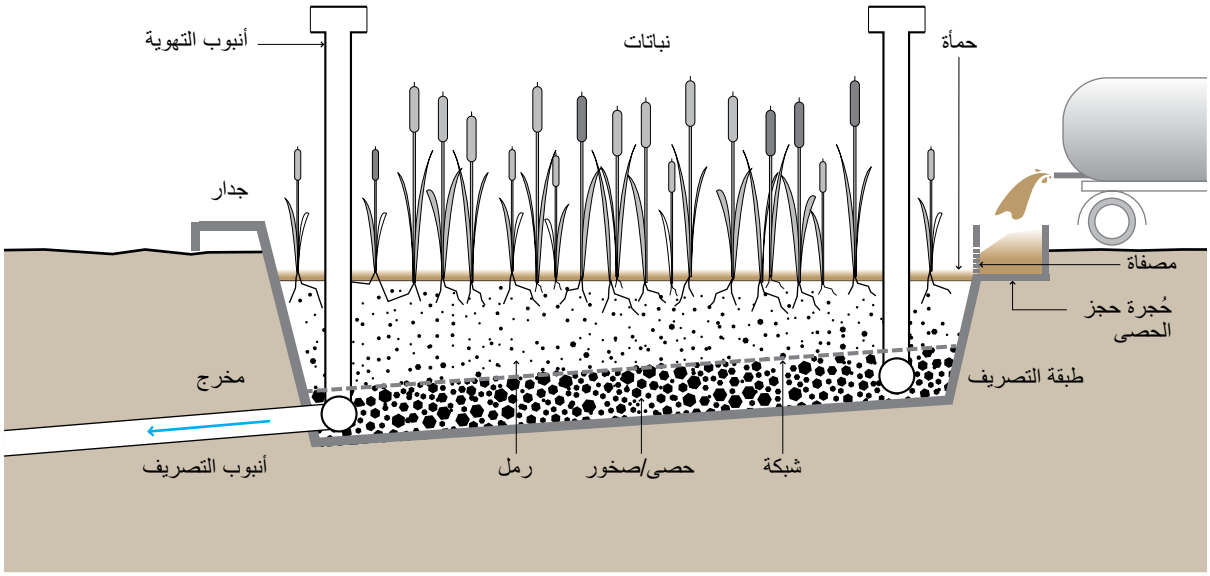
_ Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB/McGraw-Hill, New York, US.

_ Heinss, U. and Koottatep, T. (1998). *Use of Reed Beds for Faecal Sludge Dewatering. A Synopsis of Reviewed Literature and Interim Results of Pilot Investigations with Septage Treatment in Bangkok*, Thailand. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH and AIT, Bangkok, TH.
Available at: www.sandec.ch

أحواض التجفيف المزروعة

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: الحمأة
المنزل	منزلي	
الحي السكني ★	مشترك	المُخرجات: الحمأة التدفقات السائلة الخارجة
المدينة ★★	عام ★★	الكتلة الحيوية



أحواض التجفيف المزروعة Planted Drying Beds هي مُشابهة لأحواض التجفيف غير المزروعة (م.14)، ولكن لديها مميزات إضافية من حيث النتح وكفاءة مُعالجة الحمأة بسبب وجود النباتات. التحسين الرئيسي الذي يُميز الأحواض المزروعة عن الأحواض غير المزروعة هو أن المُرشِّحات لاتحتاج إلى أن تخضع لعملية إزالة الحمأة منها بعد كل دورة تغذية/تجفيف. وتتم إضافة الحمأة الجديدة مباشرة على الطبقة السابقة؛ حيث إن النباتات وجذورها تُحافظ على مسامية المُرشِّح.

هذه التقنية تتميز بقدرتها على نزع المياه وتثبيت الحمأة. كما أن جذور النباتات تقوم بعمل مسارات خلال عملية تكثيف الحمأة بما يَسمح للمياه بأن تتسرب بسهولة من خلالها.
المظهر الخارجي للحوض يشبه الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الرأسي (م.9)؛ حيث يكون قاع الأحواض مُمتلئ بالرمال والحصى ليرتكز عليه الغطاء النباتي؛ لكن بدلًا من التدفقات السائلة الخارجة، فإن الحمأة تتدفق فوق سطح الحوض، وتنساب الرُشاحة إلى الأسفل عبر الطبقة تحت السطحية، حيث يتم جمعه في المصارف.

اعتبارات التصميم تُساهم أنابيب التهوية المُتصلة بنظام التصريف في تعزيز الظروف الهوائية داخل المُرشِّح.
التصميم العام للطبقات في الحوض يكون كالتالي:
1) 250 ملليمترًا من الحصى الخشن (قطر حُبَيبَة الحصى 20 ملليمترًا)؛
2) 250 ملليمترًا من الحصى الناعم (قُطر الحُبَيبَة 5 ملليمترات)؛
3) 100 إلى 150 ملليمترًا من الرمل.
يجب أن تُترك مساحةٌ فارغةٌ (1 متر) فوق سطح طبقة الرمل باعتبار مدة تراكم تتراوح ما بين 3 إلى 5 سنوات.
اعتمادًا على المناخ، فإن البوص Reed، وأعشاب البرك Cattails، والدنيبة Antelope Grass (إيكينوكلوا هرمية Echinochloa Pyramidalis)، والبردي Papyrus تُعَدُّ نباتاتٍ مُناسبةً. كما يُمكن أن تُستخدم الأصناف المحلية غير الغازية (التي لا تغزو البيئة الطبيعية non-invasive) إذا كانت تستطيع أن تنمو في ظروف رطبة وتقاوم المياه المالحة وتتكاثر بسهولة بعد قطعها.
يجب ضخ الحمأة في طبقات يتراوح سُمكها ما بين 75 إلى 100 ملليمتر، ويعاد الضخ كل 3 إلى 7 أيام، اعتمادًا على خصائص الحمأة والظروف البيئية وظروف التشغيل. وقد تم تحقيق مُعدَّل ضخٍّ للحمأة يتراوح ما بين 100 إلى 250 كجم/م²/السنة في المناخات الاستوائية الدافئة، وفي المناخات الباردة، مثل شمال أوروبا، تصل المُعدَّلات النموذجية إلى 80 كجم/م²/السنة. يُمكن استخدام اثنين أو أكثر من الأحواض المتوازية بالتناوب؛ للسماح بالتَحلل الكافي، وتقليل مُسببات الأمراض للطبقة العليا من الحمأة قبل إزالتها.
ويجب أن يتم التعامل مع السوائل المرتشحة -التي تُجمع في أنابيب التصريف- بشكل صحيح، وهذا يتوقف على المكان الذي يتم تصريفها إليه.

الملاءمة هذه التقنية فَعَّالة في تقليل حجم الحمأة (تخفيض يصل إلى 50%) عن طريق التحلل والتجفيف، وذلك مهم للغاية عند نقلها إلى مكان آخر للمزيد من عمليات المُعالجة، أو الاستخدام، أو التخلص النهائي.
بسبب مُتطلبات المساحة الخاصة بها، فإنَّ أحواض التجفيف المزروعة تناسب -بشكل أكبر- المُجتمعات الصغيرة إلى المتوسطة، ذات كثافةٍ سكانيةٍ قد تصل إلى 100 ألف نسمة، ولكنها يُمكن أن تستخدم أيضًا في المدن الكبيرة. إذا تم تصميمها من أجل خدمة المناطق الحضرية؛ فإن أحواض التجفيف المزروعة يجب أن تكون عند أطراف المدينة، ولكن أيضًا في المتناول الاقتصادي للعاملين على التفريغ والنقل بواسطة المحركات.

الجوانب الصحية / القبول بسبب مظهرها الجمالي، فمشاكل قبولها تكون قليلة، خاصةً إذا كانت تقع على مسافةٍ كافيةٍ من المناطق الكثيفة بالسكان. إذا كانت منطقة المزروعات ساكنة (لا تحدث اضطرابات) فإن ذلك يُمكن أن يجذب الحيوانات والزواحف البرية، بما في ذلك الثعابين السامة.
تُعتَبر حمأة مياه المجاري خطرة، لذلك ينبغي على أيّ شخص يتعامل معها أن يرتدي الملابس واقية، والأحذية الطويلة، والقفازات. درجة تخفيض مُسببات الأمراض في الحمأة تختلف باختلاف المناخ. واعتمادًا على الاستخدام النهائي المطلوب، فإن الحمأة قد تتطلب مزيدًا من التخزين والتجفيف.

التشغيل والصيانة تتطلب طاقمًا مُدربًا لأعمال التشغيل والصيانة؛ لضمان عملها بشكل فعَّال. يجب صيانة المصارف، كما يجب تجميع التدفقات السائلة الخارجة والتخلص منها بشكل سليم. يجب أن تنمو النباتات لفترة كافية قبل أن يتم ضخ الحمأة إلى الحوض، كما أن مرحلة تأقلمها تتطلب مزيدًا من العناية. ويجب تقليم النباتات و/أو حصادها بشكل دوري. وبعد فترة تتراوح ما بين 3 إلى 5 سنوات يُمكن إزالة الحمأة.

الإيجابيات والسلبيات

+ بإمكانها التعامل مع الأحمال العالية.
+ تُعالِج الحمأة بشكل أفضل من أحواض النباتات غير المزروعة.
+ يمكن إنشاؤها وإصلاحها بالمواد المتوفرة محليًا.
+ تكاليف رأس المال والتشغيل مُنخفضة نسبيًا.
+ زراعة الفاكهة والعلف في الأحواض يمكن أن يُولِّد الدخل.
+ لا تتطلب طاقة كهربائية.
- تتطلب مساحة أرض كبيرة.
- تواجد ملحوظ للروائح والذباب.
- تتطلّب فترة تخزين طويلة.
- تتطلب عمالة كثيفة من أجل عملية إزالة الحمأة.
- تتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- السوائل المُرتشحة تتطلب مزيدًا من عمليات المُعالجة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع إنجليزية:

_ Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation. IWA Publishing, London, UK.
Available at: www.sandec.ch

_ Kengne Noumsi, I. M. (2008). Potentials of Sludge Drying Beds Vegetated with Cyperus papyrus L. and Echinochloa pyramidalis (Lam.) Hitchc. & Chase for Faecal Sludge Treatment in Tropical Regions [PhD dissertation]. University of Yaounde, Yaounde, CM.
Available at: www.north-south.unibe.ch

_ Koottatep, T., Surinkul, N., Polprasert, C., Kamal, A. S. M., Koné, D., Montangero, A., Heinss, U. and Strauss, M. (2005). Treatment of Septage in Constructed Wetlands in Tropical Climate – Lessons Learnt after Seven Years of Operation. Water Science & Technology 51 (9): 119-126.
Available at: www.sandec.ch

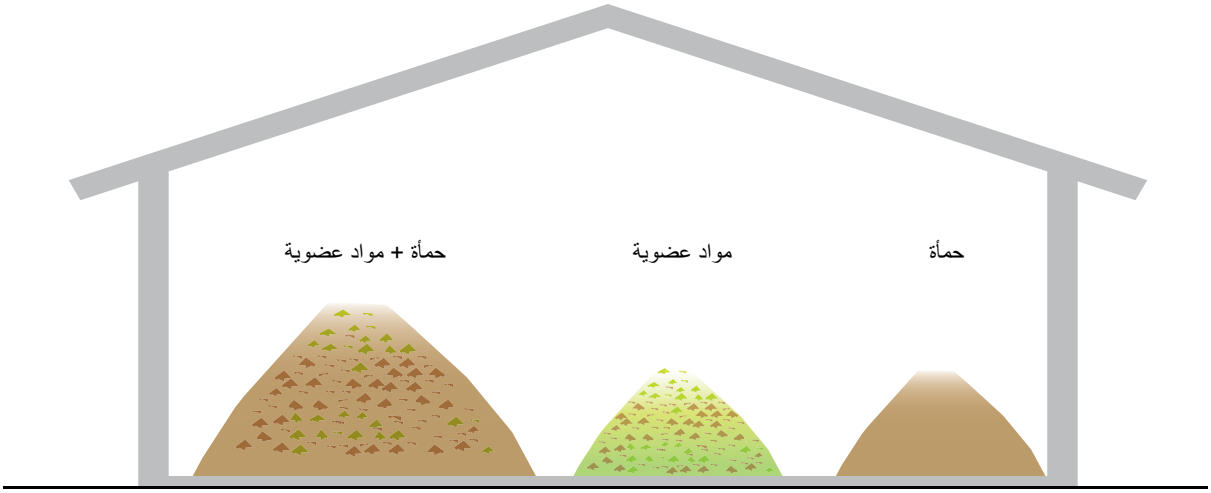
_ Tchobanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2004). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, 4th Ed. (Internat. Ed.). McGraw-Hill, New York, US. p. 1578.

_ Crites, R. and Tchobanoglous, G. (1998). Small and Decentralized Wastewater Management Systems. WCB/McGraw-Hill, New York, US.

_ Heinss, U. and Koottatep, T. (1998). Use of Reed Beds for Faecal Sludge Dewatering. A Synopsis of Reviewed Literature and Interim Results of Pilot Investigations with Septage Treatment in Bangkok, Thailand. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH and AIT, Bangkok, TH.
Available at: www.sandec.ch

م.16	إعداد السماد مع إضافة المواد العضوية	قابل للتطبيق في: **الأنظمة 1، 6-9**

مستوى التطبيق:	**مستوى الإدارة:**	**المُدخلات:** الحمأة مواد عضوية
المنزل ★ الحي السكني ★★ المدينة	منزلي ★ مشترك ★★ عام	**المُخرجات:** السماد العضوي



إعداد السماد مع إضافة المواد العضوية Co-Composting هي عملية تحلل هوائي مُتحكم به للمواد العضوية، باستخدام أكثر من مادة للتغذية (حمأة مياه المجاري والمخلفات العضوية الصلبة). حمأة مياه المجاري لديها مُحتوًى عالٍ من الرطوبة والنيتروجين، في حين أن المخلفات الصلبة القابلة للتحلل الحيوي تحتوي على نسبة عالية من الكربون العضوي، ولها خصائص تكتل جيدة (أي أنها تسمح للهواء بالتدفق والسريان). من خلال الجمع بين الاثنين، فإن فوائد كل منهما يُمكن استخدامها لتحسين العملية والمُنتج.

هناك نوعان من التصاميم الخاصة بعملية إعداد السماد مع إضافة المواد العضوية: إما مفتوحة أو مقفولة. في عملية إعداد السماد المفتوحة، يتم تكويم المواد المُمتزجة معًا (الحمأة والمخلفات الصلبة) في أكوام ممتدة على هيئة صفوف للتجفيف (تهوية Windrows) وتُترك لتتحلل؛ ويتم تقليب الأكوام المصفوفة بصورة دورية لتزويدها بالأكسجين، ولضمان أن كل الأجزاء تخضع لنفس المُعالجة الحرارية. أما عملية إعداد السماد المقفولة فإنها تتطلب رطوبة وإمدادات هواء متحكم بها، بالإضافة إلى الخلط الميكانيكي؛ لذلك، فهي ليست مناسبة بشكل عام للمرافق اللامركزية. على الرغم من أن عملية إعداد السماد تبدو كتقنيةٍ بسيطةٍ وخاملة، فإن المرفق الذي يعمل بشكل جيد يتطلب عمليتي تخطيط وتصميم دقيقين لتجنب الإخفاقات.

اعتبارات التصميم يجب أن يقع المرفق بالقرب من مصادر المخلفات العضوية وحمأة مياه المجاري، وذلك لتقليل تكاليف النقل، ولكن يجب -ايضًا- أن تظل بعيدة عن المنازل ومناطق الأعمال حتى لا تسبب الإزعاج. اعتمادًا على المناخ والمساحة المتاحة، فإنه يُمكن تغطية المرفق لمنع التبخر الزائد و/أو توفير الحماية من المطر والرياح. بالنسبة إلى الحمأة منزوعة الماء (المُجففة)؛ فإنَّه يجب إستخدام نسبة تتراوح ما بين 2:1 إلى 3:1 من الحمأة إلى المخلفات الصلبة. أما بالنسبة إلى الحمأة السائلة؛ فإنه يجب استخدام نسبة تتراوح ما بين 5:1 إلى 10:1 من الحمأة إلى المخلفات الصلبة. ويجب أن يكون ارتفاع الأكوام المصفوفة للتجفيف 1 متر على الأقل، ويجب أن يتم وضع طبقة عازلة فوقها باستخدام السماد أو التربة، وذلك لتعزيز التوزيع المتساوي للحرارة داخل الأكوام.

المُلاءَمَة تكون مرافق إعداد السماد مع إضافة المواد العضوية مُناسبة فقط عندما يكون هناك وفرة من المخلفات الصلبة القابلة للتحلل الحيوي والمفروزة جيدًا. ويجب أن يتم أولًا فرز المواد البلاستيكية والقمامة من المخلفات الصلبة؛ فإذا تم ذلك بشكل جيد، فإنه يُمكن إنتاج مُحسِّنٍ نظيف، وآمن، ومفيد للتربة. ولأن الرطوبة تلعب دور مهمًا في عملية إعداد السماد، فإنه يوصى بالمرافق المُغَطَّأة، خاصةً عندما يكون هناك هطول غزير للأمطار.
بصرف النظر عن الاعتبارات التقنية، فإن إعداد السماد يكون له أهمية فقط إذا كان هناك طلب على المُنتَج (من العملاء الذين يقومون بشراء المُنتَج). ومن أجل جذب

العمـلاء لشـراء المُنتـج، فإنّـه يجب إنتـاج نوعية سـمادٍ جيدةٍ باسـتمرار؛ وهـذا يعتمـد على الفـرز المبدئـيّ الجيـد، وعلى عمليـة المُعالجـة الحراريـة المُحكمة.

الجوانـب الصحية / القبول الحفـاظ على درجة حرارة تتراوح مـا بين 55 إلى 60 درجـة مئوية داخل الأكـوام يُمكن أن تحد مـن مسـببات الأمراض فـي الحمأة إلى مسـتوى آمنٍ للمِسِـها والتعامـل معهـا. علـى الرغم من أن السـماد النهائـي قد يكون آمنًـا فـي تداوله، فإنـه يجب توخّـي الحذر -بغـض النظر عن المُعالجـة السـابقة- أثنـاء التعامـل مـع الحمـأة. إذا وُجِـد أن المـادة تثيـر الغبار، فإنه علـى العمال ارتـداء الملابس الواقية واسـتخدام معـدات تنفـس مناسـبة. كمـا أن التهوية المناسـبة والسـيطرة علـى الغبار تُعَـدّ أمورًا مهمـة للغاية.

التشـغيل والصيانـة يجـب تصميم الخليط بعنايـة بحيث يحتوي علـى النسـبة الصحيحة من نسـبة الكربـون إلـى النيتروجين، كذلـك محتـوى الرطوبـة الأوكسـجين المناسـبين. يكـون من المُفيـد -إذا توفـرت الوسـائل- مُراقبـة تثبيط بويضـات ديدان الأمعـاء Helminth كمقيـاس تقريبـي لعمليـة التعقيم.
وجـود طاقـم مُدرب جيدًا هـو أمر ضروري لأعمال التشـغيل والصيانـة الخاصـة بالمرفق. يجـب أن يراقب عُمَّـال الصيانة جـودة المـواد الداخلـة بحـذر، وأن يتتبعـوا مسـار التدفقـات الداخلـة والخارجـة، والجـداول الزمنيـة للتقليـب، وأوقـات الإنضـاج؛ لضمـان الحصـول علـى مُنتج عـالِ الجـودة. كما يجـب التحكـم والمتابعـة لأنظمـة التهويـة الإجباريـة بعناية.
يحـب القيـام بالتقليب بشـكل دوري باسـتخدام إما مُعِّـدة تقليب ميكانيكيـة (لـودر أمامـي، أو تركس) أو باليد. تسـاعد المفارم المتينـة -الخاصـة بتقطيـع الأجـزاء الكبيـرة مـن المخلفـات الصلبـة (مثـل فـروع الأشـجار)- ومقلّبـات الأكـوام علـى تحسـين عمليـة إعداد السـماد، وعلى تخفيـض العمالة اليدوية، وضمـان تجانـس المُنتَـج النهائي.

الإيجابيات والسلبيات

+ سـهل نسـبيًا فيما يخُـص أعمال الإنشـاء والصيانـة مع وجود التدريب المناسـب.
+ يُوفـر مـوردًا قيمًـا يُمكـن أن يُحسّـن مـن الزراعـة المحلية وإنتـاج الغـذاء.
+ إزالـة عالية لبويضات ديـدان الأمعاء (أقل مـن بويضة واحدة لكل جرام مـن المواد الصلبـة الكُلّيّة)
+ يُمكن إنشاء وإصلاح المرفق باستخدام المواد المتوفرة محليًا.
+ تكاليف رأس المال والتشغيل مُنخفضة.
+ لا يتطلب طاقة كهربائية.
- يتطلب مساحة أرض كبيرة (وتقع في مكان مناسب).
- أوقات التخزين طويلة.
- تتطلـب خبـرة فـي التصميـم والتشـغيل بواسـطة أشـخاص متخصصيـن .
- تتطلب عمالة كثيفة.
- السـماد العضوي ثقيل جدًّا ليتم نقله بشـكل اقتصادي لمسـافات طويلة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي للشرق الأوسط (2004). إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة، عمان، الأردن.

مراجع إنجليزية:

_ Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation. IWA Publishing, London, UK.
Available at: www.sandec.ch

_ Rouse, J., Rothenberger, S. and Zurbrügg, C. (2008): Marketing Compost, a Guide for Compost Producers in Low and Middle-Income Countries. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Available at: www.sandec.ch

_ Strauss, M., Drescher, S., Zurbrügg, C., Montangero, A., Cofie, O. and Drechsel, P. (2003). Co-Composting of Faecal Sludge and Municipal Organic Waste. A Literature and State-of-Knowledge Review. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH and IWMI, Accra, GH.
Available at: www.sandec.ch

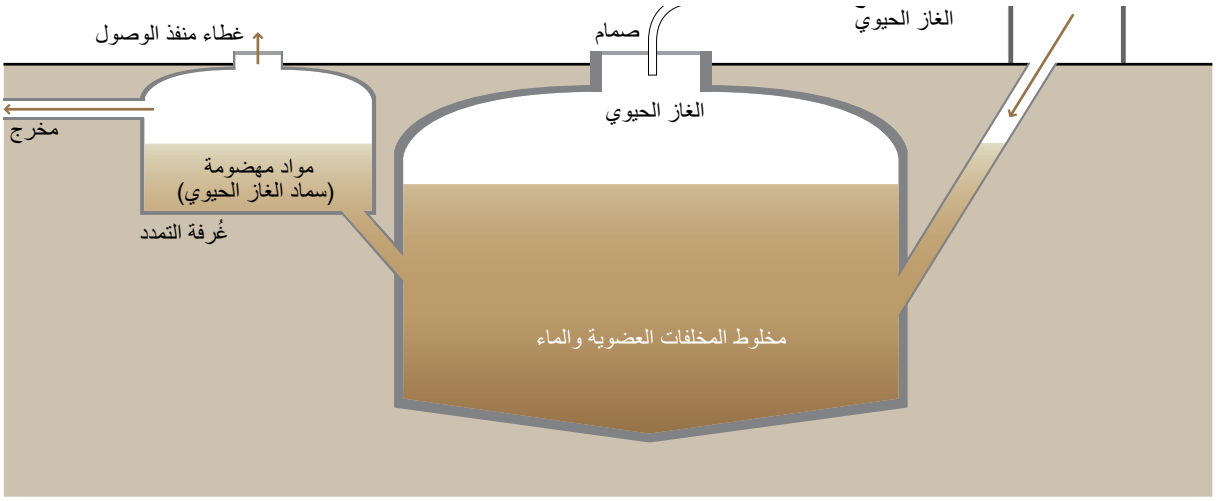
_ Hoornweg, D., Thomas, L. and Otten, L. (2000). Composting and Its Applicability in Developing Countries. Urban Waste Management Working Paper Series No. 8. The World Bank, Washington, D.C., US.
Available at: documents.worldbank.org/curated/en/home

_ Obeng, L. A. and Wright, F. W. (1987). Integrated Resource Recovery. The Co-Composting of Domestic Solid and Human Wastes. The World Bank and UNDP, Washington, D.C., US.
Available at: documents.worldbank.org/curated/en/hom

مُفاعل الغاز الحيوي

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: الحمأة المياه السوداء المياه البُنِّية مواد عضوية
★★ المنزل ★★ الحي السكني ★★ المدينة	★★ منزلي ★★ مشترك ★★ عام	**المُخرجات:** الحمأة الغاز الحيوي



مُفاعل الغاز الحيوي Biogas Reactor أو الهاضم اللاهوائي هو عبارة عن تقنية مُعالجة لاهوائية لإنتاج: (أ) سماد الغاز الحيوي ليُستخدم كمخصّب للتربة، (ب) الغاز الحيوي الذي يمكن استخدامه كمصدر للطاقة. الغاز الحيوي هو خليط من الميثان وثاني أكسيد الكربون وغازات أخرى -محدودة الكمية- يمكن تحويلها إلى حرارة أو كهرباء أو ضوء.

يتكون مُفاعل الغاز الحيوي من غُرفة مُحكمة الغلق لتسهيل عملية التحلّل اللاهوائي للمياه السوداء والحمأة و/أو المخلّفات القابلة للتحلل الحيوي، كما تُسهّل أيضًا تجميع الغاز الحيوي الناتج عن عملية التخمّر في المُفاعل. يتولد الغاز في الردغة (المخلوط المضاف من المخلفات العضوية والماء Slurry) ويرتفع إلى أعلى الغُرفة ويعمل على خلط المخلفات عند صعوده. وعادةً ما يكون سماد الغاز الحيوي (المواد المهضومة Digestate غنيًّا بالمواد العضوية والمغذّيات وخاليًا تقريبًا من الروائح وتكون مسبّبات الأمراض غير نشطة جزئيًا.

اعتبارات التصميم يُمكن إنشاء مُفاعلات الغاز الحيوي من الطوب على شكل قُبّب أو من خزانات سابقة الصنع. ويتم تركيبها فوق الأرض أو تحتها، وذلك حسب المساحة وخصائص التربة والموارد المتاحة وحجم المخلفات المُتولدة. ويتم بناء المُفاعلات على شكل قُبة ثابتة أو قُبة طافية. في حالة القباب الثابتة يكون حجم المُفاعل ثابتًا، وعندما يُنتَج الغاز فإنه يضغط ويزيح مخلوط المخلفات العضوية والماء لأعلى ناحية غُرفة التمدّد، ثم يسقط المخلوط مرة أخرى داخل المُفاعل عند خروج الغاز، ويتم استخدام الضغط المُتولد لنقل الغاز الحيوي عبر الأنابيب. أما في حالة المُفاعل ذي القبة الطافية فإن القبة ترتفع وتنخفض مع إنتاج الغاز وخروجه، أو من الممكن استخدام بدائل يمكنها أن تتمدّد (مثل البالون). و للحد من الهدر الناتج عن التوزيع فإنه يجب إنشاء المُفاعل بالقرب من نقاط استخدام الغاز.

يجب ألا يقل زمن البقاء الهيدروليكي Hydraulic Retention Time (HRT) في المُفاعل عن 15 يومًا في الأجواء الحارة، و25 يومًا في الأجواء المعتدلة، وفي حالة إمداد المُفاعل بحمل كبير من مسببات الأمراض فينبغي اعتبار 60 يومًا كزمن بقاء هيدروليكي. عادةً ما تعمل المُفاعلات في نطاق درجات الحرارة المعتدلة بين 30 إلى 38 درجة مئوية، بينما تضمن نطاقات درجات الحرارة المرتفعة (بين 50 و 57 درجة مئوية) الإبادة التامة لمسببات الأمراض، ولكن لا يمكن تحقيق ذلك إلا بتسخين المُفاعل (عمليًا يحدث ذلك في الدول الصناعية فقط). يتم توصيل مُفاعلات الغاز الحيوى -في أغلب الأحيان- مباشرةً بالمراحيض الخاصة أو العامة مع توفير فتحة إدخال إضافية للمواد العضوية. يمكن أن تُصنع المُفاعلات على المستوى المنزلي من الحاويات البلاستيكية أوالطوب، وتتراوح أحجامها ما بين ألف لتر للأسرة الواحدة وحتى مائة ألف لتر لمراحيض المنشئات أو المراحيض العامة. ويجب إجراء التدابير اللازمة لتوفير الأماكن المُخصّصة لتخزين أو استخدام أو نقل سماد الغاز الحيوي بعيدًا عن الموقع، وذلك لكونه يُنتج باستمرار.

المُلاءَمَـة يُمكـن تطبيق هذه التقنية على المسـتوى المنزلي أو في الأحيـاء الصغيرة أو مـن أجل تثبيت الحمأة فـي محطات معالجة ميـاه الصـرف الصحي الكبيـرة. ويكـون الاسـتخدام الأمثل لها حيثمـا تتاح إمكانية الإمداد بشـكل منتظم للمخلفات. يتم اسـتخدام مُفاعـل الغـاز الحيـوي -في العـادة- كبديـل عن خـزّان التحليل (التخمير) (ج.9)، حيث إنـه يُوفّر نفس مسـتوى المعالجة ولكن يتميـز عنه بإنتاج الغـاز الحيوي كقيمة مضافـة. وعلى أي حال، فإنـه لا يمكـن إنتـاج كميات مُعتبرة مـن الغاز الحيـوي إذا كانت الميـاه السـوداء هي المُدخَـل الوحيد. ويمكن إنتـاج الغاز الحيوي بمسـتويات مرتفعـة عند إضافة المـواد المُركّـزة الغنيّة بمحتواها العضـوي (علـى سـبيل المثـال: روث الحيوانـات والمخلّفـات العضويـة الناتجة عـن المنازل أو الأسـواق). ومن الممكن هضم المياه السـوداء المُنتجة من منزلٍ واحدٍ مع روث الماشـية بطريقة فعَّالـة إذا كان الروث هو المصدر الرئيسـي لإمـداد المُفاعل. ولا يجـدُرُ إضافـة الميـاه الرمادية حيـث إنهـا تقلّل من زمـن البقاء الهيدروليكـي بشـكل ملحـوظ. كذلك يجـب تجنب إضافـة المواد الخشـبية والقش فـي المُفاعل لأنها صعبـة التحلّل.

تُعتبـر مُفاعلات الغاز الحيـوي أقل مُلاءمةً في الأجـواء الباردة، حيـث إن مُعـدّل تحوّل المـواد العضوية إلى غـاز حيوي محدود جـدًّا فـي درجات الحـرارة الأقـل مـن 15 درجة مئويـة، وبناءً علـى ذلـك يحتـاج المُفاعل لزمـن بقـاء هيدروليكي أطـول وأن يزداد حجـم التصميم بشـكل كبير.

الجوانـب الصحيـة / القبـول يُعتبر سـماد الغـاز الحيـوي مُعقم جزئيًـا، لكنه يظل يحمل خطر العدوى، واعتمادًا على اسـتخدامه النهائـي فقد يحتـاج إلى معالجـة إضافية. وهنـاك أيضًا الأخطار الناتجـة عن الغازات القابلة للاشـتعال؛ فإذا لم يتم إدارتها بشـكل صحيـح فذلـك قد يضر بصحة الإنسـان.

التشـغيل والصيانـة يحتـاج المُفاعل إلـى صيانة محـدودة إذا تم تصميمـه وبناؤه بشـكل صحيح. يجب أن يُلقَّـح المُفاعل بالبكتيريا اللاهوائيـة لبـدء التشـغيل؛ مثـلًا بإضافـة روث البقـر الجديد أو حمـأة خـزّان التحليـل (التخمير). وينبغـي فرم المـواد العضوية المُضافـة للمُفاعـل وخلطهـا بالماء أو سـماد الغـاز الحيوي قبل إضافتها.

ويجـب تنظيف مُعـدات الغاز بحـذر وانتظام، وذلـك لمنع التآكل والتسـريب. كما يجب إزالـة الحصى والرمال المترسّـبة في قاع المُفاعـل. ووفقًا للتصميم والمُدخـلات؛ يجب أن يُفرّغ المُفاعل كل 5 إلى 10 سـنوات.

الإيجابيات والسلبيات

+ توليد طاقة متجددة.
+ يتطلـب النظـام مسـاحة صغيرة (معظم المُنشـأة يمكـن بناؤها تحـت الأرض).
+ لا يتطلب طاقة كهربية.
+ يُحافظ على المغذّيات.
+ يقدم خدمة طويلة الأمد.
+ تكاليف التشغيل منخفضة.
- يتطلب خبرة في التصميم ومهارة في التنفيذ.
- الإزالة غير مكتملة لمسـبّبات الأمراض، وسـماد الغاز الحيوي قد يتطلـب معالجة إضافية.
- إنتـاج محـدود للغـاز فـي درجة حـرارة أقـل مـن 15 درجة مئوية.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ أحمد جاد الله المقداد (2015). *الغاز الحيوي طاقة صديقة وأمل المستقبل*، دمشق.

_ عماد مصطفى القرعان (2011). *الغاز الحيوي، المركز الوطني للبحث والإرشاد الزراعي*،الأردن.

_ عماد سعد سعيد بلال (2004). *الاستخدام الأمثل لمياه الصرف الصحي في المجمعات السكنية إنتاج البيوغاز وإعادة استخدام المياه المعالجة بحي الأندلس للإسكان الشعبي*، جامعة الخرطوم، السودان.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

مراجع إنجليزية:

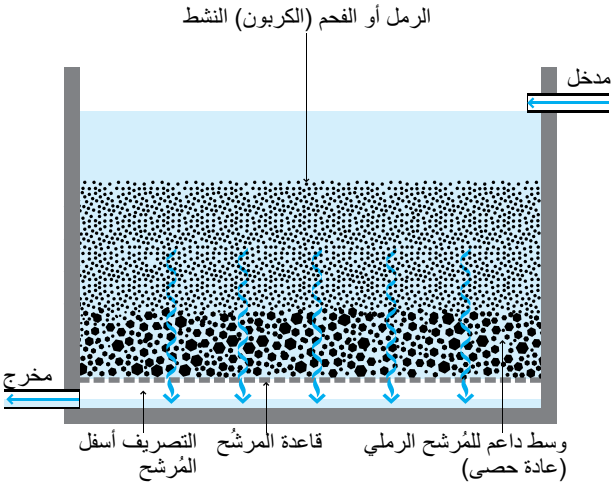
_ Vögeli, Y., Lohri, C. R., Gallardo, A., Diener, S. and Zurbrügg, C. (2014). *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries*. Practical Information and Case Studies. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH. Available at: www.sandec.ch

_ Mang, H.-P. and Li, Z. (2010). *Technology Review of Biogas Sanitation. Draft – Biogas Sanitation for Blackwater, Brown Water, or for Excreta Treatment and Reuse in Developing Countries*. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE. Available at: www.susana.org/library

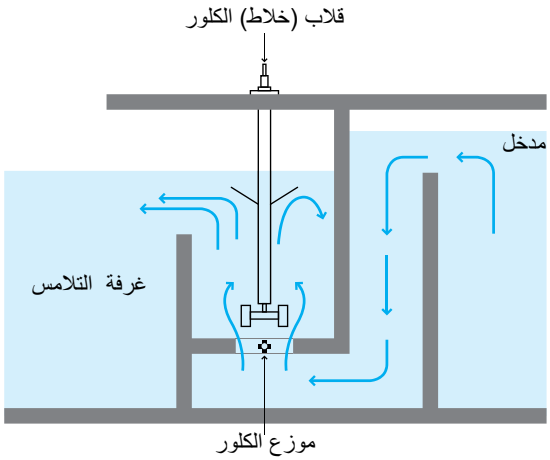
الترشيح الثلاثي والتطهير

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: التدفقات السائلة الخارجة
▭ المنزل ★ ▭ الحي السكني ★★ ▭ المدينة	▭ منزلي ★ ▭ مشترك ★★ ▭ عام	
		المُخرجات: التدفقات السائلة الخارجة



الترشيح الثلاثي (على سبيل المثال، الترشيح العميق)



التطهير (على سبيل المثال، الكلورة)

اعتمادًا على الاستخدام النهائي للمياه المُعالجة أو المعايير المحلية للصرف في المسطحات المائية فإنَّ التدفقات السائلة الخارجة قد تتطلب مُعالجة لاحقة لإزالة مُسببات الأمراض والعوالق المُتبقية و/أو مُكونات ذائبة. الترشيح الثلاثي (المتقدم) وعمليات التطهير Tertiary Filtration and Disinfection هي الأكثر شيوعًا لتحقيق ذلك.

عملية المُعالجة اللاحقة ليست ضرورية دائمًا، ويُفضَّل اتباع نهج عملي مبني على الواقع. يجب أن تتطابق جودة التدفقات السائلة الخارجة مع الاستخدام النهائي المراد القيام به، أو الجودة المطلوبة للتصريف في المسطحات المائية المُستقبِلة. تُوفر إرشادات منظمة الصحة العالمية WHO الخاصة بالاستخدام الآمن لمياه الصرف، وفضلات الجسم والمياه الرمادية، معلوماتٍ مُفيدةً عن تقييم وإدارة المخاطر المُرتبطة بالأخطار الميكروبية والمواد الكيميائية السامة.
تُعتبر عمليات الترشيح الثلاثي والتطهير هي الأكثر انتشارًا من بين مجموعة واسعة من التقنيات المُتقدمة للتدفقات السائلة الخارجة.

الترشيح الثلاثي يُمكن تقسيم عملية الترشيح إلى عمليات الترشيح العميق Packed-bed أو الترشيح السطحي. الترشيح العميق يشمل إزالة العوالق المُتبقية Residual Suspended Solids بواسطة تمرير الماء خلال المُرشِّح المُكوَّن من الوسط الترشيحي الحبيبي (على سبيل المثال، الرمل). وإذا تم استخدام الكربون النشط (المُنشَّط) Activated Carbon كوسط للترشيح، فإنَّ العملية الغالبة هي الامتزاز Adsorption. الكربون النشط مجموعة متنوعة من المُركَّبات العضوية وغير العضوية، بالإضافة إلى إزالة الطعم والرائحة. الترشيح السطحي يشمل إزالة المواد الدقيقة بواسطة التصفية الميكانيكية، حيث يمر السائل عبر حاجز (غشاء) فاصل رفيع (أي طبقة المُرشِّح). وتعتبر أغشية الترشيح Membranes أيضًا من المُرشِّحات السطحية. ويجري تطوير عمليات الترشيح الغشائي مُنخَفضة الضغط (بما في ذلك المُرشِّحات الغشائية بالجاذبية). تم استخدام الترشيح العميق بنجاح لإزالة حويصلات البروتوزوا والحويصلات المُتكيِّسة (المتحوصلات)، في حين أغشية الترشيح الفائق (المستدق) Ultrafiltration يمكنها أيضًا إزالة البكتيريا والفيروسات بدرجة موثوق بها.

التطهير يُمكن أن تتحقق الإبادة، التثبيط، أو إزالة الكائنات الحية الدقيقة المُسَببة للأمراض بالوسائل الكيميائية أوالفيزيائية أو الحيوية. يُعتبر الكلور هو المُطهِّر الأكثر اختيارًا لمُعالجة مياه الصرف على مر التاريخ؛ وذلك لانخفاض تكلفته، وتوافره بشكل كبير، وسهوله التشغيل. يؤكسد الكلور المادة العضوية، بما في ذلك الكائنات الحية الدقيقة ومسببات الامراض، ومع ذلك، فقد أدت المخاوف من أضرار النواتج الثانوية (أو الجانبية، أو المصاحبة) للتطهير بالكلور Disinfection by-products والسلامة الكيمائية إلى استبدال نظام المُعالجة بالكلور بأنظمة التطهير البديلة، مثل: الأشعة فوق البنفسجية (UV) والتطهير

بـالأوزون. تتواجد الأشـعة الفوق البنفسـجية في ضوء الشـمس، حيـث تقـوم بقتل الفيروسـات والبكتيريـا، وبالتالي فـإن التطهير يَحـدُث طبيعيًـا فـي البـرك الضحلة غيـر العميقة (أنظـر م.5). ويُمكـن توليد الأشـعة فـوق البنفسـجية من خلال لمبـات خاصة يُمكـن تركيبهـا في قنـاة أو أنبوب. يُعتبر الأوزون مؤكسـد قوي، ويُمكـن توليـده من الأوكسـجين في عمليـة تتطلب طاقـة كبيرة. يُحلـل الأوزون الملوثات العضوية وغير العضوية، ويشـمل ذلك عوامـل إنتـاج الرائحـة. مثله مثـل الكلور، فـإن تكويـن النواتج الثانويـة غيـر المرغوبـة تُعتبـر واحدة مـن المشـاكل المرتبطة بإسـتخدام الأوزون كمطهّر.

المُلاءَمَـة يعتمد قرار تركيب تقنية المُعالجة اللاحقة في الأسـاس علـى متطلبـات الجـودة للاسـتخدام النهائـي للتدفقـات السـائلة الخارجـة و/أو المعاييـر المحلية. بالإضافة إلـى عوامل الأخرى تشـمل خصائص التدفقات السـائلة الخارجـة، والميزانية، وتوافُر المـواد، وقدرات التشـغيل والصيانة.
تلتصق مُسـببات الأمراض بالعوالق في التدفقات السائلة الخارجة مـن المُعالجـة الثانوية غير المُرشِّـحة؛ لذلك فإن خطوة الترشـيح قبـل التطهير تـؤدي إلى نتائج أفضل واسـتخدام أقل للكيماويات. تكـون المُرشِّـحات الغشـائية مُكلفـة، وتتطلـب خبرة فـي أعمال التشـغيل والصيانـة، وذلك -خصوصًـا- لتجنب إحـداث أي تلف بالغشـاء. فـي الامتـزاز الكيميائـي للكربون النشـط تتلـوث مادة المُرشِّـح بعـد الاسـتخدام وتحتاج للمُعالجـة أو التخلص السـليم. لا ينبغـي أن يُسـتخدم الكلـور إذا كان الماء يحتـوي على كميات كبيرة مـن المواد العضوية، وذلك خشـية تكويـن النواتج الثانوية للتطهيـر. تُعتبر تكاليـف المُعالجة بالأوزون هـي الأعلى مقارنة بطرق التطهيـر الأخرى.

الجوانـب الصحيـة / القبـول يرافـق كل مـن عمليـات التطهير بواسـطة الأوزون والكلـور تكـون النواتـج الثانويـة للتطهيـر، والتـي قد تشـكل خطرًا علـى البيئة وصحة الإنسـان. يُوجد أيضًا مخـاوف للسـلامة مُرتبطـة بالتعامـل والتخزين للكلور السـائل. الامتـزاز بالكربون النشـط والتطهير بواسـطة الأوزون يمكن أن يزيـل الألـوان والراوئـح غيـر المرغوب فيهـا، مما يـؤدي إلى زيـادة قبـول إعادة اسـتخدام الميـاه المُعالجة.

التشـغيل والصيانة تتطلب جميع طـرق المُعالجة اللاحقة عمليات متابعـة مسـتمرة (جـودة التدفقـات السـائلة الداخلـة والخارجة، انخفـاض معـدل التدفـق عبـر المُرشِّـح، معـدلات الجُرعـات المُطهِّـرة، ... إلـخ) لضمـان مسـتوى عالٍ مـن الأداء.
نتيجـة لتراكـم المـواد الصلبـة والنمـو البكتيـري، فـإنَ كفـاءة المُرشِّـحات الرملية، أو الغشـائية، أو مُرشِّـحات الكربون النشط تنخفـض مـع مـرور الوقـت؛ لذلـك فـإن التنظيـف المسـتمر (الغسـيل العكسـي)، أو اسـتبدال مـواد التصفيـة للمُرشِّـح يكون مطلوبًـا باسـتمرار. تتطلـب عمليـة المُعالجـة بالكلور أشـخاصًا مُدربيـن لتحديد الجرعـة الصحيحة من الكلـور، ولضمان الخلط المتجانـس والسـليم. كما يجـب إنتـاج الأوزون فـي الموقع لأنه غيـر ثابـت كيمائيًـا وينحَلّ بسـرعة إلى الأكسـجين. وفـي حالة التطهيـر باسـتخدام الأشـعة فـوق البنفسـجية، فإن لمبة الأشـعة الفوق بنفسـجية تحتاج إلى التنظيف المُنتظم والاسـتبدال السنوي.

الإيجابيات والسلبيات

+ إزالة إضافية لمُسببات الأمراض و/أو الملوثات الكيميائية.
+ يسمح بإعادة الاستخدام المُباشر لمياه الصرف المُعالَجَة.
- الخبـرات، والتقنيـات، وقطـع الغيـار، والمـواد قـد لا تكـون متوفـرة محليًـا.
- تكاليف رأس المال والتشغيل قد تكون عالية جدًّا.
- بعـض التقنيـات تتطلب مصـدرًا دائمًـا للكهربـاء و/أو للمواد الكيمائية.
- تتطلب متابعة مُستمرة للتدفقات السائلة الداخلة والخارجة.
- تتطلـب مواد التصفية بالمُرشِّـح الغسـيل العكسـي المُنتظم، أو التبديل.
- يُمكـن أن ينتـج عـن عمليتـي المُعالجـة باسـتخدام الكلـور والمُعالجـة بـالأوزون النواتـج الثانويـة للتطهيـر المضـرة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ حيدر محمد عبد الحميد وآخرون (2012). *كراس استرشادي عن إدارة المخلفات السائلة للأنشطة الخدمية محطات الصرف الصحي ووحدات المعالجة في المؤسسات الصحية*، بغداد، العراق.

_ أحمد محسن الحكمي وآخرون (2007). *الدليل التصميمي لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي* – الإصدار الأول. الإدارة العامة للصرف الصحي. وزارة المياه والكهرباء. المملكة العربية السعودية.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

_ منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي للشرق الأوسط (2004). *إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة*، عمان، الأردن.

مراجع إنجليزية:

_ Robbins, D. M. and Ligon, G.C. (2014). *How to Design Wastewater Systems for Local Conditions in Developing Countries*. IWA Publishing, London, UK.

_ NWRI (2012). *Ultraviolet Disinfection. Guidelines for Drinking Water and Water Reuse*. 3rd Ed. National Water Research Institute and Water Research Foundation, Fountain Valley, CA, US. Available at: www.nwri-usa.org

_ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 2: Wastewater Use in Agriculture*. World Health Organization, Geneva, CH. Available at: www.who.int

يعرض هذا القسم التقنيات والطرق المختلفة التي يتم فيها إرجاع المُنتجات في نهاية المطاف إلى البيئة، إما كموارد مفيدة أو مواد محدودة المخاطر. ويتم استخدام المُنتجات المُخرجة إذا كانت هناك حاجة للاستخدام النهائي لها، وإن لم يكن هناك حاجة إلى ذلك، فينبغي التخلص منها بطرق أقل ضررًا على العامة والبيئة. حيثما كان ذلك مناسبًا، يتم الرجوع إلى إرشادات منظمة الصحة العالمية WHO الخاصة بالاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي وفضلات الجسم والمياه الرمادية في ملفات معلومات التقنيات.

س.1 الملء والتغطية / أربورلو
س.2 استخدام البول المُخزَّن
س.3 استخدام البُراز المُجَفَّف
س.4 استخدام ذُبال الحُفرة والسماد العضوي
س.5 استخدام الحمأة
س.6 الري
س.7 حُفرة الامتصاص
س.8 حقل التصريف الشبكي
س.9 البُحيرة السَّمَكية
س.10 بِركة النباتات العائمة (الطَّافِية)
س.11 إعادة شحن المياه الجوفية / التَخلُّص من المياه
س.12 التَخلُّص السطحي والتخزين
س.13 إحراق الغاز الحيوي

يعتمد اختيار التقنية المناسبة -في أي سياق- بشكلٍ عام على العوامل التالية:

- نوع وجودة المُنتجات.
- القبول الاجتماعي والثقافي.
- المتطلبات المحلية.
- الجوانب القانونية.
- توافر المواد والمعدات.
- توافر المساحة.
- خصائص التربة والمياه الجوفية.

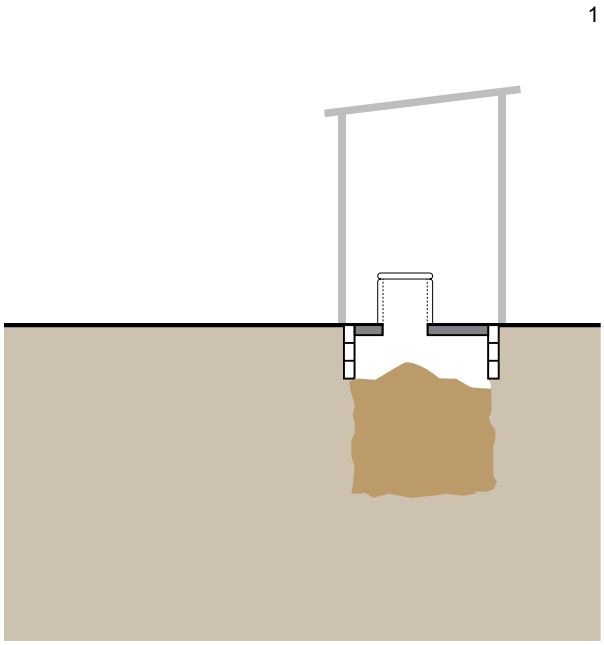
الاستخدام و/أو التخلص

الملء والتغطية / أربورلو

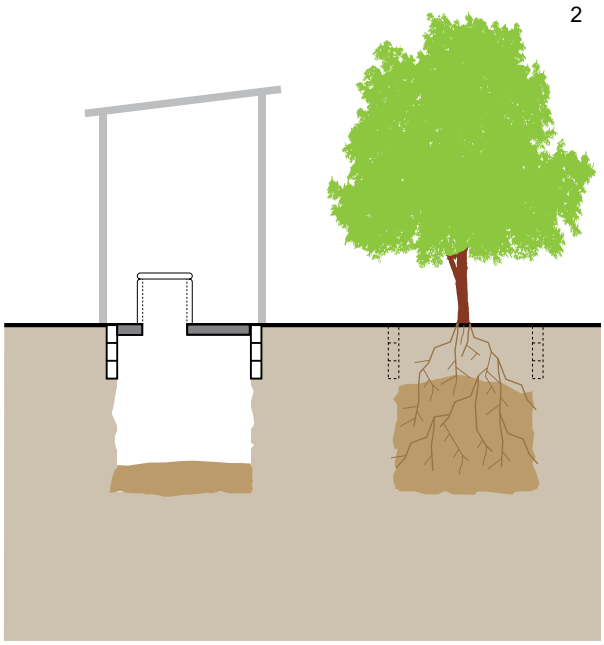
قابل للتطبيق في:
النظام 1

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: فضلات الجسم البُراز (مواد عضوية) (+مياه تنظيف الشرج) (+مواد التنظيف الجافة)
★★ المنزل ★★ الحي السكني المدينة	★★ منزلي ★ مشترك عام	**المُخرجات:** (الكتلة الحيوية)

1



2



لوقف تشغيل حُفرة ما، يمكن ببساطة أن تُملأ بالتربة ويتم تغطيتها. على الرغم من عدم وجود فائدة من الحُفرة المُمتلئة المُغطاة، فإنها لا تُشكل أي مخاطر صحية مباشِرَة، ومحتوياتها ستتحلل بشكل طبيعي مع مرور الوقت. وبدلًا من ذلك، يمكن تطبيق تقنية أربورلو Arborloo، وهي حُفرة ذات عمق بسيط يتم ملؤها بفضلات الجسم والتربة/الرماد ثم يتم تغطيها بالتربة، حيث يُمكن زراعة شجرة في قمة الحُفرة الغنية بالمُغذيات حيث تنمو بقوة.

عند امتلاء الحُفرة الواحدة (ج.2) أو الحُفرة الواحدة المُطورة المهواة (ج.3) ولا يمكن إفراغها؛ فإن "الملء والتغطية" يُعتبر خيارًا -أي ملء ما تبقى من الحُفرة وتغطيتها-، وإن كان ذلك ذو فوائد محدودة للبيئة وللمستخدم.

أربورلو عبارة عن حُفرة ذات عمق بسيط حيث يمكن زراعة شجرة عليها بعد امتلائها كليًا، في حين يتم نقل البِنية الفوقية (الحمَّام)، والهيكل الدائري للمِرحاض، والبلاطة الأرضية إلى حُفرة جديدة. وقبل استخدام أربورلو، يجب وضع طبقة من أوراق الأشجار في الجزء السفلي من الحُفرة الفارغة. ويجب أن يتم صب كمية مناسبة (مقدار كوب) من التربة، أو الرماد أو خليط من الاثنين في الحُفرة لتغطية فضلات الجسم بعد كل تغوط. في بعض الأحيان يمكن أن تضاف -إذا توفرت- أوراق الأشجار؛ لتحسين المسامية ومحتوى الهواء للكومة. عندما تمتلئ الحُفرة (عادة كل 6 إلى 12 شهرًا)، يتم ملء الطبقة العليا 15 سنتيمتر بالتربة وزرع شجرة عليها، ولقد ثبت نجاح زراعة أشجار الموز والبابايا والجوافة (وأشجار كثيرة أخرى).

اعتبارات التصميم يتم اعتبار حُفرة أربورلو كخيار إذا كان الموقع مناسب لنمو شجرة فيه، لذلك عند اختيار موقع الحُفرة، يجب على المستخدمين أن يضعوا في اعتبارهم المساحة وظروف الموقع اللازمة لزراعة شجرة جديدة (على سبيل المثال، المسافة بين الحُفرة والمنازل).

يحتاج أربورلو إلى حُفرة بسيطة، بعمق حوالي 1 متر، ولا ينبغي أن تكون مُبطنة بأي بطانة من شأنها أن تمنع نمو الشجرة أو النبات بشكل صحيح.

ولا ينبغي زراعة الشجرة مباشرة في فضلات الجسم بصورتها الأولية، ولكن ينبغي أن تُزرع في التربة أعلى الحُفرة، سامحة لجذورها باختراق محتويات الحُفرة اثناء النمو. ومن الأفضل الانتظار لموسم الأمطار قبل زرعها إذا كانت المياه شحيحة.

المُلاءَمة تُعتبر تعبئة وتغطية الحُفرة حل مناسب عندما يُصبح إفراغها غير ممكن، وعندما يكون هناك مساحة لحَفر حُفر جديدة باستمرار.

يمكن تطبيق أربورلو في المناطق الريفية، شبه الحضرية، وحتى المناطق الأكثر كثافة إذا كان هناك مساحات كافية.

زرع شجرة في الحُفرة المهجورة يُعتبر وسيلة جيدة لإعادة تشجير المنطقة، ولتوفير مصدر مستدام من الفواكه الطازجة، ولمنع الناس من الوقوع في مواقع الحُفر القديمة.

يمكن زراعة نباتات أخرى مثل الطماطم والقرع على قمة الحُفرة إذا كانت الأشجار غير متوفرة.

اعتمادًا على الظروف المحيطة، فإن محتوى الحُفرة المُغطاة

أو أربورلـو يمكـن أن يلوث مـوارد المياه الجوفية إلـى أن تتحلل المكونـات كليًا.

الجوانـب الصحيـة / القبـول هنـاك حـد متدني من خطـر انتقال العـدوى إذا تم تغطية الحُفرة بشـكل صحيح وتمييزها بوضوح. قد يكـون من الأفضل تغطية الحُفرة وزرع شـجرة بدلًا من تفريغها، خصوصـا إذا لـم يكن هناك تقنية مناسـبة متاحة لإزالـة ومُعالجة حمأة ميـاه المجاري.
لا يكـون هناك اتصال للمسـتخدمين مع المـواد البُرازية، وبالتالي مخاطر انتقال مُسـببات الأمـراض منخفضة جدًا.
إنشـاء مشـاريع أربورلو بمشـاركة أفـراد المجتمع تُعتبر وسـائل مفيـدة لعرض سـهولة النظـام وطبيعته غيـر المُنفِّـرة، ولتوضيح القيمـة الغذائية من فضلات الجسـم البشـرية.

التشـغيل والصيانـة ينبغـي أن يضـاف كوب (كمية مناسـبة) من التربـة و/أو الرمـاد إلى الحُفـرة بعد كل تغوط ويجـب أن تُضاف أوراق الأشـجار دوريًـا. يجـب -أيضًـا- أن تتم تسـوية محتويات الحُفـرة بشـكل دوري لمنـع تكويـن الشـكل المخروطـي لكومـة فضلات الجسـم في الوسـط.
هنـاك القليـل مـن الصيانة المتعلقـة بالحُفـرة المُغلقـة، بالإضافة إلـى رعاية الشـجرة أو النبـات. الأشـجار المزروعة فـي الحُفر المهجـورة ينبغي أن تُسـقى بانتظام. ويجب بناء سـياج صغير من العُصـي والشـوالات حول الشـتلة لحمايتها مـن الحيوانات.

الإيجابيات والسلبيات
+ تقنية بسيطة التطبيق لجميع المستخدمين.
+ تكاليف منخفضة.
+ انخفاض خطر انتقال مُسببات الأمراض.
+ قد تشجع توليد الدخل (غرس الأشجار وإنتاج الفاكهة).
- لابـد مـن حَفر حُفـرة جديدة، و الحُفـرة القديمـة لا يُمكن إعادة استخدامها.
- تغطية حُفرة أو زرع شـجرة لا يقضـي على خطر تلوث المياه الجوفية.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع إنجليزية:

_ Hebert, P. (2010). *Rapid Assessment of CRS Experience with Arborloos in East Africa.* Catholic Relief Service (CRS), Baltimore, US.
Available at: www.susana.org/library

_ Morgan, P. R. (2004). *An Ecological Approach to Sanitation in Africa. A Compilation of Experiences.* Aquamor, Harare, ZW. Chapter 10: The Usefulness of Urine.
Available at: www.ecosanres.org

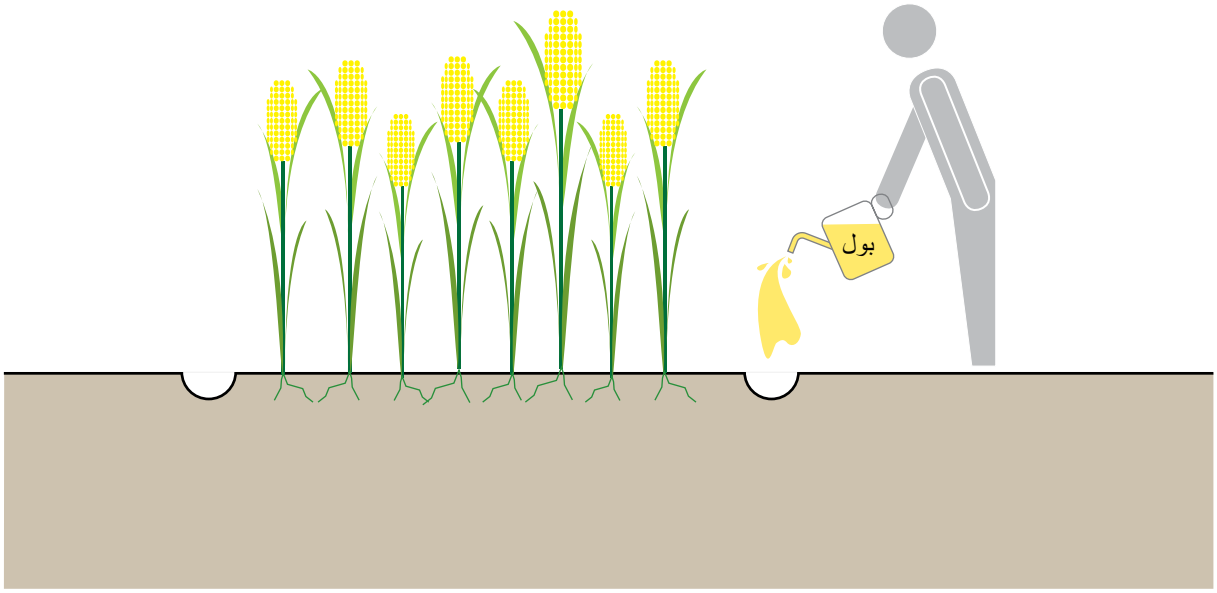
_ Morgan, P. R. (2007). *Toilets That Make Compost. Low-Cost, Sanitary Toilets That Produce Valuable Compost for Crops in an African Context.* Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. pp. 81-90.
Available at: www.ecosanres.org

_ NWP (2006). *Smart Sanitation Solutions. Examples of Innovative, Low-Cost Technologies for Toilets, Collection, Transportation, Treatment and Use of Sanitation Products.* Netherlands Water Partnership, The Hague, NL. p. 51.
Available at: www.ircwash.org

استخدام البول المُخزَّن

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 4، 5، 9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: البول المُخزَّن
★★ المنزل	★★ منزلي	
★★ الحي السكني	★★ مشترك	المُخرجات: الكتلة الحيوية
★★ المدينة	★★ عام	



البول المُخزَّن Stored Urine هو مصدرٌ مركّزٌ للمُغذيات، إذ يمكن استخدامه كسماد سائل في الزراعة لاستبدال كل أو بعض الأسمدة الكيميائية التجارية.

تعتمد إرشادات استخدام البول على فترة التخزين ودرجة الحرارة (انظر إرشادات منظمة الصحة العالمية WHO الخاصة بفضلات الجسم المستخدمة في الزراعة لتحقيق متطلبات محددة)، ومع ذلك فمن المقبول عمومًا إذا تم تخزين البول لمدة شهر على الأقل أنه يكون آمنًا للاستخدام الزراعي على المستوى المنزلي؛ أما إذا تم استخدام البول للمحاصيل التي سوف تُؤكل من قِبل أشخاص آخرين غير الذين أنتجوه، فإنه يجب أن يتم تخزينه لمدة ستة أشهر.

وتوجد فائدة أخرى لاستخدام البول، وهي إضافته على السماد العضوي لزيادة قيمته. وهناك تقنيات ناشئة لإنتاج الأسمدة من البول، وهي حاليًا قيد البحث والتطوير (على سبيل المثال، الستروفايت، انظر تقنيات الصرف الصحي الناشئة، صفحة 166).

يُعتبر بول الأشخاص الطبيعيين الأصحاء خاليًا من مسببات الأمراض. ويحتوي البول أيضًا على مُعظم المُغذيات التي تُفرز من الجسم، ويختلف تكوينه باختلاف النظام الغذائي، والجنس، والمناخ، واستهلاك المياه، ... إلخ، لكن -بشكل عام- ما يقرب من 88% من النيتروجين، و 61% من الفوسفور، و 74% من البوتاسيوم الذي يخرج من جسم الانسان يوجد في البول.

اعتبارات التصميم لا ينبغي استخدام البول المُخزَّن مباشرة على النباتات، بسبب ارتفاع قيمة الأس الهيدروجيني pH له، وتكوينه المُرَكَّز، وبدلًا من ذلك، يمكن أن:

1. يُخلط بدون تخفيف مع التربة قبل الزراعة؛
2. يُصب في قنوات الري (أو المساقي) داخل الأرض، ولكن على مسافة بعيدة بما فيه الكفاية عن جذور النباتات، ويُغطّى على الفور (ولكن يجب ألا يتكرر ذلك لأكثر من مرة أو مرتين خلال موسم النمو).
3. يُخفف عدة مرات، بحيث يمكن أن يُستخدم بانتظام حول النباتات (حوالي مرتين أسبوعيًا أو أقل).

ويعتمد مُعدَّل الاستخدام الأمثل للبول على: النيتروجين المطلوب ومدى تحمل المحاصيل التي سيتم زراعتها، وتركيز النيتروجين في السائل، وكذلك معدل فقدان الأمونيا أثناء الاستخدام. كقاعدة عامة مبنية على التجربة، يمكن افتراض أن المتر المربع من الأراضي الزراعية يمكنه الحصول على 1.5 لتر من البول في موسم النمو الواحد (هذه الكمية مبنية على إنتاج البول اليومي للشخص الواحد، وعلى احتياج الهكتار من النيتروجين: 40-110 كجم نيتروجين/هكتار)، وبالتالي فإن البول المُنتج من شخص واحد خلال سنة واحدة، كافي لتسميد 300-400 متر مربع من الأراضي الزراعية.

على الرّغم من أن نسبة التخفيف الصحيحة تعتمد على التربة ونوع الخضار؛ يُعتبر مزج جزءًا من البول إلى ثلاثة أجزاء من الماء تخفيفًا فعالًا لاستخدام البول للخضروات.

إذا تـم اسـتخدام البـول المُخفـف فـي نظـام الـري فإنه يُشـار إلـى هذه العملية باسـم "التسـميد في الـري (أو الري المُسَـمَّد) Fertigation" انظـر (س.6). خـلال موسـم الأمطـار، يمكـن اسـتخدام البول مباشـرة في حُفر صغيرة بالقرب مـن النباتات، ومـن ثـم يحـدث تخفيف لـه بمياه الأمطـار بصـورة طبيعية.

المُلاءَمَـة البـول مفيـد خاصـة للمحاصيـل التـي تفتقـر إلـى النيتروجيـن. أمثلة لبعـض المحاصيل التي تنمو بشـكل جيد مع البـول: الذرة، والأرز، والجـاوَرْس، والذرة الرفيعـة، والقمح، والشـمندر، واللفـت، والجـزر، والكرنـب، والخـس، والموز، والبابايـا، والبرتقـال. اسـتخدام البـول يتـم بصـورة مثالية فى المناطـق الريفية وشـبه الحضريـة، حيث الأراضـي الزراعية علـى مقربـة مـن نقطة جمـع البول.
يمكـن للمنازل اسـتخدام البـول الخاص بهم علـى رقع الأرض الخاصـة بهـم. وبديلًا لذلـك -في حالة وجـود المرافـق والبِنية التحتيـة- يُمكـن جمع البـول في أماكن شـبه مركزيـة، للتوزيع والنقـل إلـى الأراضـي الزراعيـة. وبغـض النظـر عـن ذلك، فـإن الجانـب الأكثـر أهمية هـو الحاجة إلـى مُغذيات الأسـمدة الزراعيـة التـي تنتـج من البـول المُخـزَّن، وعندمـا تغيب هذه الحاجـة، فقد يُصبـح البول مصـدرًا للتلـوث والإزعاج.

الجوانـب الصحيـة / القبول يُشـكل البول حـدًا متدنيًا من خطر الإصابـة بالعـدوى، وخصوصـا عندما يتم تخزينـه لفترة زمنية طويلـة؛ ومع ذلـك، فيجـب التعامل مع البـول بعنايـة، وينبغي ألا يُسـتخدم مـع المحاصيل خلال الشـهر الأخير قبـل الحصاد، هـذه الفتـرة من الانتظار مهمـة، خصوصًا مـع المحاصيل التي تُسـتهلك طازجـة بـدون طهي (يرجـى الرجوع إلى إرشـادات منظمـة الصحـة العالميـة WHO من أجل توجيهـات محددة).
قـد يكـون القبـول الاجتماعي لهـذه التقنية صعبًـا، حيث رائحة البـول المُخـزَّن قويـة، والبعض يسـتاء من العمل بـه، أو حتى التواجـد بالقرب منـه. إذا تم تخفيـف البول و/أو صبه مباشـرة فـي الأرض، فإنـه يمكـن تخفيـف رائحتـه. اسـتخدام البول قد يكـون أقـل قبـولًا فـي المناطـق الحضريـة أو شـبه الحضرية حيـث تكـون الحدائـق المنزليـة قريبـة مـن البيـوت، أمـا في المناطـق الريفيـة فتكون المنازل والأراضـي الزراعية منفصلة عـن بعضهـا، وذلـك يُزيد من قبـول اسـتخدام البول.

التشـغيل والصيانة مع مـرور الوقت، بعض الأمـلاح المعدنية في البول قد تترسـب (وخاصة فوسـفات الكالسـيوم وفوسـفات الماغنيسـيوم). قـد يتـم انسـداد بعـض المعـدات التـي يتـم اسـتخدامها لجمـع، أو نقـل، أو اسـتخدام البـول (مثـل، أوعية الـري التـي بها ثقـوب صغيرة)، وذلـك نتيجة ترسـب الأملاح علـى الثقـوب. ويمكـن إزالـة معظم الترسـبات بسـهولة بالماء السـاخن وقليلًا من الحامـض (الخل)، أو إزالتها يدويًا بالكشـط في بعـض الحـالات المتفاقمة.

الإيجابيات والسلبيات
+ قد يُشجع توليد الدخل (تحسين المحصول وإنتاجية النباتات).
+ يحد من الاعتماد على الأسمدة الكيماوية المُكلفة.
+ انخفاض خطر انتقال مُسببات الأمراض.
+ تكاليف منخفضة.
- البول ثقيل وصعب نقله.
- قد تكون الرائحة كريهة.
- تتطلب عمالة كثيفة.
- خطـر زيادة ملوحـة التربـة إذا كانـت التربة عُرضـة لتراكم الأملاح.
- القبول الاجتماعى قد يكون منخفضًا في بعض المناطق.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيار بورقي وآخرون (2014). *حلول تقنية وممارسات أفضل للصرف الصحي*، نواكشوط، موريتانيا.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة*، سوريا.

مراجع إنجليزية:

_ Morgan, P. R. (2007). *Toilets That Make Compost. Low-Cost, Sanitary Toilets That Produce Valuable Compost for Crops in an African Context.* Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Available at: www.ecosanres.org

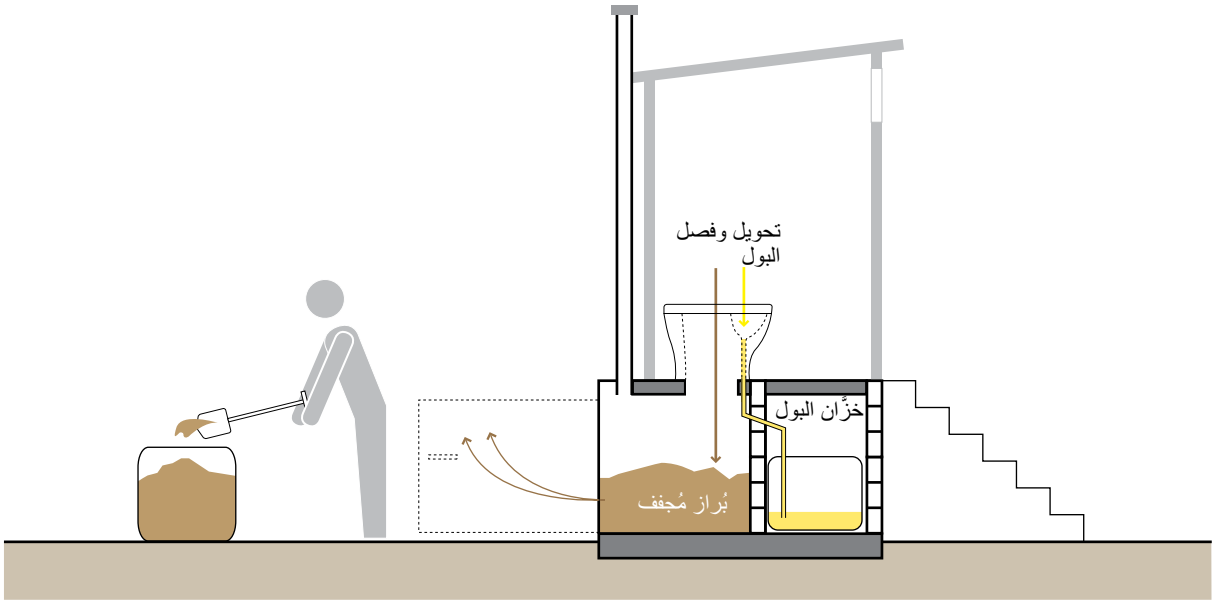
_ Richert, A., Gensch, R., Jönsson, H., Stenström, T. A., and Dagerskog, L. (2010). *Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production.* EcoSanRes, Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE.
Available at: www.susana.org/library

_ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture.* World Health Organization, Geneva, CH.
Available at: www.who.int

استخدام البُراز المُجفف

قابل للتطبيق في:
النظام 4

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: البُراز المُجفف
★★ المنزل	★★ منزلي	
★ الحي السكني	★★ مشترك	المُخرجات: الكتلة الحيوية
المدينة	★ عام	



عندما يُخزن البُراز في معزل عن الرطوبة (أي بمعزل عن البول)، يتم تجفيفه إلى بُراز سهل التفتيت، أبيض - بني فاتح، خشن، هش أو مسحوق. تتبخر الرطوبة الطبيعية الموجودة في البُراز و/أو تُمتص بواسطة المواد المُجَفِّفة (مثل: الرماد، أو النشارة، أو الجير) التي تُضاف له. من المُمكن استخدام البُراز المُجَفَّف كمُحسِّن للتربة.

يختلف التجفيف Dehydration عن إعداد السماد Composting لأن المواد العضوية الموجودة لا تتحلل أو يتم تحويلها إلى صور أخرى، بل يتم فقط إزالة الرطوبة منها. يفقد البُراز حوالي 75% من حجمه بعد التجفيف، ويصبح البُراز المُجَفَّف بالكامل مُتَفَتِّت على شكل مسحوق. تجف -أيضًا- الأجسام والقشور الخارجية للديدان والحشرات الموجودة في البُراز وتصبح جزءًا من المادة المُجَفَّفة.

يُعتبر البُراز المُجَفَّف مادة غنية بالكربون والمُغذيات، ولكن قد لا يزال يحتوي على حويصلات البروتوزوا Protozoan Cysts أو حويصلات البروتوزوا المُتَكيِّسة Prtozoan Oocysts (الأبواغ التي يُمكنها العيش والبقاء في الظروف البيئية القاسية، وإعادة الانتعاش والنمو تحت الظروف المواتية) ومسببات الأمراض الأخرى درجة تثبيط فعالية مسببات الأمراض تعتمد على درجة الحرارة، وقيمة الأس الهيدروجيني pH (استخدام الرماد أو الجير يرفع درجة الأس الهيدروجيني) وفترة التخزين. ومن المُسَلَّم به عمومًا أنه يجب تخزين البُراز ما بين 6 إلى 24 شهرًا، وبالرغم من ذلك فأن مسببات الأمراض قد لا تزال موجودة بعد هذه المدة (يرجى الرجوع إلى إرشادات منظمة الصحة العالمية WHO من أجل توجيهات محددة).

يُمكن أن تُخلط المواد البُرازية مع التربة الزراعية (اعتمادًا على القبول المُجتمعي)، أو أن تُخلط بطريقة آمنة في التربة غير الزراعية، أو تُدفن في مكان آخر. وقد يكون التخزين الممتد من الخيارات الممكنة إذا لم يكن هناك استخدام فوري للمواد البُرازية (انظر س.12).

اعتبارات التصميم البُراز الذي تم تجفيفه والاحتفاظ به ما بين 2-20 درجة مئوية ينبغي أن يتم تخزينه من سنة ونصف إلى سنتين قبل استخدامه على المستوى المنزلي أو المحلي، وفي درجات الحرارة العالية (أي، أكبر من 20 درجة مئوية في المتوسط) فمن المستحسن تخزين البُراز لأكثر من سنة؛ لتثبيط بويضات الإسكارس (نوع من الديدان الطُفيلية). ويُمكن تخزين البُراز لمدة قصيرة (أقل من ستة أشهر) إذا كانت درجة الأس الهيدروجيني pH أكبر من 9 (إضافة الرماد أو الجير تزيد درجة الأس الهيدروجيني). يجب اعتبار إرشادات منظمة الصحة العالمية WHO قبل استخدام فضلات الإنسان في الزراعة.

المُلاءَمة البُراز المُجَفَّف ليس مفيدًا -كمُحسن للتربة- مثل البُراز المُسَمَّد، ومع ذلك، فإنه يُمكن أن يُساعد على تجديد وتحسين التربة الفقيرة، وزيادة الكربون، وخصائص الاحتفاظ بالمياه في التربة، في حين يُشكل مخاطر منخفضة في انتقال مسببات الأمراض.

الجوانب الصحية / القبول التعامل مع البُراز المُجَفَّف واستخدامه قد لا يكون مقبولًا لدى بعض الناس. وبما أن البُراز المُجَفَّف يجب أن يكون جافًا، ومتفتتًا، وبدون رائحة؛ فقد يكون من السهل تفضيل استخدامه عن الروث او الحمأة. يُعتبر البُراز الجاف بيئة حاضنة للكائنات الحية، ولكنها لا تبقى طويلًا فيه. إذا تم خلط الماء أو البول مع البُراز المُجَفَّف، فإن الروائح والكائنات الحية قد تُصبح مشكلة، لأن البكتيريا تعيش بسهولة وتتكاثر في البُراز الرطب. البيئات الدافئة والرطبة مُساعدة للعمليات اللاهوائية، والتي يمكن أن تولد روائح كريهة.
وينبغي ألا يُستخدم البُراز المُجَفَّف مع المحاصيل خلال الشهر الأخير قبل الحصاد، هذه الفترة من الانتظار مهمة، خصوصًا مع المحاصيل التي تُستهلك طازجة بدون طهي.

التشغيل والصيانة عند إزالة البُراز المُجَفَّف من حُجرات التجفيف، يجب توخي الحذر من نفخ المسحوق أو استنشاقه. كما يجب على العاملين ارتداء الملابس الواقية المناسبة.
ويجب أن يبقى البُراز جافًا قدر الإمكان، وإذا دخل الماء أو البول وتم مزجه مع البُراز المُجَفَّف عن طريق الخطأ، فينبغي أن يُضاف إليه المزيد من الرماد، أو الجير، أو التربة الجافة للمساعدة في امتصاص الرطوبة. والوقاية هي أفضل طريقة للحفاظ على جفاف البُراز.

الإيجابيات والسلبيات
+ يمكنه تحسين مكونات التربة، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء.
+ انخفاض خطر انتقال مُسببات الأمراض.
+ تكاليف منخفضة.
- تتطلب عمالة كثيفة.
- قد توجد مسببات الأمراض في مرحلة سبات (حويصلات وحويصلات مُتَكيِّسة)، والتي قد تُصبح معدية إذا وصلت الرطوبة إلى البراز المجفف.
- ليس بديلًا عن السماد (البوتاسيوم والفوسفات والنيتروجين).
- قد يكون القبول المُجتمعي منخفضًا في بعض المناطق.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيار بورقي وآخرون (2014). *حلول تقنية وممارسات أفضل للصرف الصحي، نواكشوط*، موريتانيا.

_ عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2009). *الإدارة الهندسية لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة*، سوريا.

مراجع إنجليزية:

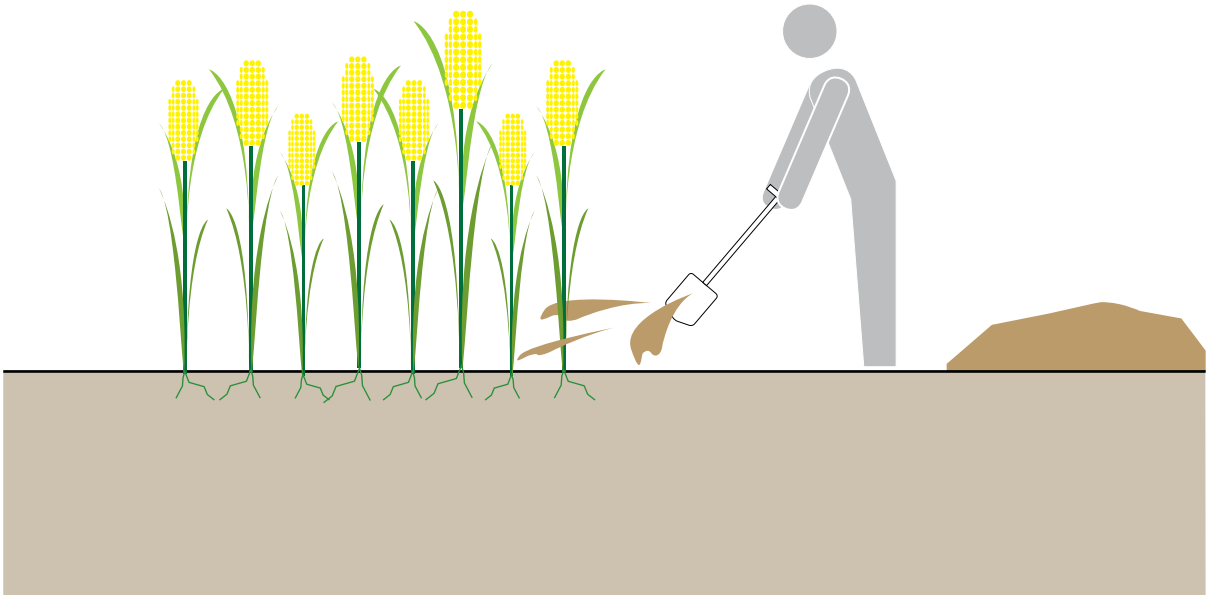
_ Schönning, C. and Stenström, T. A. (2004). *Guidelines for the Safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation Systems.* Report 2004-1. EcoSanRes, Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Available at: www.ecosanres.org

_ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture.* World Health Organization, Geneva, CH. Available at: www.who.int

_ Winblad, U. and Simpson-Hébert, M. (Eds.) (2004). *Ecological Sanitation. Revised and Enlarged Edition.* Stockholm Environment Institute, Stockholm, SE. Available at: www.ecosanres.org

س.4	استخدام دُبال الحُفرة والسماد العضوي	قابل للتطبيق في: **الأنظمة 2، 3**

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: دُبال الحُفرة، السماد العضوي
★★ المنزل ★ الحي السكني المدينة	★★ منزلي ★★ مشترك ★ عام	**المُخرجات:** الكتلة الحيوية



السماد العضوي هو مادة شبيهة بالتربة تنتج عن التحلل الهوائي المُتحكم به للمواد العضوية. دُبال الحُفرة هو مُصطلح يُستخدم فقط لوصف المادة المُزالة من تقنيات الحُفر المزدوجة (ج.4، أو ج.5، أو ج.6) بسبب إنتاجه الطبيعي تحت الأرض ولما له من مكونات مختلفة قليلًا عن السماد العضوي. ويُمكن استخدام كِلا المُنْتَجيْن كمحسنات لخواص التربة.

عملية إعداد السماد الحرارية (الثرموفيلية Thermophilic) تُولِّد حرارة ما بين 50 إلى 80 درجة مئوية، حيث يتم فيها القضاء على معظم مسببات الأمراض. وتتطلب عملية إعداد السماد كميات كافية من الكربون، والنيتروجين، والرطوبة، والهواء.

تختلف درجات الحرارة في الحُفرة المزدوجة المُطورة المُهواة (ج.4)، أو حُفرة ألتِرنا (ج.5)، أو حُفر التصريف المزدوجة (ج.6) حسب حرارة الجو، وذلك يختلف عن ظروف درجات الحرارة العالية لإعداد السماد؛ ولا يوجد -تقريبًا- في هذه التقنيات أي زيادات في الحرارة، لأن ظروف الحُفرة (من حيث: الأكسجين، الرطوبة، نسبة الكربون إلى النيتروجين) ليست مناسبة لحدوث عملية إعداد السماد؛ ولهذا السبب فالمادة ليست "سماد عُضوي"، بل يُشار إليها بمصطلح "دُبال الحُفرة". ويعتمد قوام وجودة دُبال الحُفرة على المواد التي تُضاف إلى فضلات الجسم (على سبيل المثال، إضافة التربة إلى حُفرة ألتِرنا) وظروف التخزين.

اشترطت إرشادات مُنظمة الصحة العالمية WHO لاستخدام فضلات الجسم في الزراعة بأنه يجب حدوث عملية إعداد السماد في درجة حرارة تقدر بنحو 50 درجة مئوية، لمدة أسبوع على الأقل قبل اعتبارها آمنة للاستخدام؛ ولكن تحقيق هذه القيمة يتطلب فترة طويلة. بالنسبة للتقنيات التي تُنتج دُبال الحُفرة، يوصى بأن لا تقل فترة التخزين عن سنة، وذلك للقضاء على مسببات الأمراض البكتيرية، وللحد من الفيروسات والبروتوزوا الطُفيلية. وينبغي الاستعانة بإرشادات منظمة الصحة العالمية للحصول على معلومات مفصلة.

اعتبارات التصميم يُمكن تحسين إنتاجية التربة الفقيرة بتوزيع كميات متساوية من السماد العضوي والطبقة العليا من أي تربة خصبة عليها، ويكون إنتاج حُفرة ألتِرنا الواحدة من الدُبال كافيًا لحوضين زراعيين (3.5 * 1.5 أمتار).

المُلاءَمَة يُمكن استخدام السماد العضوي ودُبال الحُفرة لتحسين جودة التربة؛ حيث تتم إضافة المُغذيات والمواد العضوية وتُحسِّن من مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء والهواء، ويُمكن خلطهما بالتربة قبل زراعة المحاصيل، أو استخدامهما لإنماء الشتلات أو النباتات المنزلية، أو ببساطة خلطهما مع كومة سماد عضوي متوفرة أصلًا لزياة المُعالجة.

أظهرت مزارع الخضروات المُستَخدِمة لدُبال حُفرة تحسنًا كبيراً مقارنة بتلك المزروعة بدون محسنات للتربة. استخدام دُبال الحُفرة جعل عملية الزراعة مُمكنة في المناطق التي ما كانت لتَدعَم زراعة المحاصيل الزراعية فيها.

الجوانب الصحية / القبول يوجد خطر قليل لانتقال مسببات الأمراض، ولكن إن كان هناك شك، فإن أي مادة تُزال من الحُفر أو الحُجرات يُمكن أن تُسمَّد في كومة سماد عُضوي عادية، قبل استخدامها أو خلطها مع تربة إضافية ووضعها في "حُفرة الشجرة" أي الحُفرة الممتلئة بالمُغذيات لزراعة شجرة واحدة. وينبغي ألا يتم استخدام السماد العُضوي ودُبال الحُفرة مع المحاصيل خلال الشهر الأخير قبل الحصاد، هذه الفترة من الانتظار مهمة، خصوصًا مع المحاصيل التي تُستهلك طازجة بدون طهي.

وعلى عكس الحمأة التي تنتج عن مصادر منزلية، وكيميائية، وصناعية متنوعة، فإن السماد العُضوي ودُبال الحُفرة يحتويان على كميات قليلة من المُدخلات الكيميائية؛ والمصادر الكيميائية الوحيدة التي يُمكن أن تُلوث السماد العُضوي أو دُبال الحُفرة قد تكون من المواد العضوية الملوِّثة (على سبيل المثال، المبيدات الحشرية) أو من الكيماويات المُفرَزة بواسطة الإنسان (على سبيل المثال، متبقيات الأدوية). مقارنة بالكيماويات الموجودة التي قد تجد طريقها لحمأة مياه الصرف الصحي فحمأة السماد العُضوي ودُبال الحُفرة تُتعتبر أقل تلوثًا.

السماد العُضوي ودُبال الحُفرة منتجات شبيهة بالتربة وغير مُنفِّرة. ولكن، هناك احتمال لامتناع الناس عن التعامل معهما أو استخدامهما.ويُمكن القيام بأنشطة عملية تقدّم تجربة يدوية مباشرة تُظهر بشكل فعَّال طبيعة هذه المواد غير المؤذية واستخدامها المُفيد.

التشغيل والصيانة يجب أن تكون المواد ناضجة بالشكل الكافي قبل إزالتها من النظام. ومن ثُم يمكن استخدامها بدون مُعالجة إضافية. ويجب على العاملين ارتداء الملابس الواقية.

الإيجابيات والسلبيات

+ إمكانية تحسين مكونات التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالماء، وتخفيض استخدام الأسمدة الكيمائية.
+ قد تشجع على توليد الدخل (بتحسين وزيادة الإنتاجية النباتية)
+ انخفاض خطر انتقال مُسببات الأمراض.
+ تكاليف منخفضة.
- قد تحتاج لسنة أو أكثر للنضوج.
- قد يكون القبول المُجتمعي منخفضًا في بعض المناطق.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيار بورقي وآخرون (2014). *حلول تقنية وممارسات أفضل للصرف الصحي*، نواكشوط، موريتانيا.

_ أميمة محمد صوان وآخرون (2010). *دليل تدوير المخلفات الزراعية*، وزارة الدولة لشئون البيئية، جمهورية مصر العربية.

مراجع إنجليزية:

_ Jenkins, J. (2005). The Humanure Handbook. *A Guide to Composting Human Manure.* 3rd Ed. Jenkins Publishing, Grove City, PA, US.

_ Morgan, P. R. (2004). *An Ecological Approach to Sanitation in Africa. A Compilation of Experiences.* Aquamor, Harare, ZW.
Available at: www.ecosanres.org

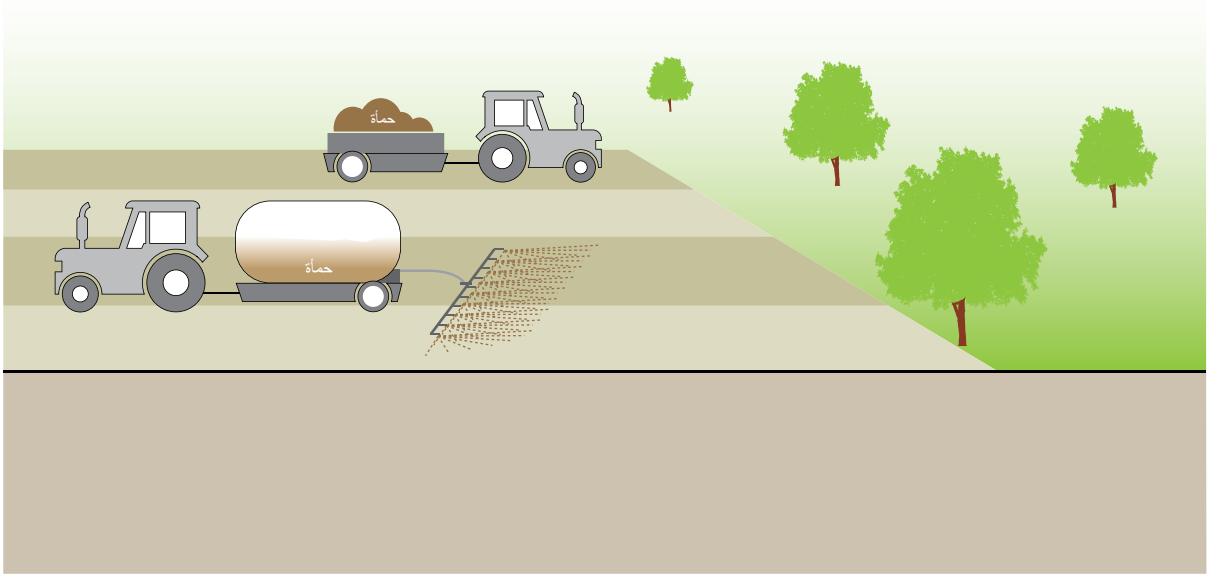
_ Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation.* IWA Publishing, London, UK.
Available at: www.sandec.ch

_ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture.* World Health Organization, Geneva, CH.
Available at: www.who.int

استخدام الحماة

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 5-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات:
المنزل	منزلي ★★	الحمأة
الحي السكني ★	مشترك ★★	**المُخرجات:** الكتلة الحيوية
المدينة ★★	عام ★★	



اعتمادًا على طرق المُعالجة وجودتها، يُمكن استخدام الحمأة المهضومة والمُثَبَّتة في كلٍ من الأراضي الخاصة أو العامة من أجل تنسيق الحدائق أو الزراعة.

يُمكن استخدام الحمأة المُعالجة (مثل الحمأة المُسَمَّدة، أو الحمأة المُزالة من أحواض التجفيف المزروعة، وغيرها) في الزراعة، أو الحدائق المنزلية، أو التشجير، أو زراعة العُشب، أو تنسيق الحدائق والمنتزهات، أو ملاعب الجولف، أو استصلاح المناجم، أو كغطاء لمقالب النفايات، أو للتحكم في تعرية التربة.

بالرغم من أن الحمأة تحتوي على مستويات منخفضة من المُغذيات، أقل من المتواجدة في الأسمدة التجارية (بالنسبة للنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم على التوالي)، فإن الحمأة يُمكنها أن تُعَوِّض جزءًا كبيرًا من متطلبات السماد. وبالإضافة إلى ذلك فإن الحمأة المُعالجة تتميز بخصائص أعلى من المتواجدة في الأسمدة التجارية، كنفش التربة Bulking (انتفاخ، تضخيم) والاحتفاظ بالماء، وإطلاق المُغذيات بمعدلات بطيئة ومستقرة.

اعتبارات التصميم يتم توزيع الحمأة الصلبة على سطح الأرض باستخدام مُوزعات الأسمدة التقليدية، أو شاحنات ذات خزانات، أو عَرَبات مصممة بشكل خاص لهذا الغرض. أما الحمأة السائلة (على سبيل المثال: التي تُنتج من المفاعلات اللاهوائية (فيمكن رَشها على سطح الأرض أو حقنها في التربة.

عند تحديد مُعدلات تطبيق واستخدام الحمأة يجب الوضع في الحسبان وجود مُسببات الأمراض والملوثات، وكذلك كمية المُغذيات المتاحة؛ وبذلك يمكن استخدامها بمعدل زراعي (Agronomic rate) مناسب ومستدام.

المُلاءَمة بالرغم من أن استخدام الحمأة يتم انتقاده أحيانًا، بسبب احتوائها على مستويات عالية محتملة من المعادن أو المُلوثات، فإن الأسمدة التجارية أيضًا تحتوي على مُلوثات بدرجات متفاوتة، وغالبًا ما تكون هذه المُلوثات إما كادميوم أو معادن ثقيلة أخرى. لا ينبغي أن تحتوي حمأة مياه المجاري المُستخرجة من مراحيض الحُفر Pit Latrines على أي من المُدخلات الكيميائية، وبذلك لن تكون مصدرًا للخطر الكبير بسبب التلوث بالمعادن الثقيلة. ومن المحتمل أن الحمأة التي تنشأ في محطات مُعالجة مياه الصرف الكبيرة الحجم أن تكون مُلوثة وذلك لأنها تستقبل المواد الكيميائية الصناعية والمنزلية، فضلًا عن تدفق مياه الجريان السطحي والتي يُمكن أن تحتوي على الهيدروكربونات والمعادن. اعتمادًا على مصدر الحمأة، فإنه يمكن استخدامها كمصدر قيم -ومطلوب بشدة- للمُغذيات. كما أن استخدام الحمأة للأراضي يكون أقل في التكلفة من التخلص منها.

الجوانب الصحية / القبول يُعتبر القبول هو أكبر العوائق التي تواجه استخدام الحمأة. وبالرغم من عدم قبول الحمأة للاستخدام في الزراعة أو الصناعة المحلية، تظل هناك إمكانية

لاستخدامها في المشاريع البلدية ويمكنها تحقيق الكثير من المكاسب (مثل: استصلاح المناجم).
واعتمادًا على مصدر الحمأة وطريقة المُعالجة، يمكن أن تُعالج الحمأة حتى تكون آمنة في العموم، ولا ينتج عنها مشاكل الروائح النفاذة أو ناقلات الأمراض. وينبغي الاستعانة بإرشادات منظمة الصحة العالمية WHO في استخدام فضلات الجسم في الزراعة.

التشغيل والصيانة يجب صيانة مُعدات توزيع السماد من أجل ضمان استمرار استخدامها دون أي عطل. كما يجب مراقبة كمية ومعدل استخدام الحمأة من أجل منع الحمولة الزائدة، وبالتالي مَنع احتمالية التلوث بالمُغذيات الزائدة. ويجب على العاملين ارتداء الملابس الواقية المناسبة.

الإيجابيات والسلبيات

+ يمكن أن يقلل من استخدام الأسمدة الكيميائية (التجارية)، ويُحسن من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء.
+ يمكن أن يُسرع عملية إعادة التشجير (إعادة التحريج) .
+ يمكن أن يُخفض من تعرية التربة.
+ تكلفة منخفضة.
- يمكن أن تكون الروائح المنبعثة ملحوظة، ويتوقف ذلك على المُعالجة السابقة.
- من الممكن أن يتطلب معدات توزيع خاصة.
- من الممكن أن يسبب مخاطر صحية، ويتوقف ذلك علي جودة الحمأة والاستخدام.
- من الممكن أن تتراكم المُلوثات المجهرية (Micropollutants) في التربة وتُلوث المياه الجوفية.
- من الممكن أن يكون القبول المُجتمعي لها منخفضًا في بعض المناطق.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ محمد منهل الزعبي وآخرون (2014). *استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزارعة، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية*، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، سوريا.

_ محمد عزيزي، وفاطمة جعارة (2010). *مقرر محطات معالجة مياه الصرف الصحي*، سوريا.

_ نبيل فتحي السيد قنديل (2010). *استخدام الحمأة المُعالجة في مصر، معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة*، مركز البحوث الزراعية، جمهورية مصر العربية.

_ هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية (2002). *إعادة الاستخدام الآمن للحمأة الناتجة عن محطات المعالجة*، سوريا.

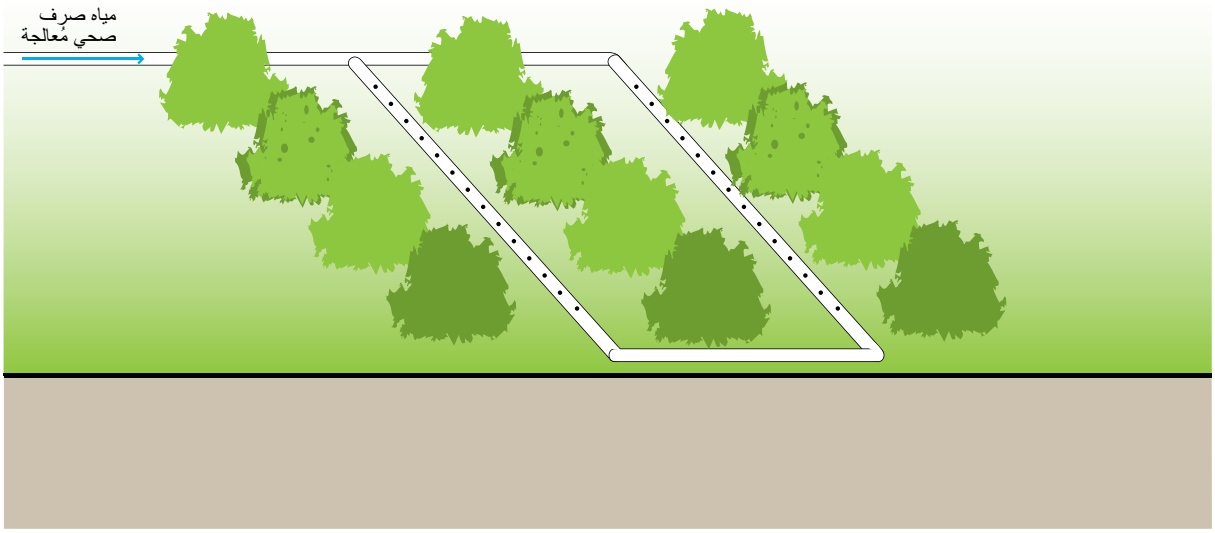
مراجع إنجليزية:

_ Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation.* IWA Publishing, London, UK.
Available at: www.sandec.ch

_ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 4: Excreta and Greywater Use in Agriculture.* World Health Organization, Geneva, CH.
Available at: www.who.int

س.6	الري	قابل للتطبيق في: **الأنظمة 1-9**

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:** التدفقات السائلة الخارجة مياه الأمطار (+ البول المُخزَّن)
★★ المنزل ★★ الحي السكني ★★ المدينة	★★ منزلي ★★ مشترك ★★ عام	**المُخرَجات:** الكتلة الحيوية



يمكن استخدام مياه الصرف متفاوتة الجودة في الزراعة؛ للحد من الاعتماد على المياه العذبة، ولضمان مصدر دائم للمياه لأغراض الري على مدار السنة. ومع ذلك، ينبغي أن تُستخدم المياه التي خضعت للمُعالجة الثانوية فقط (أي المُعالجة الفيزيائية والمُعالجة الحيوية) للحد من مخاطر تلوث المحاصيل والمخاطر الصحية على العاملين.

هناك نوعان من تقنيات الري المناسبة لمياه الصرف الصحي المُعالجة:

1) الري بالتنقيط فوق أو تحت سطح الأرض؛ حيث يتم تنقيط الماء ببطء على الجذور أو بالقرب من منطقة الجذور.

2) الري السطحي؛ حيث يتم غمر الأرض بالمياه في سلسلة من قنوات الري أو الأخاديد.

ولتقليل التبخر ونشر مسببات الأمراض في الهواء ينبغي تجنب الري بالرش.

إن استخدام مياه الصرف المُعالجة بشكل صحيح يُمكن أن يقلل -إلى حد كبير- من الاعتماد على المياه العذبة، و/أو تحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية من خلال توفير المياه والمُغذيات اللازمة للنباتات. ولا ينبغي أن تُستخدم مياه الصرف أو المياه السوداء غير المُعالجة في الري، كما أن المياه المُعالجة بشكل جيد يجب أن تُستخدم بحذر. والاستخدام طويل المدى للمياه المُعالجة بشكل غير صحيح أو المياه رديئة المُعالجة قد يُسبب ضررًا طويل المدى على تكوين وبِنية التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالماء.

اعتبارات التصميم يجب أن يكون معدل استخدام مياه الصرف الصحي المُعالجة للري مناسبًا للتربة والمحاصيل والمناخ، وإلا يصبح الاستخدام مضرًّا. ولزيادة قيمة العناصر المغذية في مياه الري؛ فإنه من الممكن أن يُخلط (يُحقن) البول مع مياه الري، وهذا ما يسمى "التسميد في الري (أو الري المُسَمَّد) Fertigation" (أي التسميد + الري). و يجب أن تتناسب نسبة تخفيف البول في المياه مع الاحتياجات الخاصة للمحصول ومقاومته.

ويجب مراعاة وجود ضغط تشغيل مناسب في أنظمة الري بالتنقيط ومراعاة الصيانة الدورية؛ للحد من احتمالية انسداد نظام الري (خصوصًا مع البول الذي سوف يترسب منه الستروفايت Struvite تلقائيًّا).

المُلاءَمة تعتبر طريقة الري بالتنقيط هي الأنسب للري بمياه الصرف المُعالجة خصوصًا في المناطق القاحلة والمُعرضة للجفاف. أما الري السطحي فهو عُرضة لفقدان كميات كبيرة من المياه بالتبخر، ولكنه يتطلب بِنية تحتية بسيطة -أو قد لا يحتاج بالكلية-، وقد يكون مناسبًا في بعض الحالات.

يُمكن زراعة المحاصيل (مثل الذرة والبرسيم وغيرها من العلف) والألياف (مثل القطن)، والأشجار، والتبغ، وأشجار الفاكهة (مثل المانجو)، والأغذية التي تتطلب عملية تصنيع أو مُعالجة (مثل بنجر السكر) بدون خطورة بمياه الصرف المُعالجة. وينبغي اتخاذ المزيد من الحرص مع الفواكه والخضروات التي يمكن أن تؤكل طازجة بدون طهي (مثل

الطماطم)؛ لأنها يمكن أن تتلامس مع مياه الري. كما يُمكن زراعة وحصاد محاصيل الطاقة مثل: شجرة الكافور والحور والصفصاف، أو أشجار الدردار في وقت قصير لإنتاج الوقود الحيوي. وحيث إن الأشجار ليست للاستهلاك؛ فهي تعتبر وسيلة آمنة وفعالة لاستخدام التدفقات السائلة المُعالَجَة قليلة الجودة في الري.

يمكن أن تتدهور جودة التربة بمرور الزمن -على سبيل المثال، بسبب تراكم الأملاح- لو تم استخدام مياه صرف رديئة المُعالجة. وعلى الرغم من اعتبارات السلامة المطلوبة؛ فإنَّ الري بمياه الصرف المُعالجة يُعتبر وسيلة فعالة لإعادة تدوير المُغذيات والمياه.

الجوانب الصحية / القبول يجب أن تَسبِق المُعالجة المناسبة (أي الحد من العوامل المسببة للأمراض بشكل كافٍ) منظومة الري للحد من المخاطر الصحية للأشخاص الذين يعملون باتصال مباشر مع المياه. علاوة على ذلك، فإن المياه قد لا تزال ملوثة بمواد كيميائية مختلفة قد تم صرفها في نظام المُعالجة، وذلك اعتمادًا على درجة المُعالجة التي خضعت لها التدفقات السائلة الخارجة. وعند استخدام التدفقات السائلة المُعالجة للري، ينبغي على المنازل والمصانع المتصلة بالنظام أن تكون على دراية بالمخلّفات المناسبة وغير المناسبة التي يمكن صرفها بالنظام. والري بالتنقيط هو نوع الري الوحيد الذي يجب أن يُستخدم مع المحاصيل الصالحة للأكل، ومع ذلك يجب توخي الحذر لمنع العمال والمحاصيل المحصودة من ملامسة التدفقات السائلة المُعالجة. وينبغي الاستعانة بإرشادات منظمة الصحة العالمية (WHO) لاستخدام مياه الصرف؛ وذلك من أجل الحصول على معلومات مُفصَّلة وتوجيهات محددة.

التشغيل والصيانة يجب أن يتم عمل غسيل دوري لأنظمة الري بالتنقيط؛ لتجنب نمو الغشاء الحيوي Biofilm، ولتجنب انسدادها بسبب جميع أنواع المواد الصلبة. ويجب الكشف عن التسريبات في الأنابيب؛ لأنها عُرضة للتلف من قِبل القوارض أو البشر. والري بالتنقيط أكثر تكلفة من الري التقليدي، ولكن يُحسِّن الإنتاج ويُقلل تكاليف المياه والتشغيل. كما يجب على العاملين ارتداء الملابس الواقية المناسبة.

إيجابيات وسلبيات

+ يقلل من استنزاف المياه الجوفية، ويوفر المياه للشرب.
+ يقلل الحاجة للأسمدة.
+ إمكانية إيجاد فرص عمل محلية، وتوليد مصدر للدخل.
+ تخفيض خطر انتقال مسببات الأمراض إذا تم مُعالجة المياه بشكل صحيح.
+ تخفيض تكاليف رأس المال والتشغيل، وذلك حسب التصميم.
- قد يتطلب الخبرة في التصميم والتركيب.
- قد لا تكون جميع قطع الغيار والمواد متوفرة محليًّا.
- الري بالتنقيط حساس جدًّا للانسداد؛ لذلك يجب أن تكون مياه الري خالية تمامًا من العوالق.
- خطر تملح التربة إذا كانت التربة عُرضة لتراكم الأملاح.
- القبول المجتمعي قد يكون منخفضًا في بعض مناطق الري خالية تمامًا من المواد الصلبة العالقة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ منظمة الأغذية والزراعة الأمم المتحدة (2016). *تقييم مياه الصرف الصحي المعالجة والمخصصة للزراعة في لبنان*، لبنان.

_ محمد منهل الزعبي وآخرون (2014). *استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزارعة*، *الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية*، *وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي*، سوريا.

_ أحمد أحمد السروي (2011). *إعادة استخدام مياه الصرف المُعالجة الأهمية والتطبيقات*، *دار الكتب العلمية*، جمهورية مصر العربية.

_ منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي للشرق الأوسط (2003). *إعادة استعمال مياه الفضلات في الزراعة دليل إرشادي للمخططين*، عمان، الأردن.

مراجع إنجليزية:

_ FAO (2012). *On-Farm Practices for the Safe Use of Wastewater in Urban and Peri-Urban Horticulture. A Training Handbook for Farmer Field Schools.* FAO, Rome, IT.
Available at: www.fao.org

_ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 2: Wastewater Use in Agriculture.* World Health Organization, Geneva, CH.
Available at: www.who.int

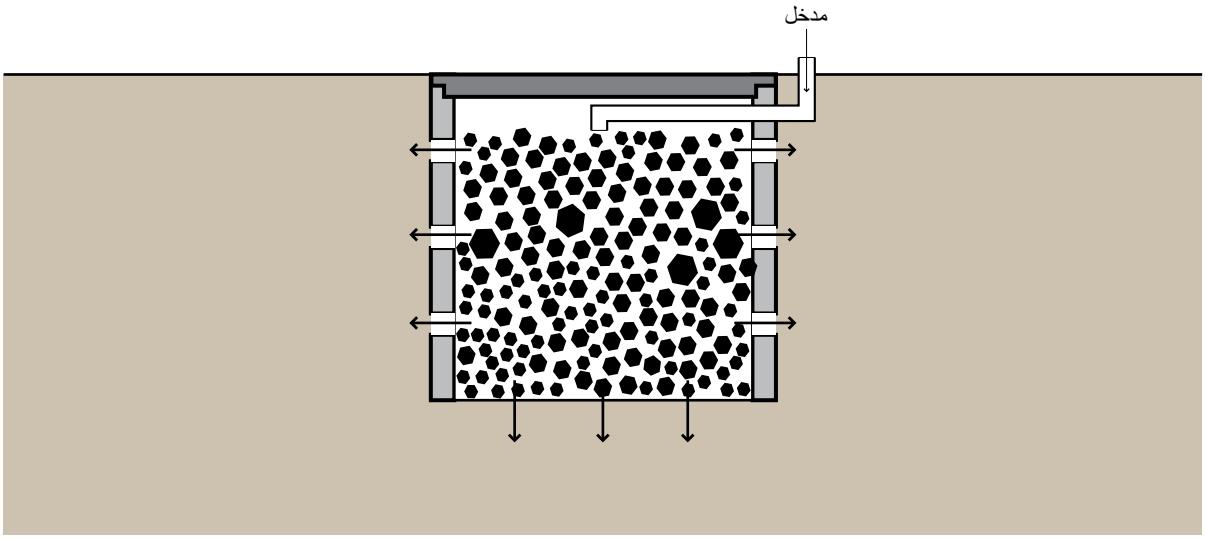
حُفرة الامتصاص

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1-6

مستوى التطبيق:
- ★★ المنزل
- ★ الحي السكني
- المدينة

مستوى الإدارة:
- ★★ منزلي
- ★★ مشترك
- عام

المُدخلات: التدفقات السائلة الخارجة
المياه الرمادية، البول، البول المُخزَّن
مياه تنظيف الشرج



حُفرة الامتصاص Soak Pit (أو حُفرة التصريف، أو حُفرة التشرب، أو بئر الترسيب) هي عبارة عن غرفة مغطاة، مسامية الجدران، وتسمح للمياه أن تتسرب ببطء إلى طبقات التربة. التدفقات السائلة الخارجة (المُعالجة) التي تم ترسيب محتوياتها مبدئيًا في إحدى تقنيات الجمع والتخزين/المُعالجة أو المُعالجة (شبه) المركزية، يتم تصريفها إلى غرفة تحت الأرض حيث يتم ارتشاحها إلى التربة المحيطة.

اعتبارات التصميم ينبغي أن تكون حُفرة الامتصاص على عمق بين 1.5 إلى 4 أمتار، ولكن بحكم التجربة يجب ألا يقل عمقها عن مترَين فوق منسوب المياه الجوفية. ويجب أن تكون على مسافة آمنة من مصادر مياه الشرب (في الحالة المثالية يجب أن تزيد عن 30 مترًا). ينبغي أن تكون حُفرة الامتصاص بعيدة عن المناطق ذات حركة المرور الكثيفة حتى لا تكون التربة مُنضَغِطَة من فوقها وحولها. يُمكن أن تُترك الحُفرة فارغة ومبطنة بمادة مسامية لدعم جسم الحُفرة ومنعها من الانهيار، أو تُترك غير مُبطنة وتُملأ بالحصى والصخورالخشنة. الصخور والحصى ستمنع الجدران من الانهيار ولكنها لا تزال توفر مساحة مناسبة لمياه الصرف. في كلتا الحالتين، ينبغي فرش طبقة من الرمل والحصى الناعم في القاع لتساعد على تشتيت التدفق. للسماح للوصول للحُفرة في المستقبل، ينبغي استخدام غطاء قابل للرفع (يُفضَّل أن يكون من الخرسانة) لإغلاق الحُفرة إلى أن يكون هناك حاجة لصيانتها.

المُلاءَمَة حُفرة الامتصاص لا توفر المُعالجة الكافية لماء الصرف الخام، وسيتم انسدادها سريعًا. كما يجب أن تُستخدم لصرف المياه السوداء التي تم ترسيب محتوياتها أو المياه الرمادية.
تُعتبر حُفر الامتصاص مناسبة للتجمعات الريفية أو شبه الحضرية. وهي تعتمد على تربة ذات قدرة امتصاص كافية. وهي ليست مناسبة للمناطق المُعرضة للفيضانات أو ذات المنسوب المرتفع للمياه الجوفية.

الجوانب الصحية / القبول طالما أن حُفرة الامتصاص لا تُستخدم لماء الصرف الخام، وطالما أن تقنيات الجمع والتخزين/المُعالجة السابقة تعمل بشكل جيد، فإن المخاوف الصحية تكاد تكون قليلة. بما أن هذه التقنية تقع تحت الأرض، فبالتالي لا يكون هناك أي اتصال للبشر والحيوانات مع التدفقات السائلة الخارجة.
وحيث إن الحُفرة عديمة الرائحة وغير مرئية، فإنه ينبغي أن تكون مقبولة حتى من المجتمعات الأكثر حساسية.

التشغيل والصيانة تُترك حُفرة الامتصاص ذات الحجم الجيد بدون صيانة لفترة ما بين 3 إلى 5 سنوات. ولزيادة عُمر الحُفرة ينبغي التأكد من أن التدفقات السائلة الداخلة للحُفرة تم ترويقها و/أو ترشيحها لمنع التراكم المفرط للمواد الصلبة. ستُحدث الجسيمات والكتل الحيوية في نهاية المطاف انسدادًا في الحُفرة، وذلك يتطلب التنظيف والإزالة. وعندما تتدهور

كفـاءة الحُفرة، يمكـن تفريغ موادهـا الداخلية وإعـادة ملئها من جديد.

الإيجابيات والسلبيات

+ يمكن بناؤها وصيانتها بمواد متوفرة محليًا.
+ تقنية بسيطة يمكن تطبيقها لكل المستخدمين.
+ تتطلب مساحة أرض صغيرة.
+ تتطلب رأس مال وتكلفة تشغيل محدودة.
- المُعالجة الابتدائية مطلوبة لمنع حدوث انسدادات.
- يُمكن أن تُؤثر سلبًا على خواص التربة والمياه الجوفية.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيار بورقي وآخرون (2014). *حلول تقنية وممارسات أفضل للصرف الصحي*، نواكشوط، موريتانيا.

_ بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الأولى، اللجنة الدولية للصليب الأحمر، جنيف، سويسرا.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

_ عبد الرقيب علي حمادي (2001). *بناء الحمامات وطرق تحسينها وصيانتها*، انترآكشن في التنمية، اليمن.

مراجع إنجليزية:

_ Ahrens, B. (2005). *A Comparison of Wash Area and Soak Pit Construction: The Changing Nature of Urban, Rural, and Peri-Urban Linkages in Sikasso, Mali.* Peace Corps, US.
Available at: www.mtu.edu/peacecorps/programs/civil/theses

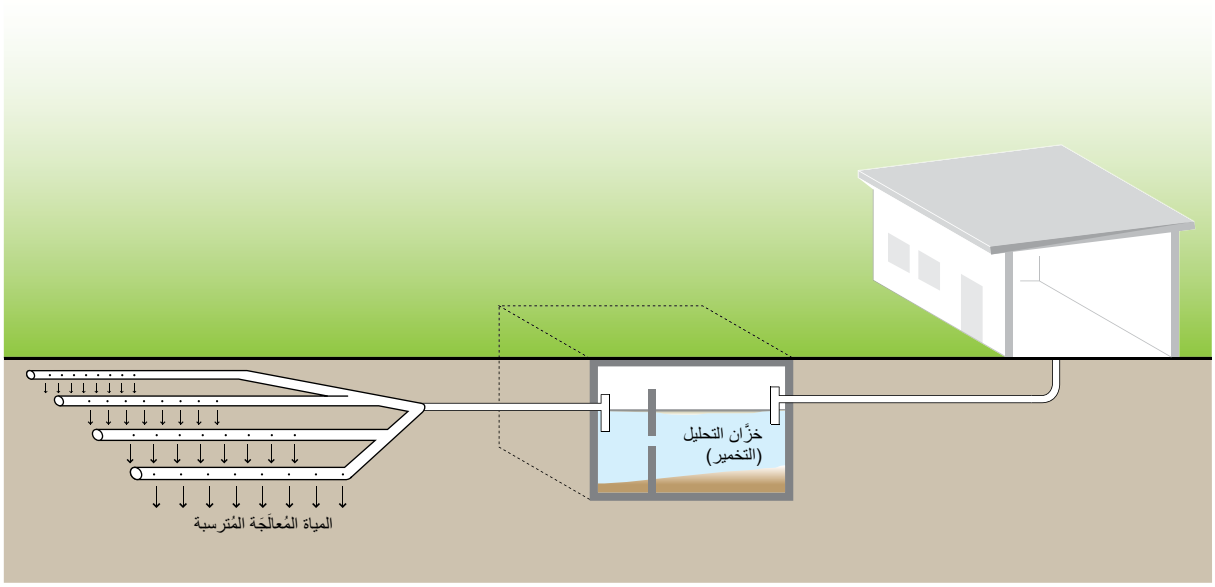
_ Mara, D. D. (1996). *Low-Cost Urban Sanitation.* Wiley, Chichester, UK. pp. 63-65.

_ Oxfam (2008). *Septic Tank Guidelines.* Technical Brief. Oxfam GB, Oxford, UK. p. 4.
Available at: policy-practice.oxfam.org.uk

حقل التصريف الشبكي

قابل للتطبيق في:
النظام 6

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: التدفقات السائلة الخارجة
★★ المنزل	★★ منزلي	
★ الحي السكني	★★ مشترك	
المدينة	★ عام	



حقل التصريف الشبكي Leach Field أو ما يُسمى بحقل الصرف Drainage Field، هو عبارة عن شبكة من الأنابيب المُثقبة، يتم وضعها في خنادق مليئة بالحصى تحت الأرض، لتقوم بتسريب التدفقات السائلة الخارجة من تقنيات الجمع والتخزين/المُعالجة أو المُعالجة (شبه) المركزية.

يتم ضخ التدفقات السائلة الخارجة التي تم ترسيب محتوياتها سابقًا إلى نظام الأنابيب (المتكون من صندوق التوزيع والعديد من القنوات المتوازية) الذي يقوم بتوزيع التدفقات تحت سطح التربة لامتصاصها ومعالجتها لاحقًا. يمكن تركيب نظام للتوزيع بالضغط أو بالجرعات؛ من أجل ضمان استخدام طول حقل التصريف بالكامل، وأنه يسمح بإعادة تهيئة الظروف الهوائية بين الجرعات. ويقوم نظام التوزيع بالجرعات بضخ التدفقات السائلة الخارجة في حقل التصريف على فترات زمنية مضبوطة بجهاز توقيت (غالبًا تكون ثلاث أو أربع مرات في اليوم الواحد).

اعتبارات التصميم يتم حفر كل خندق بعمق يتراوح ما بين 0.3 إلى 1.5 متر وبعرض يتراوح ما بين 0.3 إلى 1 متر. ويجب أن يتم ملء قاع كل خندق بحوالي 15 سنتيمترًا من الصخور الصغيرة النظيفة (الجرش)، ثم تُوضع عليها الأنابيب المُثقبة، ويتم وضع المزيد من الصخور لتغطية تلك الأنابيب. كما يتم وضع طبقة مُكونة من نسيج التكسية الأرضية Geotextile فوق طبقة الصخور من أجل منع الجسيمات الصغيرة من سد الأنابيب. وأخيرًا تُوضع طبقة من الرمال و/أو التربة السطحية لتغطي نسيج التكسية الأرضية، وتُملأ الخنادق حتى مستوى سطح الأرض. ويجب وضع المواسير على بعد 15 سنتيمترًا تحت سطح الأرض من أجل منع مياه الصرف من أن تطفو على السطح.

كما يجب مراعاة حفر الخنادق بطول لا يزيد عن 20 مترًا وألا تزيد المسافة بين الخنادق عن متر أو مترين على الأكثر. ومن أجل منع التلوث يجب أن يتم بناء حقل التصريف على بعد 30 مترًا على الأقل من أي مصدر لمياه الشرب. كما يجب بناء حقل التصريف بشكل لا يمكن له أن يتعارض مع أي شبكات للصرف الصحي قد يتم بِناؤها في المستقبل. وينبغي أن تكون تقنية الجمع التي تَسبق حقل التصريف الشبكي (على سبيل المثال، خزان التحليل (التخمير)، ج.9) مُجهزة بوصلة مع شبكة الصرف الصحي؛ وذلك إذا ما قضت الحاجة إلى تغيير مكان حقل التصريف الشبكي فيما بعد فيتم ذلك التغيير بأقل قدر من المشاكل.

المُلاءَمَة يتطلب حقل التصريف الشبكي مساحات واسعة، وتربة غير مشبعة بالماء ذات قدرة جيدة على الامتصاص من أجل أن تقوم بتصريف التدفقات السائلة الخارجة بشكل فعَّال. ولا تتناسب حقول التصريف الشبكية مع المناطق الحضرية الكثيفة، بسبب احتمالية التشبع الزائد عن الحد للتربة بالماء. يُمكن استخدام حقل التصريف الشبكي في جميع درجات الحرارة تقريبًا، ولكن يمكن أن تَحدث بعض

المشـاكل في تصريـف التدفقات السـائلة الخارجة في الأراضي التـي يمكـن أن تتجمد.
يجـب أن يكـون أصحـاب المنـزل الذيـن يسـتخدمون حقـل التصريف الشـبكي على دراية بكيفية عمله ومسـئوليات صيانته والحفـاظ عليـه. كما يجـب إبعاد حقـل التصريف الشـبكي عن الأشـجار والنباتـات ذات الجذور العميقة، لأنها مـن الممكن أن تتسـبب في شـق أو كسـر الطبقة الأرضيـة المحيطة بالشـبكة.

الجوانـب الصحيـة / القبـول بمـا أن هـذه التقنيـة تتواجـد تحـت الأرض وتتطلـب القليل مـن العنايـة، فنادرًا مـا يتعامل المسـتخدمون مع التدفقات السـائلة الخارجـة، وبالتالي فليس لها أي مخاطـر صحيـة. يجب أن يتم إبعاد حقل التصريف الشـبكي قـدر الإمـكان (على الأقـل 30 متـرًا) عن أي مصـدر محتمل للميـاه الصالحـة للشـرب؛ مـن أجل تفـادي تلويثها.

التشـغيل والصيانة يُمكن أن يحدث انسـداد فـي حقل التصريف الشـبكي مـع مرور الوقـت، على الرغـم من أن هـذا قد يحدث بعـد 20 عامـاً أو أكثـر إذا كانـت هنـاك تقنيـة جيـدة للمُعالجة الأوليـة ويتـم صيانتها بشـكل جيد. ولكي يعمـل حقل التصريف الشـبكي بطريقـة فعَّالـة، يجـب إجراء بعـض أعمـال الصيانة البسـيطة؛ ولكـن فـي حالـة توقـف النظام عـن العمـل بكفاءة، فيجـب تنظيـف الأنابيـب أو إزالتهـا وتبديلهـا بأنابيـب أخـرى جديـدة. ومن أجـل الحفاظ على حقـل التصريف الشـبكي يجب تجنـب أي نباتـات أو أشـجار فوقـه، كما يجب ألا يكـون هناك حركـة مـرور كثيفـة فوقه من أجل تفـادي انكسـار الأنابيب أو ضغـط التربة.

الإيجابيات والسلبيات

+ يمكـن اسـتخدامه للجمع بيـن المُعالجة والتخلص مـن التدفقات السـائلة الخارجة.
+ يتميز بالعمر الطويل (يَعتمد ذلك على الظروف).
+ يحتـاج إلـى أعمال صيانـة قليلة في حال تشـغيله بدون معدات ميكانيكية.
+ تكاليف رأس مال منخفضة نسبيًا، وتكاليف تشغيل منخفضة.
- قد يتطلب الخبرة في التصميم والإنشاء.
- قـد لا تكـون جميـع قطع الغيـار والمـواد المسـتخدمة متوفرة محليًا .
- يحتاج إلى مساحة واسعة.
- المُعالجة الأولية مطلوبة من أجل منع الانسدادات.
- قد يؤثر سلبًا على خصائص التربة والمياه الجوفية.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ بيير جيورجيو نمبريني (2009). *المياه، الصرف الصحي، النظافة الصحية وظروف الإقامة في السجون*، الطبعة العربية الأولى، اللجنة الدولية للصليب الأحمر، جنيف، سويسرا.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

_ عبد الرقيب علي حمادي (2001). *بناء الحمامات وطرق تحسينها وصيانتها*، انترآكشن في التنمية، اليمن.

_ برنامج التوعية السكانية (2001). *الصرف الصحي الموقعي والمركزي - للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة*، التعاون الفني الألماني اليمني، اليمن

مراجع إنجليزية

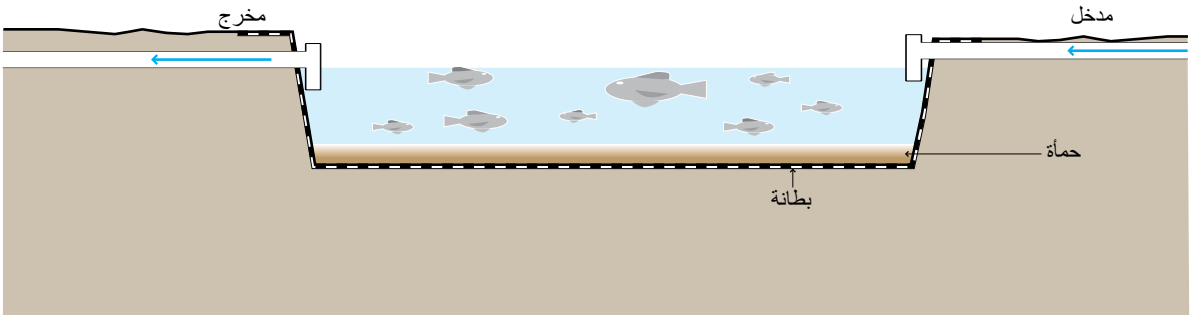
_ Morel, A. and Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods.* Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Available at: www.sandec.ch

_ Polprasert, C. and Rajput, V. S. (1982). *Environmental Sanitation Reviews: Septic Tank and Septic Systems.* Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, TH.

_ U.S. EPA (1980). *Design Manual. Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems.* EPA 625/1-80-012. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, US.
Available at: www.epa.gov

س.9	البُحيرة السمكية	قابل للتطبيق في: **الأنظمة 1، 6-9**

مستوى التطبيق:	**مستوى الإدارة:**	**المُدخلات:** التدفقات السائلة الخارجة
▭ المنزل	▭ منزلي	
▭★ الحي السكني	▭★ مشترك	**المُخرجات:** الكتلة الحيوية
▭★★ المدينة	▭★★ عام	



يمكن زراعة (إنماء) الأسماك في البرك (البُحيرات) التي تتلقى التدفقات السائلة الخارجة والحمأة، حيث يمكن للأسماك أن تتغذى على الطحالب وغيرها من الكائنات التي تنمو في المياه الغنية بالمُغذيات. وبذلك تقوم الأسماك بإزالة المُغذيات من مياه الصرف وفي نهاية المطاف يتم حصادها للاستهلاك.

توجد ثلاثة أنواع لتصاميم المزارع المائية من أجل تربية الأسماك:
1) تغذية البُحيرات السمكية بالتدفقات السائلة الخارجة؛
2) تغذية البُحيرات السمكية بالحمأة/فضلات الجسم؛
3) نمو السمك مباشرة في البِرك الهوائية (م.5 أو م.6)
عندما يتم تربية الأسماك في البِرك الهوائية، فإن ذلك يؤدي بشكل فعَّال إلى تقليل الطحالب والتحكم في البعوض. ومن الممكن دمج السمك والنباتات العائمة (الطَّافية) (س.10) في بركة واحدة. الأسماك بحد ذاتها لا تُحَسن بشكل كبير من جودة المياه، ولكن بسبب قيمتها الاقتصادية، يمكن أن تعوض تكاليف تشغيل محطة المُعالجة. تحت ظروف التشغيل المثالية، يمكن حصاد ما يقرب من 10 آلاف كجم من الأسماك /هكتار. إن لم تصلح الأسماك للاستهلاك البشري فيمكنها أن تكون مصدرًا قيمًا للبروتين بالنسبة لآكلات لحوم أخرى ذات قيمة عالية (مثل الجمبري)، أو يتم تحويلها إلى اعلاف من الأسماك لتغذية الخنازير والدجاج.

اعتبارات التصميم يعتمد التصميم على كمية المُغذيات المراد إزالتها والمُغذيات المطلوبة للأسماك وخصائص المياه اللازمة لضمان ظروف التربية الصحية (على سبيل المثال، مستويات أمونيا منخفضة، درجة الحرارة المطلوبة، ... الخ). عند إضافة المُغذيات على صورة تدفقات سائلة أو حمأة، فمن المهم ترشيد هذه الإضافات بحيث يتم الحفاظ على الظروف الهوائية. كما ينبغي ألا تزيد قيمة االاحتياج الحيوي للأكسجين عن 1 جرام لكل متر مربع في اليوم، والأكسجين الذائب لا يقل عن 4 ملليجرام/لتر.
ينبغي اختيار الأسماك التي تتحمل المستويات المنخفضة من الأكسجين الذائب. ولا ينبغي أن تكون الأسماك آكلة اللحوم، ويجب أن تكون مقاومة للأمراض والظروف البيئية الصعبة. وقد تم استخدام أنواع مختلفة من سمك الشبوط (المبروك) Carp، سمك السلماني Milkfish والبلطي Tilapia بنجاح، إلا أن تحديد النوع يعتمد على التفضيل المحلي والمُلاءَمَة.

المُلاءَمَة بُحيرة السمك تكون مناسبة فقط عندما يكون هناك كمية كافية من الأرض (أو بِركة موجودة من قبل) ومصدر للمياه العذبة ومناخ مناسب. المياه المستخدمة لتخفيف المخلفات لا ينبغي أن تكون دافئة أكثر من اللازم، ويجب أن تبقى مستويات الأمونيا منخفضة أو ضئيلة لأنها تسبب التسمم للأسماك. هذه التقنية مناسبة للمناخات الدافئة أو الاستوائية والتي تخلو من التجمد، ويفضل أن تكون في مناطق غزيرة الأمطار وذات معدل تبخر منخفض.

الجوانب الصحية / القبول يُمكن اعتبار هذه التقنية كبديل عندما لا يتواجد أي مصدر آخر للبروتين. وتؤثر حالة وجودة الأسماك في القبول المجتمعي لها. وقد يكون هناك قلق حول تلوث الأسماك، وخصوصًا عندما يتم حصادها، وتنظيفها وإعدادها. إذا تم طهيها بشكل جيد، فستكون آمنة، ولكن من المستحسن نقل الأسماك إلى بُحيرة مياه نظيفة لعدة أسابيع قبل أن يتم حصادها للاستهلاك. ينبغي الاستعانة بإرشادات منظمة الصحة العالمية بشأن استخدام مياه الصرف وفضلات الجسم في تربية الأحياء المائية للحصول على معلومات مُفصَّلة وتوجيهات محددة.

التشغيل والصيانة يتم حصاد السمك عندما ينمو ويصل للعمر والحجم المناسبين. ينبغي -أحيانًا- بعد جمع السمك أن يتم صرف مياه البُحيرة بحيث (أ) يمكن إزالة الحمأة و(ب) يمكن أن تُترك لتجف في الشمس لمدة تتراوح من أسبوع إلى أسبوعين؛ للقضاء على أي من مسببات الأمراض التي تعيش في القاع أو جوانب البُحيرة. ويجب على العاملين ارتداء الملابس الواقية المناسبة.

الإيجابيات والسلبيات

+ يمكنها توفير مصدر بروتين محلي ورخيص.
+ إمكانية خلق فرص عمل محلية، وتوليد مصدر للدخل.
+ تكاليف رأس المال منخفضة، وينبغي أن تُعوِّض إيرادات الإنتاج تكاليف التشغيل.
+ يمكن إنشاؤها وصيانتها بمواد متوفرة محليًا.
- تتطلب وجود مياة عذبة.
- تتطلب مساحة أرض واسعة.
- تتطلب خبرة في التصميم والتركيب.
- ربما يُشكل السمك مخاطر صحية لو تم إعداده أو طهيه بشكل خاطئ.
- قد تلقى قبولًا مجتمعيًا منخفضًا في بعض المناطق.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ منظمة الأغذية والزراعة (2016). *إنتاج الغذاء من الزراعة الأحيومائية على نطاق صغير*، روما، إيطاليا.

_ مجموعة البنك الدولي (2007). *إرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بزراعة الأحياء المائية*.

مراجع إنجليزية:

_ Cross, P. and Strauss, M. (1985). *Health Aspects of Nightsoil and Sludge Use in Agriculture and Aquaculture.* International Reference Centre for Waste Disposal, Dübendorf, CH.

_ Iqbal, S. (1999). *Duckweed Aquaculture. Potentials, Possibilities and Limitations for Combined Wastewater Treatment and Animal Feed Production in Developing Countries.* Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Available at: www.sandec.ch

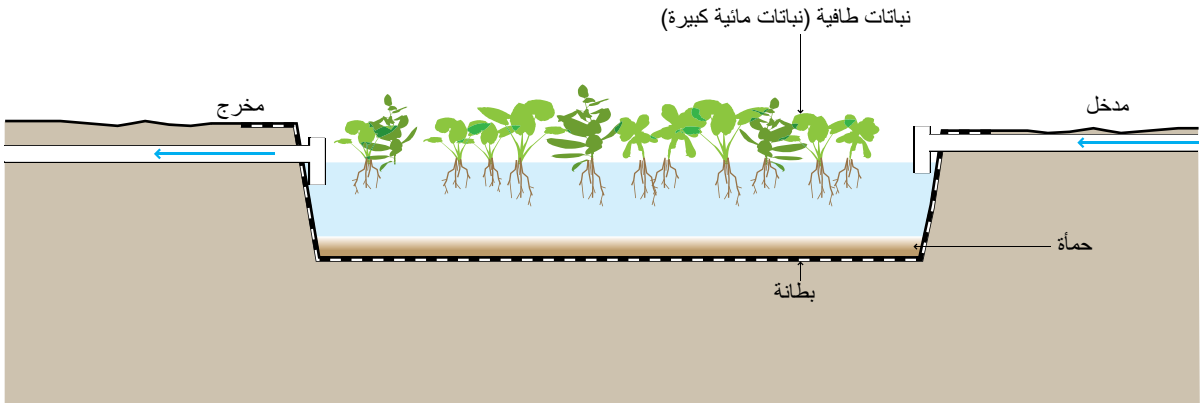
_ Rose, G. D. (1999). *Community-Based Technologies for Domestic Wastewater Treatment and Reuse: Options for Urban Agriculture.* International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, CA.
Available at: www.sswm.info/library

_ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 3: Wastewater and Excreta Use in Aquaculture.* World Health Organization, Geneva, CH.
Available at: www.who.int

بِركة النباتات العائمة (الطَّافِية)

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1، 6-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: التدفقات السائلة الخارجة
المنزل	منزلي	
★ الحي السكني	★ مشترك	**المُخرَجات:** الكتلة الحيوية
★★ المدينة	★★ عام	



بِرَك النباتات العائمة (الطَّافِية) Floating Plant Ponds هي بِرَك إنضاج مُعدلة بها نباتات مائية عائمة، مثل: الخزامى المائي (أو اللافندر المائي Hyacinth) وعدس الماء (أو اللمناوات Duckweed)، حيث تطفو تلك النباتات على السطح وتتأصل جذورها في المياه من أجل امتصاص المُغذيات وتنقية المياه التي تمر خلالها.

يعتبر الخزامى المائي من نباتات المياه العذبة المُعمّرة (نباتات مائية كبيرة Macrophytes) والتي تنمو بصورة سريعة خصوصًا في مياه الصرف، وتتميز هذه النباتات بالنمو بصورة كبيرة؛ حيث يبلغ طولها عادة ما بين 0.5 متر و 1.2 متر من القمة للقاع. توفر الجذور الطويلة وسط ثابت للبكتيريا التي تعمل على تحلل المواد العضوية في المياه المارة بها.
أما بالنسبة لعدس الماء فهو سريع النمو، كما أنه من النباتات عالية البروتين التي تستخدم طازجة أو جافة -كغذاء للأسماك والدواجن؛ فهي نباتات قادرة على تحمل الظروف المختلفة، كما يمكنها إزالة كميات كبيرة من المُغذيات الموجودة في مياه الصرف.

اعتبارات التصميم يمكن اختيار النباتات المناسبة محليًا اعتمادًا على نسبة توافرها محليًا وعلى خصائص مياه الصرف (مثل ورد النيل في مصر).
ومن أجل زيادة الأكسجين الذائب للنباتات العائمة يمكن تهوية الماء ميكانيكيًا، ولكن ذلك سيتم على حساب زيادة الطاقة والماكينات. ويمكن للبِرَك المُهواة استيعاب قدرٍ كبيرٍ من الأحمال العضوية كما يمكن أن يكون أثرها البيئي محدودٍ/ قليلًا. يجب ألا تكون البِرَك غير المُهواة عميقة أكثر من اللازم، وإلا سيكون هناك اتصال غير كافٍ بين الجذور الحاوية للبكتيريا ومياه الصرف.

الملاءمة يتلاءم بناء بِرَك النباتات العائمة (الطَّافِية) فقط في حال وجود مساحات كافية (أو بِركة موجودة سابقًا)، فهي مناسبة للمناخات الحارة والاستوائية التي تخلو من التجمد، ويفضل أن تكون في مناطق غزيرة الأمطار وذات معدل تبخر منخفض. ويمكن أن تحقق هذه التقنية معدلات إزالة عالية لكلٍّ من الاحتياج الحيوي للأكسجين BOD والعوالق، ولكنها لا تزيل مسببات الأمراض بصورة كبيرة.
يمكن استخدام نبات الخزامى المائي الذي يتم حصاده من تلك البِرَك كمصدر للألياف التي تُستخدم في صناعة الحبال والمنسوجات والسلال وغيرهم. تكون تكلفة هذه التقنية متعادلة، وذلك اعتمادًا على الدخل المتولد. كما يمكن استخدام عدس الماء كمصدر أساسي للغذاء لبعض الأسماك آكلة الأعشاب.

الجوانب الصحية / القبول يتميز نبات الخزامى المائي بزهوره الجذابة؛ لذلك فإن التصميم والصيانة الجيدة للبِركة يضيف إلى قيمة الأراضي القاحلة ويزيد الاهتمام بها.
يجب استخدام اللافتات المناسبة والأسوار من أجل منع دخول الإنسان والحيوان للبِركة وملامسة مياهها، كما يجب على

العاملين ارتداء الملابس الواقية المناسبة. ينبغي الاستعانة بإرشادات منظمة الصحة العالمية بشأن استخدام مياه الصرف وفضلات الجسم في تربية الأحياء المائية؛ للحصول على معلومات مُفصَّلة وتوجيهات محددة.

التشغيل والصيانة تتطلب النباتات العائمة حصادًا مستمرًّا، ويمكن استخدام الكتلة الحيوية التي يتم حصادها في المشروعات الحرفية الصغيرة، أو يمكن استخدامها في إعداد السماد. ويُحتمل زيادة مشاكل البعوض في حال عدم حصاد النباتات بانتظام. اعتمادًا على كمية المواد الصلبة التي تدخل إلى البِركة، فإنه يجب إزالة الحمأة بشكل دوري. ويجب أن تتم صيانتها وتشغيلها باستمرار من قِبَل فريق متدرب.

الإيجابيات والسلبيات

+ ينمو نبات الخزامى المائي بسرعة كبيرة كما يتميز بجاذبيته.
+ إمكانية إيجاد فرص عمل محلية، وتحقيق مصدر للدخل.
+ تكاليف رأس المال منخفضة نسبيًّا، ويمكن تعويض تكاليف التشغيل عن طريق الإيرادات.
+ تُخفض الاحتياج الحيوي للأكسجين والمواد الصلبة بشكل كبير، وإزالتها محدودة لمُسببات الأمراض.
+ يمكن إنشاؤها وصيانتها بالمواد المتوفرة محليًّا.
- تتطلب مساحة كبيرة.
- يمكن لبعض النباتات أن تغزو البيئة الطبيعية إذا تم تحريرها بدون تحكم.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ العابد إبراهيم (2015). *معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منتقية محلية*، رسالة دكتوراة كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الكيمياء، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر.

_ سيد عاشور أحمد (2003). *الاتجاهات الحديثة في استخدام نبات ورد النيل*، مجلة أسيوط للدراسات البيئية، جمهورية مصر العربية

مراجع إنجليزية:

_ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater*, Excreta and Greywater. Volume 3: Wastewater and Excreta Use in Aquaculture. World Health Organization, Geneva, CH. Available at: www.who.int

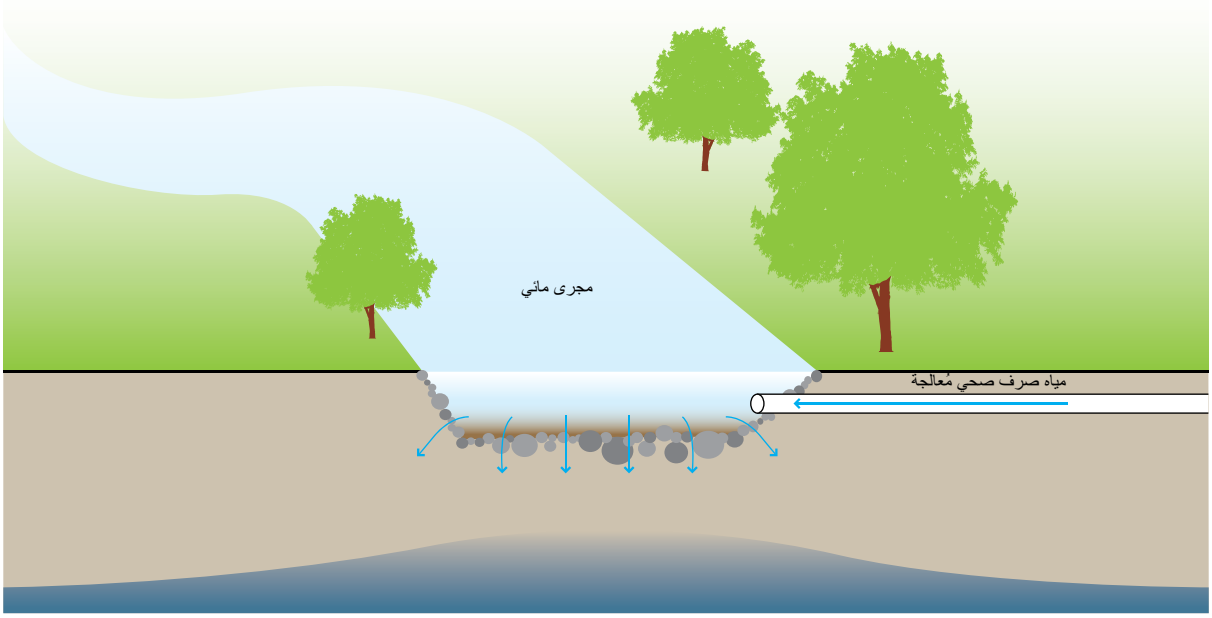
_ U.S. EPA (1988). *Design Manual. Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Water Treatment*. EPA/625/1-88/022. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, US. Available at: www.epa.gov

_ Reddy, K. R. and Smith, W. H. (Eds.) (1987). *Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery*. Magnolia Publishing Inc., Orlando, FL, US.

إعادة شحن المياه الجوفية / التخلص من المياه

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات:
★★ المنزل	★★ منزلي	التدفقات السائلة الخارجة
★★ الحي السكني	★★ مشترك	مياه الأمطار
★★ المدينة	★★ عام	



يمكن تصريف التدفقات السائلة الخارجة و/أو مياه الأمطار مباشرة في المسطحات المائية (مثل الأنهار، والبحيرات، وما إلى ذلك) أو في الأرض لإعادة شحن المياه الجوفية.

استخدام المسطحات المائية السطحية، سواء كان للصناعة أو الترفيه (حمامات السباحة) أو المزارع السمكية، وما إلى ذلك، سيؤثر على نوعية وكمية مياه الصرف المُعالجة التي يمكن إدخالها دون آثار ضارة.

بدلًا من ذلك، يُمكن تصريف المياه في الخزانات الجوفية. زاد انتشار إعادة شحن المياه الجوفية نتيجة لاستنزاف مصادر المياه الجوفية ولتداخل ماء البحر مع المياه الجوفية، والذي أصبح من أكبر التهديدات للمجتمعات الساحلية.

على الرغم من أن التربة تقوم بدور المُرَشِّح لمجموعة متنوعة من الملوثات، فإنه لا ينبغي النظر لإعادة شحن المياه الجوفية كوسيلة من وسائل المُعالجة. إذ أنه بمجرد تلوث خزان المياه الجوفية، فمن شبه المستحيل استصلاحه.

اعتبارات التصميم يجب التأكد من عدم تجاوز القدرة الاستيعابية للمسطحات المائية المُستَقبِلة، بمعنى آخر يجب التأكد من أن المسطح المائي المُستَقبِل يمكنه استيعاب كمية المُغذّيات المضافة دونَ أن يمثل ذلك حِملًا زائدًا عليه. يجب أن تتم المتابعة والتحكم الدقيق في العوامل المتغيرة كالعكارة، ودرجة الحرارة، والعوالق، والاحتياج الحيوي للأكسجين BOD، والنيتروجين، والفوسفور (ومتغيرات أخرى)، قبل تصريف أي مياه في مورد طبيعي. ويجب الاستعانة بالسلطات المحلية من أجل تحديد معدلات الصرف المسموح بها حسب العوامل المرتبطة بالأمر، حيث يمكن أن تتفاوت على نطاق واسع.

ويمكن أن تحتاج المناطق ذات الحساسية العالية لتقنية مُعالجة لاحقة (مثل المُعالجة بالكلور، أنظر تقنيات المُعالجة الاحقة، صفحة 136) للتوافق مع الحدود والمعايير الميكروبيولوجية Microbiological Limits (أو الميكروحيوية، أو المجهرية الحيوية).

تتوقف جودة المياه المستخرجة من خزان المياه الجوفي المعاد شحنه على جودة مياه الصرف التي صُرِّفت فيه وطريقة إعادة الشحن وخصائص الخزان الجوفي ومدة التخزين ونسب الخلط مع المياه الأخرى وتاريخ النظام. يجب أن يتم التحليل الدقيق لهذه العوامل قبل أن يتم بدء أي مشروع لإعادة الشحن.

المُلاءَمة تعتمد كفاءة التصريف إلى المسطح المائي أو خزان المياه الجوفية تمامًا على الظروف البيئية المحلية والضوابط القانونية. وغالبًا ما يكون التصريف في المسطح المائي مناسبًا فقط في حالة وجود مسافة آمنة بين نقطة إعادة الشحن وبين أقرب نقطة للاستخدام. وعلى نحو مماثل، يتناسب شحن المياه الجوفية أكثر مع المناطق المُعرضة لخطر تداخل المياه المالحة، أو مع الخزّانات الجوفية ذات مدة الاحتفاظ الطويلة. واعتمادًا على حجم وكمية المياه، ومكان تصريفها و/أو جودتها، قد يتطلب الأمر التصاريح اللازمة.

الجوانب الصحية / القبول بشكل عام، يتم احتجاز الكاتيونات Cations (الماغنسيوم Mg^{2+}، والبوتاسيوم K^{+}، والأمونيوم NH_4^{+}) والمواد العضوية في تكتلات صلبة، في حين ستبقى الملوثات الاخرى (مثل النترات) في المياه. وهناك العديد من النماذج لإمكانية مُعالجة الملوثات والكائنات الحية الدقيقة، ولكن نادرًا ما يكون مُجديًا فحص مجموعة كبيرة من عوامل نوعية المياه المُستخرجة. وبالتالي يجب تحديد مصادر المياه الصالحة وغير الصالحة للشرب بوضوح، وأن يتم نمذجة أهم العوامل، وعمل تقييم للمخاطر.

التشغيل والصيانة تُعتبر المتابعة وأخذ العينات بشكل منتظم من الأشياء المهمة لضمان الالتزام بالقوانين وضمان متطلبات الصحة العامة. وقد تكون هناك حاجة لبعض أعمال الصيانة الميكانيكية، وذلك اعتمادًا على طريقة إعادة الشحن.

الإيجابيات والسلبيات

+ من الممكن أن تقوم بتوفير إمدادات مائية (من المياه الجوفية) للوقاية من الجفاف.
+ من الممكن أن تساعد على زيادة إنتاجية الموارد المائية عن طريق الحفاظ على ثبات مستوياتها.
- قد يؤثر تصريف المُغذيات والملوثات المجهرية على مسطحات المياه الطبيعية و/أو مياه الشرب.
- قد يكون لتصريف الملوثات تأثيرات طويلة الأمد.
- من الممكن أن تؤثر سلبًا على خصائص كل من التربة والمياه الجوفية.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2013). *حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي*، سلطة عمان.

_ ستيفن فوستر وآخرون (2006). *حماية نوعية المياه الجوفية تعريف الاستراتيجية وتحديد الأولويات*، البرنامج المصاحب للشراكة العالمية للمياه (GWPAP).

_ ستيفن فوستر وآخرون (2006). *المياه العادمة المدنية كمصدر لتغذية المياه الجوفية وتقييم إدارة المخاطروالمنافع*، البرنامج المصاحب للشراكة العالمية للمياة (GWPAP).

مراجع إنجليزية:

_ WHO (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater*. Volume 3: Wastewater and Excreta Use in Aquaculture. World Health Organization, Geneva, CH.
Available at: www.who.int

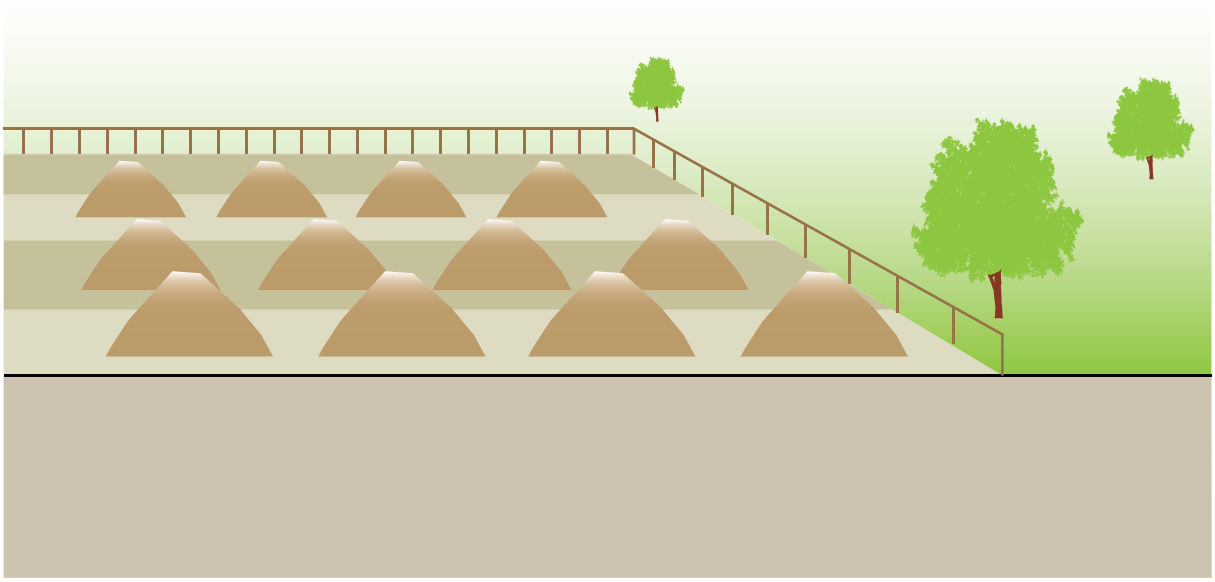
_ Seiler, K. P. and Gat, J. R. (2007). *Groundwater Recharge from Run-off, Infiltration and Percolation*. Springer, Dordrecht, NL.

_ ARGOSS (2001). *Guidelines for Assessing the Risk to Groundwater from on-Site Sanitation. British Geological Survey Commissioned Report*, CR/01/142, Keyworth, UK.
Available at: www.bgs.ac.uk

التَخلُّص السطحي والتخزين

قابل للتطبيق في:
الأنظمة 1-9

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	**المُدخلات:**
★ المنزل	★ منزلي	الحماة ذُبال الحُفرة
★ الحي السكني	★★ مشترك	السماد العضوي البُراز المُجفف
★★ المدينة	★★ عام	مواد التنظيف الجافة مخلفات المُعالجة الأولية



التخلص السطحي Surface Disposal يشير إلى تشوين (الجمع في أكوام) الحمأة، أو البُراز، أو المواد الأخرى التي لا يتم استخدامها في أي مكان آخر؛ وبمجرد نقل المواد إلى موقع التخلص السطحي، لا يتم استخدامها لاحقًا. التخزين Storage يُشير إلى عملية التشوين المؤقتة، والتي يمكن عملها عندما لا توجد حاجة لاستخدام المواد في الوقت الحالي ومن المتوقع استخدامها في المستقبل، أو عند الرغبة في الحد من مسببات الأمراض بشكلٍ أكبر، أو تجفيف المواد قبل استعمالها.

تُستخدم هذه التقنية في المقام الأول للتعامل مع الحمأة، على الرغم من أنه يمكن استخدامها مع أي نوع من المواد الجافة غير المستخدمة. أحد استخدامات التخلص السطحي هي التخلص من مواد التنظيف الجافة مثل المناديل (ورق التواليت)، أكواز الذرة، الحجارة، أوراق الجرائد، و/أو أوراق الأشجار؛ هذه المواد لا يتم -دائمًا- التخلص منها مع المُنتجات السائلة في بعض التقنيات، ويلزم فصلها؛ حيث ينبغي توفير سلة مهملات بجانب واجهة المستخدم لتجميع مواد التنظيف الجافة ومواد النظافة أثناء الطمث. يمكن حرق المواد الجافة (مثل: أكواز الذرة) أو التخلص منها مع المخلفات المنزلية. (للتوضيح، سيتم تخصيص بقية هذا الملف للحمأة، حيث إن ممارسات التعامل مع النفايات الصلبة خارج نطاق هذا الكتاب) عندما لا توجد حاجة أو قبول للاستخدامات المفيدة للحمأة، يمكن وضعها في مدافن النفايات الأحادية Monofills (مدافن للحمأة فقط) أو يمكن تكويمها في أكوام دائمة.

يساهم التخزين المؤقت في زيادة جفاف المُنتجات، والتخلص التام من مسببات الأمراض الموجودة بها قبل استخدامها.

اعتبارات التصميم لا يُنصح بدفن (طمر) الحمأة مع المخلفات المنزلية الصلبة، لأن ذلك يقلل من عُمر المَدفن Landfill الذي صُمم خصيصًا لتجميع المواد الأكثر ضررًا. خلافًا لمدافن المخلفات المنزلية الصلبة الأكثر مركزية، يمكن لمواقع التخلص السطحي أن تقع بالقرب من أماكن مُعالجة الحمأة، لتقلل بذلك الاحتياج للنقل لمسافات طويلة.

الفارق الرئيسي بين التخلص السطحي والتطبيق في الأرض (استخدام الحمأة) هو معدل وسرعة التخلص؛ فلا توجد حدود لكميات الحمأة التي يمكن التخلص منها سطحيًا، حيث إن أحمال المُغذيات أو معدلات الزراعة ليست خاضعة للاهتمام هنا. بالرغم من ذلك، يجب الانتباه لتلوث المياه الجوفية والارتشاح. قد تتضمن الأنظمة الأكثر تقدمًا للتخلص السطحي البطانة الجيدة ونظام لجمع السوائل المرتشحة، وذلك لمنع المُغذيات والملوثات من التسرب إلى المياه الجوفية.
يجب تغطية مواقع التخزين المؤقت للمُنتجات، وذلك لتفادي بللها بمياه الأمطار أو توليد السوائل المرتشحة.

المُلاءَمة بما أنه لا توجد فوائد مكتسبة من التخلص السطحي، فإنه لا ينبغي اعتباره كخيار أساسي. بينما في الأماكن التي يصعب فيها تقبّل استخدام الحمأة، فإن التشوين المتحكم فيه للمواد الصلبة أفضل بكثير من التخلص غير المتحكم فيه.

قـد يكون التخزيـن -في بعض الحـالات- خيارًا جيـدًا للمزيد من التجفيـف والتطهير للمواد، ولإنتاج مُنتـج آمن ومقبول. وقد يكون التخزين مطلوبًا لسـد الفجوة بيـن العرض والطلب.
يمكـن تطبيـق التخلص السـطحي والتخزيـن غالبًا فـي أي مناخ وأي ظـروف بيئيـة، علـى الرغـم من أنهمـا قد لا يكونـان ذوي جـدوى حيث توجد الفيضانات المتكررة، أو حيث يكون منسـوب المياه الجوفيـة مرتفعًا.

الجوانـب الصحيـة / القبـول إذا كان موقـع التخلـص السـطحي والتخزين محميًا (على سـبيل المثال، بواسـطة سـياج) ويقع على مسـافة بعيـدة مـن العامـة فينبغي ألا يكـون هنـاك أي خطر من التعـرض للمـواد أو الإزعـاج. ينبغـي منـع تلوث مـوارد المياه الجوفية بالسـوائل المرتشـحة عن طريق تحديد الموقع والتصميم الملائميـن. ويجـب توخـي الحـذر لحمايـة موقـع التخلـص أو التخزيـن من الحشـرات، وتجميع الميـاه، فكلاهما قـد يؤدي إلى تفاقـم مشـاكل الروائح وناقـلات الأمراض.

التشـغيل والصيانة يجـب أن يتأكد العاملون أنـه يتم التخلص من المـواد المناسـبة فقط في الموقـع، ويجب المحافظـة على التحكم فـي كثافـة الحركة في الموقع وعدد سـاعات التشـغيل. كما يجب علـى العاملين ارتداء الملابس الواقية المناسـبة.

الإيجابيات والسلبيات

+ قد يمنع عمليات التخلص غير التامة/الكاملة.
+ يجعل التخزين المُنتَج صحيًا بشكل أكبر.
+ إمكانية الاستفادة من الأراضي الشاغرة أو المهجورة.
+ يحتاج إلى مهارات قليلة في التشغيل والصيانة.
+ تكاليف رأس المال والتشغيل منخفضة.
- يتطلب مساحة أرض كبيرة.
- من المحتمل تسرب المُغذيات والملوثات إلى المياه الجوفية.
- التخلص السطحي يحول دون الاستخدام المفيد للمورد.
- الروائـح قـد تكـون ملحوظـة، وذلـك يعتمـد علـى المُعالجـة االسـابقة.
- قد يتطلب معدات توزيع/نشر خاصة.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ ضياء الدين سالم وآخرون. (2008) *تقييم كفاءة محطة معالجة مياه الصرف الصحي في النجف الأشرف*، مجلة الكوفة لعلوم الكيمياء، العراق.

_ عصام محمد عبد الماجد أحمد (2002). *التلوث المخاطر والحلول*، تونس.

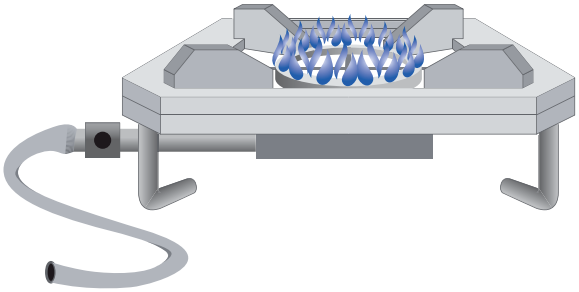
مراجع إنجليزية:

_ Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management. Systems Approach for Implementation and Operation.* IWA Publishing, London, UK.
Available at: www.sandec.ch

_ U.S. EPA (1999). *Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States.* EPA-530/R-99-009. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US.
Available at: www.epa.gov

_ U.S. EPA (1994). *A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule.* EPA832-R-93-003. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., US.
Available at: www.epa.gov

مستوى التطبيق:	مستوى الإدارة:	المُدخلات: الغاز الحيوي
★★ المنزل	★★ منزلي	
★ الحي السكني	★★ مشترك	
المدينة	★★ عام	



يُستخدم الغاز الحيوي بنفس مبدأ أي وقود غازي آخر، وعندما يتم إنتاجه في مفاعلات الغاز الحيوي المنزلية، فإنه يكون مناسبًا جدًا للطهي. بالإضافة إلى ذلك، يُعتبر توليد الكهرباء خيارًا ذا قيمة عندما يتم إنتاج الغاز الحيوي في هواضم لاهوائية كبيرة.

تتغير متطلبات المنازل من الطاقة بشكلٍ كبير، وتتأثر بعادات الطهي والأكل (بمعنى، قد تتطلب حبيبات القمح الصلدة والذرة وقتًا أطول لطهيها، لذلك فإنها تحتاج إلى طاقة كبيرة، وذلك مقارنةً بطهي الخضروات الطازجة واللحوم). يحتوي الغاز الحيوي على نسبة من الميثان تبلغ 55 - 75% في المتوسط، والذي يضمن محتوى من الطاقة بمقدار 6-6.5 كيلو واط ساعة/م^3.

اعتبارات التصميم يُمكن تحديد كمية الغاز المطلوبة بناءً على نوعية الطاقة المستهلكة سابقًا، على سبيل المثال: كيلوجرام واحد من الحطب يعادل تقريبًا 200 لتر من الغاز الحيوي، وكيلوجرام واحد من روث البقر المُجَفَّف يعادل 100 لتر من الغاز الحيوي، وكيلوجرام واحد من الفحم النباتي يعادل 500 لتر من الغاز الحيوي.
يتراوح استهلاك الفرد من الغاز الحيوي لطهي وجبة واحدة ما بين 150-300 لتر، ويتطلب غلي لتر واحد من الماء إلى حوالي 30 - 40 لترًا من الغاز الحيوي، ويتطلب طهي نصف كيلوجرام من الأرز إلى 120 - 140 لترًا، و 160 - 190لترًا لطهي نصف كيلوجرام من الخضراوات.

ولقد أوضحت الاختبارات في نيبال وتنزانيا أن معدلات استهلاك الغاز الحيوي في الأفران المنزلية بحوالي 300 -400 لتر/ساعة. وهذا يعتمد على تصميم الفرن وعلى محتوى الميثان الموجود في الغاز الحيوي.
يمكن افتراض معدلات الاستهلاك الآتية (لتر/ساعة) لاستخدام الغاز الحيوي:

- المواقد المنزلية: 200 - 450 لترًا/ساعة
- مواقد التصنيع: 1000 - 3000 لتر/ساعة

الثلاجة (حجم 100 لتر) اعتماداً على درجة الحرارة الخارجية: 30 - 75 لترًا/ساعة

- مصباح الغاز، المكافيء لمصباح كهربائي 60 واط: 120 - 150 لترًا/ساعة
- محرك يعمل بالغاز الحيوي/الديزل: 420 لترًا/ساعة (لكل حصان)
- توليد كيلو واط من الكهرباء بمخلوط الغاز الحيوي/ الديزل: 700 لتر/ساعة

ماكينة حقن البلاستيك (15جم، 100 وحدة) بمخلوط الغاز الحيوي/الديزل: 140 لترًا/ساعة
بالمقارنة مع الغازات الأخرى، فإن الغاز الحيوي يحتاج إلى هواء أقل للاحتراق. ومن ثم، فإن الأجهزة التقليدية التي تعمل بالغاز العادي يجب تعديلها عند استخدامها في عملية إحراق الغاز الحيوي (مثل: زيادة حجم منافث الغاز وثقوب الموقد). ويجب تقليل المسافة التي يقطعها الغاز لتجنب التسريب وفقدان الغاز القابلَين للحدوث. كما يجب تركيب صمامات التنقيط

لتصريف الماء المتكثف والذي يتجمع عند النقاط الأكثر انخفاضًا بأنبوب الغاز.

المُلاءَمَة تصل نسبة الكفاءة الحرارية عند استخدام الغاز الحيوي في المواقد إلى 55%، بينما تصل إلى 24% عند استخدامه في المحركات و3% فقط عند استخدامه في المصابيح. وكفاءة مصباح الغاز الحيوي هي فقط نصف كفاءة مصباح الكيروسين. وتعد أفضل الطرق فاعليةً في استخدام الغاز الحيوي هي استخدامه في توليد الطاقتين الكهربائية والحرارية معًا، حيث تصل نسبة الكفاءة حينها إلى 88%، ولكن هذا يُتاح فقط في حالة التجهيزات الكبيرة وبشرط أن يتم استخدام الحرارة الناتجة والاستفادة منها. أما فيما يخص الاستخدام المنزلي، فإن أفضل طريقة لاستخدام الغاز الحيوي هي الطهي.

الجوانب الصحية / القبول بشكلٍ عام، يفضّل الناس استخدام الغاز الحيوي في الطهي، وذلك لإمكانية تشغيله وإطفائه بشكلٍ فوري (بالمقارنة مع استخدام الخشب والفحم)، كما أن الغاز الحيوي يحترق بدون دخان، وبذلك فهو لا يسبّب تلوث الهواء في الأماكن المغلقة. وقد لا يتلاءم الغاز الحيوي المتولد من البُراز مع بعض الثقافات. بفرض أنه تم بناء محطة الغاز الحيوي وتم تشغيلها وصيانتها (مثل تصريف المياه المُتكاثفة) بشكلٍ جيد، فسوف تتضاءل حينها أخطار التسرب، والانفجارات، وغيرها من التهديدات الخطرة على صحة الإنسان.

التشغيل والصيانة عادة ما يكون الغاز الحيوي مشبعًا ببخار الماء، الأمر الذي يؤدي إلى تكثيفه. لمنع الانسدادات والتآكل يجب تفريغ المياه المتجمعة بشكلٍ دوري عن طريق مصائد المياه المُرَكَّبة لهذا الغرض. ويجب أن يتم متابعة أنابيب الغاز، والوصلات، والأجهزة بشكلٍ منتظم من قِبَل الأشخاص المدرّبين. عند استخدام الغاز الحيوي في المُحركات، فمن الضروري أولًا تقليل كبريتيد الهيدروجين، لأنه يشكّل أحماضًا تآكلية (مسببة للتآكل) عند خلطه بالمياه المتكثّفة. أما تقليل نسبة ثاني أكسيد الكربون المتواجدة بالغاز فتتطلب مجهودات تشغيلية إضافية وموارد مالية. وبما أن عملية إزالة ثاني أكسيد الكربون CO_2 Scrubbing لا تُعد ضرورية عند استخدام الغاز الحيوي في الطهي، فإنه نادرًا ما يُنصح بذلك في البلدان النامية.

الإيجابيات والسلبيات

+ مصدر طاقة مجاني.
+ يحد من تلوث الهواء في الأماكن المغلقة، وكذلك يُقلّل من إزالة الغابات Deforestation (إذا كان الحطب والفحم يستخدمان سابقًا)
+ يتطلب مهارات منخفضة في التشغيل والصيانة.
- قد لا يفي بجميع متطلبات الطاقة.
- لا يمكنه أن يحل محل جميع أنواع الطاقة الأخرى.
- لا يمكن تخزينه بسهولة (كثافة الطاقة المُنتَجَة ضئيلة بالنسبة للحجم)، لذلك يجب استخدامه بشكلٍ مستمر ومتتابع.

المراجع والقراءات الإضافية

مراجع عربية:

_ أحمد جاد الله المقداد (2015). *الغاز الحيوي طاقة صديقة وأمل المستقبل*، دمشق، سوريا

_ عماد سعد سعيد بلال (2004). *الاستخدام الأمثل لمياه الصرف الصحي فى المجمعات السكنية إنتاج البيوغاز وإعادة استخدام المياه المعالجة بحي الأندلس للإسكان الشعبي*. جامعة الخرطوم، السودان.

مراجع إنجليزية:

_ Vögeli, Y., Lohri, C. R., Gallardo, A., Diener, S. and Zurbrügg, C. (2014). *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries*. Practical Information and Case Studies. Eawag (Department Sandec), Dübendorf, CH.
Available at: www.sandec.ch

_ Mang, H.-P. and Li, Z. (2010). *Technology Review of Biogas Sanitation. Draft – Biogas Sanitation for Blackwater*, Brown Water, or for Excreta Treatment and Reuse in Developing Countries. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, DE.
Available at: www.susana.org/library

_ Lohri, C. (2009a). *Research on Anaerobic Digestion of Organic Solid Waste at Household Level in Dar es Salaam*, Tanzania. Eawag (Department Sandec). Dübendorf, CH.
Available at: www.sandec.ch

بالإضافة إلى التقنيات القائمة والتي أثبتت كفائتها - المقدمة في الجزء الثانى من الكتاب – فإنه لا تزال العديد من تقنيات الصرف الصحي المبتكرة قيد البحث والتطوير والاختبار في هذا المجال. والتقنيات الناشئة هي تلك التي تخطت مرحلة المختبر والتجربة على نطاق صغير، و يُجرى حاليًا - اعتبارًا من يونيو 2014 - تنفيذها في السياقات ذات الصلة (أي في البلدان النامية)، وعلى نطاق يُشير إلى إمكانية التوسع فيها (أي ليست وحدة واحدة).

حَفَّزت السنة الدولية للصرف الصحي International Year of Sanitation (IYS) 2008 زيادة وضوح قطاع الصرف الصحي، وإشراك فاعلين جُدد به، وفتح قنوات تمويل جديدة له، مثل: مؤسسة بيل وميليندا غيتس (www.gatesfoundation.org)، ومؤسسة التمويل الدولية/برنامج المياه والصرف الصحي (www.ifc.org/sellingsanitation). وقد مكنت زيادة الوضوح والإرادة السياسية تمويلًا جوهريًّا للقطاع والابتكار في السنوات القليلة الماضية.

هناك العديد من التقنيات المُبتكرة والمُثيرة قيد البحث والتطوير؛ فهي أكثر من أن تُدرج في هذا القسم، ومع ذلك، فإنَّ مُعظم هذه الابتكارات في الوقت الراهن لا تزال مُكلفة جدًّا ومُعقدة فنيًّا جدًّا، و/أو تتطلب موارد مُكثفة للتطبيق على نطاق واسع، أو لم يتم حتى الآن إثباتها على نطاق واسع في البلدان النامية. ومع ذلك، فقد انتقلت العديد من التقنيات التي تم تطويرها مُؤخرًا إلى مرحلة ما بعد المُختبر، ويمكن تطبيقها في سياق البلدان النامية، وعلى نطاق يدل على إمكانية انتشارها بشكل مُستدام. وتم إدراج بعض أهم التقنيات الناشئة الواعدة أدناه، والتي سبق إثبات كفائتها في المجال تحت ظروف تشغيلية وأنواع نفايات (مُدخلات) مُتغيرة.

ترتبط العديد من الابتكارات في مجال الصرف الصحي بنماذج استثمارية وخدمات لوجستية، وتسعى مجموعة متنوعة من الشركات ذات المسؤولية المجتمعية إلى تطوير نماذج استثمارية مُستدامة من شأنها توفير التقنية و/أو الجمع والتخزين و/أو خدمات المُعالجة بتكلفة مُنخفضة للمجتمعات الغير مُزودة بخدمات الصرف الصحي، والتي كانت تُعتبر سابقًا فقيرة جدًا لدفع ثمن خدمات الصرف الصحي. ويكتسب زبائن "قاعدة الهرم" انتباهًا مُتزايدًا؛ بسبب مطالبهم الجماعية وقدرتهم الشرائية.

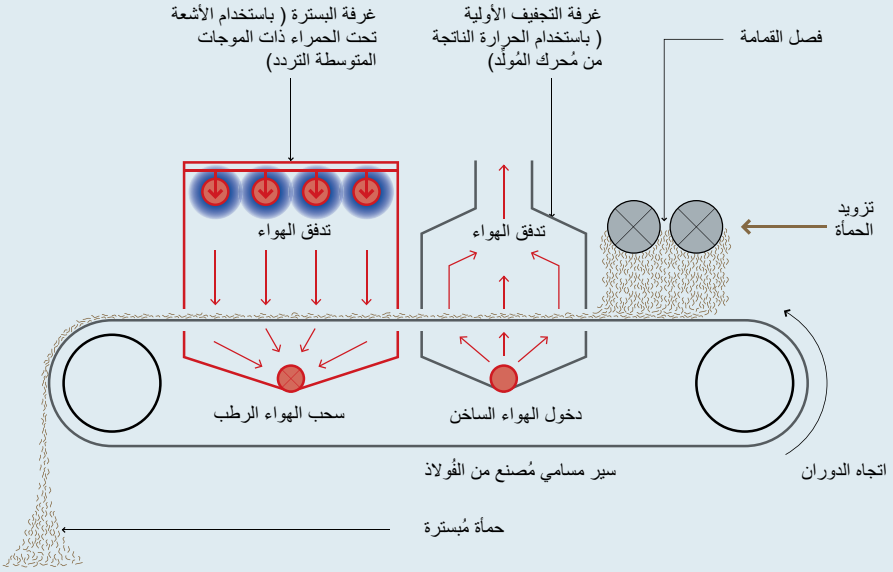
ونحن نتطلع إلى تحديث الكتاب بتقنيات إضافية ونماذج استثمارية في المستقبل عندما تُثبِت كفائتها واستدامتها من الناحية الفنية والمالية. ونُقدِّم هنا مُلخصًا عن بعض الابتكارات الواعدة المُنتشرة على نطاق واسع، والتي نتوقع أن تصبح مألوفة في السنوات المقبلة.

كيس بيبو (Peepoo) هو عبارة عن كيس قابل للتحلل البيولوجي، مُصمم لجمع فضلات الجسم عند عدم توفر أحد تقنيات واجهة المُستخدم بصفة دائمة، ويُستعمل هذا الكيس مرة واحدة، ومن المُفترض أن يُقبض بيد واحدة، أو أن يُوضع على حامل صغير - على سبيل المثال دلو صغير أو زجاجة مقطوعة من البلاستيك - ولكيس بيبو طبقتان: الطبقة الداخلية تكون مطوية على اليد لحمايتها أو على وعاء صغير، وبعد التبرز أو التبول في الطبقة الداخلية يتم إغلاق الطبقة الخارجية بإحكام. والفرق بين كيس بيبو وأى كيس آخر بلاستيك هو أن: (أ) الطبقة الداخلية مغلفة باليوريا لتطهير البراز. (ب) الكيس قابل للتحلل البيولوجي. ينبغى نقل الأكياس المُمتلئة لمُنشأة تسميد قبل أن تتحلل - حوالي 4 أسابيع - وهذه الأكياس مصنوعة من البلاستيك الحيوي الذي يتحلل إلى ماء وثاني أكسيد الكربون وكتلة حيوية. ولذلك، فإنه لا يحتاج إلى إزالته من أجل عملية التسميد، بل هو يساعد فيها. ويكون التعامل مع الأكياس آمنًا، كما أنها تبقى بدون رائحة لمدة 24 ساعة على الأقل؛ لتُعطي بذلك للمستخدم الوقت الكافي للنقل الآمن إلى نقطة تجميع مناسبة، وهذه الأكياس خفيفة - حوالي 12 غرامًا - ويمكنها استيعاب كمية قد تصل إلى 800 مل من فضلات الجسم. وليس الهدف من هذه التقنية أن تحل محل التقنيات الدائمة - على سبيل المثال: الحُفرة الواحدة المُطورة المُهواة (ج.3) - ولكن يُنصح باستخدامها كحلٍّ للصرف الصحي بالنسبة للأشخاص الذين لا يستطيعون الوصول إلى أيٍّ من هذه التقنيات، مثل الأشخاص النازحين داخليًا، وفي حالات الطوارئ، وما إلى ذلك، كما يمكن أن تُستخدم أيضًا من قِبَل الناس الذين لا يتمكنون من الوصول إلى أقرب مِرفق صرف صحي خاص بهم؛ لأسباب تتعلق بالسلامة - على سبيل المثال: إذا كانت المراحيض المشتركة بعيدة جدًّا أو مغلقة بالليل -. وتُعتبر الإدارة الفعالة لجمع الأكياس وتحويلها الى أسمدة هي التحدي، كما هو الحال مع غيرها من التقنيات القائمة على الصرف الصحي المُتنقل، والتي تعتمد على استخدام الحاويات. وقد تم استخدام أكياس بيبو على نطاق واسع في كينيا، والفلبين، وجنوب إفريقيا، وبنجلاديش، والعديد من الأماكن الأخرى.

مُرشح السماد Compost Filter توجد أشكال مختلفة من مُرشح السماد الذي يعتمد مفهومه على الجمع بين الترشيح والهضم الهوائي للمواد الصلبة، على عكس خزَّان التحليل (التخمير) لمياه الصرف الصحي Septic Tank (ج.9)، حيث تترسب المواد الصلبة إلى قاع الخزان وتتحلل تحت الظروف اللاهوائية. ويُفصل مُرشح السماد المواد الصلبة عن السوائل بواسطة وسط مسامي - قاعدة للترشيح أو كيس ترشيح - حيث تبقى المواد الصلبة فوق المُرشح أو بداخله، ومن ثم يتم هضمها بواسطة الكائنات الحية الهوائية التي تعيش في المادة العضوية. ويُعد تخفيض حجم المياه في المواد الصلبة التي يتم جمعها أمرًا ضروريًّا لإنجاح مرشح السماد، وبذلك يكون المرشح قادرًا على الحفاظ على الظروف الهوائية دون

أن يصبح مُشَبَّعًا بالمياه. ويمكن تأمين ذلك بإضافة طبقات من القش أو رقائق الخشب إلى المرشح بانتظام. وتوجد منه تصاميم مختلفة؛ فهناك مرشحات دائمة مثل: الخرسانة، أو مرشحات يتم إزالتها كأكياس الترشيح Filter bags والتي يمكن استخدامها لدعم مواد الترشيح العضوية. بالإضافة إلى ذلك، فإن إعتبارات التصميم هي التي تُحدد عدد المرات التي تجب فيها إزالة المواد الصلبة المتراكمة فوق المُرشح، ومن ثم معالجتها بعد ذلك، وكذلك كم من الوقت يمكن للعملية أن تستمر دون استبدال المرشح. وتصميم المرشح ذو الغرفة المزدوجة يعمل على مبدأ التناوب - كما هو الحال مع حُجرات التجفيف (ج.7)، أو حُفر التصريف المزدوجة (ج.6) - ويُمكن أن تُستخدَم كل غُرفة لمدة عام، ثم يُسمح لمحتواها بالسكون والتحلل، في حين يتم استخدام الغرفة الأخرى. هناك أيضًا تصاميم تعمل بشكل مستمر مع غرفة واحدة مثل هاضم البيوفيل Biofil (انظر المراجع). وتُعتبر المعالجة الثانوية التدفقات السائلة الخارجة ضرورية لتصميم مُرشح السماد، على سبيل المثال: في معالجة الأرض الرطبة المُنشأة (م.7 - م.9) و/أو بِرَك تثبيت المخلفات السائلة (الأكسدة) (م.5) اعتمادًا على الاستخدام النهائي المقصود، وقد تتطلب أيضًا المواد الصلبة التي تم تحويلها إلى سماد مزيدًا من المعالجة.

تقنية تجفيف وبسترة الحمأة: (LaDePa Sludge Pelletizer) هي تقنية قادرة على إنتاج حبيبات جافة مُخصَّبة للتربة من حمأة حُفرة المرحاض. ويمكن أن يتم تزويدها بحوالي 1000 كجم/ساعة من الحمأة بنسبة تتراوح بين 30% الى 35% من المواد الصلبة، ومعدل إنتاجها حوالي 300 كجم/ساعة من الحبيبات المُجففة بنسبة تتراوح بين 60% إلى 65% من المواد الصلبة. ويتم فصل القمامة التي ينتهي بها المطاف في الحُفر - الأكياس البلاستيك، والأحذية، وما إلى ذلك - عن الحمأة بواسطة أُسْطُوانَة حلزونية تُشبه المسمار الحلزوني، وتقوم الأُسْطُوانَة بدفع الحمأة من خلال فتحات قطرها 6 ملم فوق سير مسامي مُصنع من الفُولاذ، في حين يتم إخراج القمامة من خلال مخرج منفصل بحيث يمكن جمعها والتخلص منها.



الشكل 6: رسم تخطيطي لتقنية تجفيف وبسترة الحمأة LaDePa

وتخرج الحمأة الناتجة على شكل صفوف، مثل خيوط المكرونة الاسباجيتي العريضة، ذات طبقة متفاوتة في السمك تتراوح ما بين 25 الى 40 ملم على السير المسامي، وتمر أولًا على التجفيف المبدئي الذي يَستخدم الحرارة الناتجة عن حرق القمامة في محرك الاحتراق الداخلي التابع لمحطة توليد الكهرباء، ثم تنقل حبيبات الحمأة المجففة جزئيًّا إلى المجفف المُبتكر "بارسيبس Parseps Dryer" الذي يستخدم الموجات المتوسطة للأشعة تحت الحمراء، ومروحة لشفط الهواء الساخن ليمر عبر السير المسامي ويتخلل مصفوفة الحمأة، وهذا يزيد من قدرة التجفيف دون زيادة إنتاج الطاقة. وبذلك تكون الحبيبات مُبسترة ومجففة. والحبيبات التي تُنتج تكون خالية من مسببات الأمراض، ومناسبة لجميع المحاصيل الصالحة للأكل، في حين تستغرق العملية كلها حوالي 16 دقيقة. ولكن هناك نقطة سلبية مهمة لتقنية تجفيف وبسترة الحمأة، ألا وهي استهلاكها الكبير للطاقة نسبيًّا، ويعتمد على وجود مصدرًا دائمًا لها (الكهرباء/الديزل).

قامت بلدية إثيكويني في ديربان - جنوب أفريقيا - بتجارب لتقنية تجفيف وبسترة الحمأة لمدة سنتين، وتشير الأدلة المُستقاة من هذه التجارب - بعد دمجها مع برنامجهم لإفراغ الحُفر المطورة المُهواة VIP- إلى أن المحطة الواحدة تستطيع معالجة ما يقارب 2000 طن/ سنويًّا من الحمأة المستخرجة من الحفرة المطورة المُهواة. ولهذا المُنتج علامة تجارية مسجلة (GrowEthek)، وبمجرد أن تم الترخيص لهذا المُنتج كسماد منخفض المغذيات تمت تعبأته وبيعه. واعتمادًا على سعر بيع GrowEthek، فإن وحدة التجفيف والبسترة للحمأة تحقق دخلاً يقدر بحوالي 27 دولار/ساعة، والذي يمكن أن يعوض تكاليف التشغيل. وقد تم تصميم تقنية التجفيف والبسترة للحمأة من قِبل شركة Particle Separation Systems (PSS)، التي توفر هذه المعدات للإيجار أو البيع، وفي حالة الإيجار، فهناك رسوم تركيب وتعاقد للصيانة، أما إذا تم شراء المعدات، فيكون هناك تعاقد للصيانة فقط بدون رسوم تركيب.

إنتاج الستروفايت Struvite من البول يحتوي البول على معظم المغذائيات الزائدة التي تخرج من الجسم، حيث يحتوي على كميات كبيرة من النيتروجين والفوسفور (تختلف التركيزات بشكل كبير، ولكن القيم حوالي 250 ملليجرام/لتر من الفوسفات كمصدر للفسفور و 2500 ملليجرام/لتر من الأمونيوم كمصدر للنيروجين كقيم متوسطة) وهما نوعان من العناصر الأساسية لنمو النبات. ومن أجل الاستفادة من العناصر الغذائية - بما في ذلك البوتاسيوم والكبريت وغيرها - يمكن استخدام البول المخزن مباشرة في الحقول الزارعية (انظر س.2)، أو تحويلها إلى أسمدة صلبة تسمى ستروفايت (NH_4MgPO_4-$6H_2O$) Struvite. ويتم إنتاج الستروفايت عن طريق إضافة بعض الأنواع من املاح الماغنسيوم القابلة للذوبان - ككلوريد المغنيسيوم، وزيت الملح Bittern أو رماد الخشب - إلى البول، ويرتبط المغنيسيوم بالفوسفات والأمونيوم، ويترسب على شكل بلورات بيضاء. ويجب أن يتم ترشيح بلورات الستروفايت من المحلول ثم تجفيفها، ومن ثَم تحويلها إلى منتج قابل للاستخدام. يتم إنتاج الستروفايت حاليًا في ديربان - جنوب أفريقيا - من 1000 لتر من البول يوميًّا، حيث تم تجميعها من المراحيض الجافة الفاصلة للبول المنزلية. وعندما لا يكون هناك استخدام مباشر للمغذيات المشتقة من البول أو أي رغبة فيها - كما في المناطق الحضرية الكثيفة - يكون الستروفايت وسيلة مناسبة لإنتاج مغذيات مكثفة وصغيرة الحجم مستخرجة من البول، والتي يمكن تخزينها بسهولة ونقلها ثم استخدامها متى وأين يتم احتياجها. ومع ذلك، فإن الأمر السلبي هو أن إنتاج الستروفيات يُنتج ما يعادل حجمه من النفايات السائلة مع ارتفاع قيمة الاس الهيدروجيني pH وتركيز الأمونيوم، مما يتطلب مزيدًا من المعالجة. وهناك عناصر أخرى مهمة - مثل البوتاسيوم - تبقى أيضًا في المحلول. ومع ذلك، فإن إنتاج الستروفايت بسيط ولا يتطلب أكثر من مجرد غرفة الخلط ومرشح، وقد تم التحقيق من عمله في العديد من البلدان والسياقات، وكخطوة أولى في استراتيجية استرجاع المُغذيات Resource recovery بحيث تكون فعالة، لكن لا ينبغي أن تُنفذ دون استراتيجية لاحقة لمعالجة النفايات السائلة. وهناك أمثلة على الإدارة الفعالة للنفايات السائلة، كأنظمة الري بالتنقيط التي توزع السائل مباشرة على جذور المحاصيل، وذلك على الرغم من أن التوزيع يقتصر على ضغط الشبكة، والمساحة المتاحة، أو نترجة البول الذي لا يزال في مرحلة التطوير.

ويمكن أيضًا استخراج الستروفايت من مياه الصرف الصحي، وخصوصًا من الطبقة العليا المصفاه في المفاعلات الهاضمة Digester Supernatant، والتي لديها تركيزات من الفوسفور أعلى من المياه السوداء، ولكن تقنية الخلط وإضافة الجرعات تكون أكثر تعقيدًا في هذه الحالة. تُعتبر Ostara (انظر المراجع) هي واحدة من العديد من الشركات التي قامت بتركيب تقنياتها الخاصة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي الكبيرة.

Compost Filter:

_ Biofil (n.d.). *The Biofil Toilet System. The Toilet Facility that Makes Good Sanitation Sense.*

_ Biofilcom. www.biofilcom.org (last accessed April 2014)

_ Gajurel, D. R., Li, Z. and Otterpohl, R. (2003). *Investigation of the Effectiveness of Source Control Sanitation Concepts Including Pre-Treatment with Rottebehaelter.* Water Science & Technology 48 (1): 111-118.

_ Hoffmann, H., Rüd, S. and Schöpe, A. (2009). *Blackwater and Greywater Reuse System Chorrillos, Lima, Peru – Case Study of Sustainable Sanitation Projects.* Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA), Eschborn, DE.
Available at: www.susana.org/library

LaDePa Sludge Pelletizer:

_ Harrison, J. and Wilson, D. (2012). *Towards Sustainable Pit Latrine Management through LaDePa.* Sustainable Sanitation Practice 13: 25-32.
Available at: www.ecosan.at/ssp

_ Particle Separation Systems. www.parsep.co.za (last accessed April 2014)

_ Wilson, D. and Harrison, J. Personal communication (February 2014)

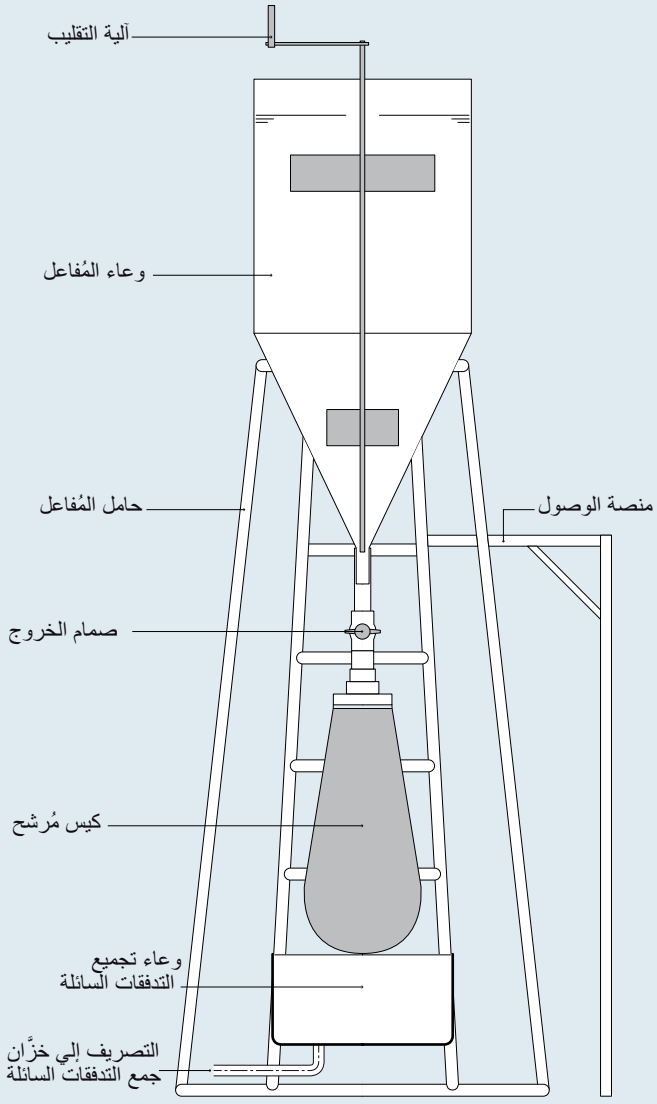
Struvite Production from Urine:

_ Etter, B., Tilley, E., Khadka, R. and Udert, K. M. (2011). *Low-Cost Struvite Production Using Source-Separated Urine in Nepal.* Water Research 45 (2): 852-862.

_ Grau, M. G. P., Rhoton, S. L., Brouckaert, C. J. and Buckley, C. A. (2013). *Development of a Fully Automated Struvite Reactor to Recover Phosphorus from Source Separated Urine Collected at Urine Diversion Toilets in eThekwini.* WEF/IWA International Conference on Nutrient Removal and Recovery 2013, 28-31 July, Vancouver, CA. Available at: www.eawag.ch/vuna

_ Nutrient Valorization from Urine in Nepal (STUN). www.eawag.ch/stun (last accessed April 2014)

_ Ostara Nutrient Recovery Technologies Inc. www.ostara.com (last accessed April 2014)



الشكل7: رسم تخطيطي لمفاعل الستروفايت مع آلية التحريك وكيس المُرشح

للمراجع و المزيد من الإطلاع

Peepoo:

_ Peepoople. www.peepoople.com (last accessed April 2014)

_ Vinnerås, B., Hedenkvist, M., Nordin, A. and Wilhelmson, A. (2009). *Peepoo Bag: Self-Sanitising Single Use Biodegradable Toilet.* Water Science & Technology 59 (9): 1743-1749.

الحمأة المُنشطة Activated Sludge: انظر م.12

البِركة المُهوّاة Aerated Pond: انظر م.6

هَوائي Aerobic: يصف التفاعلات الحيوية التي تحدث بوجود الأكسجين.

بِركة هوائية Aerobic Pond: عبارة عن بُحيرة ضحلة تُشكِّل المرحلة الثالثة للمُعالجة في برك تثبيت المُخلفات (الأكسدة). انظر م.5 (مرادفات: بِركة الإنضاج، بِركة الترسيب النهائية)

لاهوائي Anaerobic: يصف التفاعلات الحيوية التي تحدث في غياب الأكسجين.

المُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز Anaerobic Baffled (ABR) Reactor: انظر ج.10 و م.3

هاضم لاهوائي Anaerobic Digester: انظر ج.12 و م.17 (مرادف: مُفاعل الغاز الحيوي)

الهضم اللاهوائي Anaerobic Digestion: هو تحلُّل وتثبيت المُرَكَّبات العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة في غياب الأكسجين، مما يؤدي إلى إنتاج الغاز الحيوي.

المُرشح اللاهوائي Anaerobic Filter: انظر ج.11 و م.4

بِركة الأكسدة اللاهوائية Anaerobic Pond: عبارة عن بُحيرة ضحلة تُشكل مرحلة المُعالجة الأولى في بِرَك تثبيت المخلفات السائلة (الأكسدة). انظر م.5

مياه تنظيف الشرج Anal Cleansing Water: انظر المُنتجات، صفحة 10

لاأكسجيني Anoxic: يصف العملية التي يتم بها تحويل النترات بيولوجيًا لغاز النتروجين في غياب الأكسجين. تُعرف هذه العملية أيضاً بالإختزال النيتروجينيّ أو إزالة (عكس) النترجة.

استخدام البُراز المُجفف Application of Dehydrated Faeces: انظر س.3

استخدام دُبال الحُفرة والسماد العضوي Application of Pit Humus and Compost: انظر س.4

استخدام الحمأة Application of Sludge: انظر س.5

استخدام البول المُخزَّن Application of Stored Urine: انظر س.2

تربية الأحياء المائية (الزراعة الأحيومائية) Aquaculture: هي عملية استزراع نباتات وإنماء أحياء مائية في ظروف مُتحكم بها. انظر: البُحيرة السمكية (س.9) وبِركة النباتات العائمة (الطّافية) (س.10)

خزَّان المياه الجوفية Aquifer: طبقة تحت الأرض من الصخور أو الرسوبيات المُنْفِذة (مُكوّنة عادةً من الحصى أو الرمال) التي تُخزِّن أو تنقل المياه الجوفية.

أربورلو Arborloo: انظر س.1

البكتيريا Bacteria: كائنات بسيطة، وحيدة الخلية تُوجد في كل مكان على وجه الأرض. وهي ضرورية للحفاظ على الحياة وأداء "خدمات" أساسية، مثل إعداد السماد، التحلُّل الهوائي للنفايات، وهضم الطعام في أمعائنا. ومع ذلك، فإن بعض الأنواع تكون مُسببة للأمراض، حيث تختلف درجاتها من أمراض بسيطة إلى أمراض غاية في الخطورة. وتحصل البكتيريا على المُغذيات من البيئة المحيطة، عن طريق إخراج إنزيمات تقوم بتفكيك الجزيئات المُعقّدة إلى جزيئات أبسط يُمكنها المرور عبر غشاء الخلية.

حاجز القضبان المتوازية Bar Rack: انظر تقنيات المُعالجة الأولية، صفحة 100 (مرادف: المصفاة، حاجز القمامة)

الاحتياج الحيوي للأكسجين Biochemical Oxygen Demand (BOD): هو مقياس لكمية الأكسجين التي تستهلكها الكائنات الدقيقة، لتحليل المواد العضوية في الماء مع مرور الوقت (تقاس بالملليجرام/لتر، وتقاس عادةً خلال خمسة أيام BOD_5). وهي طريقة غير مباشرة لحساب كمية المواد العضوية القابلة للتحلُّل الموجودة في الماء، أو مياه الصرف؛ فكلما زاد المحتوى العضوي، زاد الاحتياج من الأكسجين لتحليله.

الاحتياج الكيميائي للأكسجين Chemical Oxygen Demand (COD): هو مقياس لكمية الأكسجين اللازمة للأكسدة الكيميائية للمواد العضوية في المياه، باستخدام مؤكسد كيميائي قوي (يقاس بالملليجرام/لتر). الاحتياج الكيميائي للأكسجين دائمًا ما يكون مساوٍ أو أعلى من الاحتياج الحيوي للأكسجين، لأنه مقياس للأكسجين الكلي اللازم للأكسدة. كما يُعتبر مقياس غير مباشر لكمية المواد العضوية الموجودة في المياه أو مياه الصرف؛ فكلما زاد المحتوى العضوي، زاد الأكسجين المطلوب لأكسدته كيميائيًا.

التحلُّل الحيوي Biodegradation: هو تحوّل حيوي للمواد العضوية إلى مُركَّبات وعناصر أساسية (مثل: ثاني أكسيد الكربون، والماء) عن طريق البكتيريا، الفطريات، والكائنات الدقيقة الأخرى.

الغاز الحيوي Biogas: انظر المُنتجات، صفحة 10

إحراق الغاز الحيوي Biogas Combustion: انظر س.13

مُفاعل الغاز الحيوي Biogas Reactor: انظر ج.12 و م.17 (مرادف: هاضم لاهوائي)

الكتلة الحيوية Biomass: انظر المُنتجات، صفحة 10

المياه السوداء Black water: انظر المُنتجات، صفحة 10

المياه البُنِّية Brown water: انظر المُنتجات، صفحة 10

رأس المال Capital Cost: الأموال التي تُنفق على شراء الأصول الثابتة، مثل البِنية التحتية للصرف الصحي.

المُعالجة المركزية Centralized Treatment: انظر المجموعة الوظيفية "م"، صفحة 98

مِرحاض الدفْق بالسيفون Cistern Flush Toilet: انظر و.5

مُرَوِّق Clarifier: انظر م.1 (مرادف: حَوض الترسيب، خزَّان الترسيب)

نسبة الكربون إلى النيتروجين C:N Ratio : نسبة كتلة الكربون إلى كتلة النيتروجين في مادة ما.

التخثير (الترويب) Coagulation: هو اضطراب الجزيئات في الماء عن طريق إضافة مواد كيميائية -مُروِّبات- (مثل كبريتات الألومنيوم أو كلوريد الحديديك) لكي يتمكنوا من التجمّع وتشكيل كتل أكبر (ندف).

إعداد السماد مع إضافة المواد العضوية Co-Composting: انظر م.16

التجميع والتخزين/المُعالجة Collection and Storage/ Treatment: انظر المجموعة الوظيفية "ج"، صفحة 56

سماد عُضوي Compost: انظر المُنتجات، صفحة 10

إعداد السماد Composting: هي عملية تحلُّل للمكونات القابلة للتحلُّل الحيوي بواسطة الكائنات الدقيقة (خاصةً البكتيريا والفطريات) تحت ظروف هوائية مُتحكَم بها.

غرفة إعداد السماد Composting Chamber: انظر ج.8

شبكات الصرف الصحي التشاركية Condominial Sewer: انظر ن.4 (مرادف: شبكة صرف صحي بسيطة)

الأرض الرطبة المُنشأة Constructed Wetland: تقنية لمُعالجة مياه الصرف، تهدف إلى محاكاة العمليات التي تحدث طبيعيًا في الأراضي الرطبة. انظر م.7 - م.9

شبكات الصرف الصحي التقليدية بقوة الجاذبية Conventional Gravity Sewer: انظر ن.6

النقل Conveyance: انظر المجموعة الوظيفية "ن"، صفحة 82

التكَيُّس Cyst: هي مرحلة مقاومة الكائنات الدقيقة للبيئية، والتي تُساعدها على تحمُّل فترات من الظروف البيئية القاسية. تُكَوِّن بعض الطفيليات البروتوزوية Protozoan Parasites حويصلات مُعدية وعالية المقاومة (مثل الجيارديا Giardia) وحويصلات مُتَكيِسة (أبواغ ذات جدران سميكة، مثل الكريبتوسبوريديوم Cryptosporidium) أثناء دورة حياتهم.

نظام المُعالجة اللامركزي لمياه الصرف Decentralized Wastewater Treatment System (DEWATS): نظام يُستخدم -على نطاق صغير- في الجمع، المُعالجة، التصريف، و/أو الإسترجاع لمياه الصرف من مجتمع صغير أو منطقة خدمة.

البُراز المُنزوع منه الماء Dehydrated Faeces: انظر المُنتجات، صفحة 11 (مرادف: البُراز المُجفف).

حُجرات التجفيف Dehydration Vaults: انظر ج.7

تفريغ (إزالة) الحمأة Desludging: هي عملية إزالة الحمأة المتراكمة من مِرفَق التخزين أو المُعالجة.

زمن البقاء Detention Time: انظر زمن البقاء الهيدروليكي (مرادف)

إزالة الماء (نزع الماء) Dewatering: هي عملية خفض محتوى المياه من الحمأة أو الردغة (مخلوط المُخلفات العضوية والماء Slurry). قد تحتفظ الحمأة منزوعة الماء بمحتوى كبير

من الرطوبة، ولكنها في المُجمل تكون جافة بما يكفي لنقلها كمادة صلبة (على سبيل المثال، بإستخدام الجاروف).

المواد المهضومة (سماد الغاز الحيوي) Digestate: هي المواد الصلبة و/أو السائلة المتبقية بعد الخضوع لعملية الهضم اللاهوائي.

التطهير Disinfection: القضاء على الكائنات الحيّة الدقيقة (المُسببة للأمراض) عن طريق التثبيط -أو الإخمال- (باستخدام مواد كيميائية، الإشعاع، أو الحرارة) أو عن طريق عمليات الفصل الفيزيائي (على سبيل المثال: الأغشية). انظر المُعالجة اللاحقة، صفحة 136

التخلص Disposal: انظر المجموعة الوظيفية "س"، صفحة 138

الحُفرة المزدوجة المُطوّرة بالتهوية (المُهواة) Double (VIP) Ventilated Improved Pit: انظر ج.4

البُراز المُجفف Dried Faeces: انظر المُنتجات، صفحة 11 (مرادف: البُراز المُنزوع منه الماء)

مواد التنظيف الجافة Dry Cleansing Materials: انظر المُنتجات، صفحة 11

المِرحاض الجاف Dry Toilet: انظر و.1

الدُبال البيئي EcoHumus: انظر دُبال الحُفرة (مرادف)

بكتريا الإشريكية القولونية E. coli: بكتيريا تعيش في أمعاء الإنسان والحيوانات ذوات الدم الحار/الثابت الحرارة. ويتم استخدامها كمؤشر لتلوث المياه بالبُراز.

الصرف الصحي الأيكولوجي Ecological San- (EcoSan) itation: نهج يهدف إلى إعادة التدوير الآمن للمُغذيات، المياه، و/أو الطاقة الموجودة في فضلات الجسم ومياه الصرف، بحيث يتم تقليص استخدام الموارد غير المتجددة إلى الحد الأدنى. (مرادف: الصرف الصحي الموجّه للموارد)

التدفقات السائلة الخارجة (المُعالَجَة) Effluent: انظر المُنتجات، صفحة 11

التقنية الناشئة Emerging Technology: هي التقنية التي تجاوزت مرحلة المُختبر والتجربة على نطاق صغير، ويتم تنفيذها على نطاق يدل على إمكانية التوسّع. انظر صفحة 166

الاستخدام النهائي End-Use: استخدام المُنتجات المُشتقة من نظام الصرف الصحي. (مرادف: الاستخدام)

الصرف الصحي البيئي (الإصحاح البيئي) Environmental Sanitation: التدخلات التي تُقلّل من تعرض الإنسان للمرض، من خلال توفير بيئة نظيفة للعيش فيها، مع إجراءات لوقف دورة المرض. وهذا يشمل عادةً: الإدارة الصحية لفضلات الإنسان والحيوان، النفايات الصلبة، مياه الصرف، ومياه الأمطار؛ والسيطرة على نواقل المرض؛ وتوفير مرافق الغسيل لضمان النظافة الشخصية والمنزلية. يشمل الصرف الصحي البيئي السلوكيات والمرافق على حدٍ سواء، اللذان يعملان معًا لخلق بيئة صحية.

الإثراء الغذائي (أو إغناء الماء، أو التتريف، أو التخثث) Eutrophication: إثراء المياه، سواء العذبة أو المالحة، بالمُغذيات (خاصةً مُرَكَّبات النتروجين والفوسفور) التي تُسرع من نمو الطحالب والنباتات المائية، مما يؤدي إلى نضوب الأكسجين.

التبخر Evaporation: مرحلة التغير من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، والتي تحدث في درجة حرارة أقل من الغليان، وتحدث طبيعيًا على سطح السائل.

التبخر النتحي Evapotranspiration: هو مجموع ما يُفقد من المياه عن طريق التبخّر السطحي ونتح النباتات.

فضلات الجسم Excreta: انظر المُنتجات، صفحة 11

بِركة الأكسدة الإختيارية (هوائية - لاهوائية) Facultative Pond: هي عبارة عن بُحيرة ضحلة تُشكل مرحلة المعالجة الثانية في بِرك تثبيت المُخلفات.

حمأة مياه المجاري Faecal Sludge: (يطلق عليها أيضًا حمأة مياه المجاري) انظر الحمأة، صفحة 12

البُراز Faeces: انظر المنتجات، صفحة 11

المَلء والتغطية Fill and Cover: انظر س.1

الرُشَاحة Filtrate: هي السوائل التي تمر عبر المُرشّح (الفلتر).

الترشيح (الفلترة) Filtration: هي عملية ميكانيكية تَستخدِم مادة مسامية (على سبيل المثال: القماش، الورق، الرمال، أو مواد مختلطة) من أجل حجز المواد الجُسيمية والسماح بالسائل أو الغاز بالمرور. ويُعتبر حجم المسام في مادة المُرشّح هو الذي يُحدّد ما يتم مروره عَبر المُرشح.

البُحيرة السمكية Fish Pond: انظر س.9

الطّفو Flotation: هي عملية صعود بعض مكونات مياه الصرف -وتشمل الزيوت، والشحوم، والصابون ...الخ- إلى سطح المياه، وبذلك يُمكن فصلها.

بِركة النباتات العائمة (الطَّافية) Floating Plant Pond: انظر س.10 (مرادف: بِركة نباتات مائية)

التنديف Flocculation: هي عملية زيادة حجم الجسيمات نتيجة تصادمها فارتباطها. تُشكّل الجسيمات ندفات أو تكتلات؛ وذلك من الجزيئات الصغيرة ومن الجسيمات التي تم إضطرابها كيميائيًا (أي بإضافة المُروبات)، ومن ثم يُمكن إزالتها عن طريق الترسيب أو الترشيح.

مياه الدفْق (أو مياه السيفون، أو مياه الطرد، أو مياه تنظيف المِرحاض) Flushwater: انظر المنتجات، صفحة 11

حُفرة ألترنا Fossa Alterna: انظر ج.5

الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي السطحي Free-Water Surface Constructed Wetland: انظر م.7

مجموعة وظيفية Functional Group: انظر مصطلحات الكتاب، صفحة 12

مصيدة الشحوم Grease Trap: انظر المُعالجة الأولية، صفحة 100

المياه الرمادية Greywater: انظر المُنتجات، صفحة 11

غُرفة حجز الحصى (الرمال) Grit Chamber: انظر المُعالجة الأولية، صفحة 100 (مرادف: مصيدة الرمال)

المياه الجوفية Groundwater: هي المياه التي توجد تحت سطح الأرض.

إعادة شحن المياه الجوفية Groundwater Recharge: انظر س.11

مستوى (منسوب) المياه الجوفية Groundwater Table: هو المستوى تحت سطح الأرض الذي يكون مشبع بالمياه. وهو يعبر عن منسوب تواجد المياه عند حفر حُفرة في الأرض. ولا يكون منسوب المياه الجوفية ثابتًا، ولكنه يختلف بتغير فصول السنة، أو بمرور السنوات، أو حسب الإستخدام. (مرادف: منسوب المياه)

دودة الأمعاء (طُفيلية) Helminth: هي دودة طُفيلية، أي تعيش في المضيف، وتُسبب له الأذى. ومن أمثلتها التي تصيب الإنسان: الديدان الاسطوانية (مثل الأسكارس، والأنكلستوما) والديدان الشريطية. ومن الممكن أن تتواجد البويضات المُعدية للديدان في البُراز، مياه الصرف، والحمأة؛ ويمكنهم مقاومة الإخمال والتثبيط، ويمكنهم كذلك البقاء على قيد الحياة في البُراز والحمأة لعدة سنوات.

الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الأفقي المغمور Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland: انظر م.8

التفريغ والنقل بواسطة المجهود البشري Human-Powered Emptying and Transport: انظر ن.2

الدُبال Humus: هو المُنتَج المُستقر الناتج عن تحلُّل المواد العضوية. وهو يُحسن من خواص التربة ويزيد من إحتفاظها بالمياه، ولكنه لا يحتوي على المُغذيات.

زمن البقاء (الإحتفاظ) الهيدروليكي Hydraulic Retention Time (HRT): هو الوقت الذي تبقى فيه السوائل والمواد الذائبة في المُفاعل أو الخزَّان. (مرادف: زمن البقاء)

حَوض إمْهُوف Imhoff Tank: انظر م.2

الصرف الصحي المُطَوَّر Improved Sanitation: هو عبارة عن مرافق تضمن الفصل الآمن والصحي لفضلات الإنسان وعدم تعرضه لها.

التدفقات السائلة الداخلة Influent: اسم عام للسائل الذي يدخل إلى النظام أو العملية (على سبيل المثال، مياه الصرف).

الري Irrigation: انظر س.6

جركن Jerrycan: انظر ن.1

السوائل المرتشحة Leachate: هي كميات من السائل تم فصلها عن المادة الصلبة، وذلك عن طريق الترشيح بالجاذبية عبر وسط ما (على سبيل المثال، السائل الذي يرتشح من أحواض التجفيف).

حقل التصريف الشبكي Leach Field: انظر س.8

حُفرة الامتصاص Leach Pit: انظر حُفرة الامتصاص (مرادف)

الجير Lime: هو الاسم الشائع لأكسيد الكالسيوم (الجير الحي CaO) أو هيدروكسيد الكالسيوم (الجير المُطفأ $Ca(OH)_2$). وهو مسحوق أبيض، كاوي، وقلوي ينتج من تسخين الحجر الجيري. أما الجير المُطفأ فهو أقل في درجته الكاوية من الجير الحي، ويُستخدم على نطاق واسع في مُعالجة المياه/مياه الصرف، والإنشاء (المونة والملاط).

درجة التخفيض اللوغاريتمية Log Reduction: هي تعبر عن كفاءة إزالة الكائنات الحية. درجة واحدة لوغاريتمية = 90%، ودرجتان = 99%، وثلاث درجات = 99.9%، ...إلخ.

بِركة نباتات مائية Macrophyte Pond: انظر س.10 (مرادف: بِركة نباتات عائمة (طافية))

نباتات مائية كبيرة Macrophyte: هي نباتات مائية كبيرة بما يكفي لتكون مرئية بسهولة بالعين المجردة. وقد تكون جذورها وأنسجتها المتنوعة ظاهرة (البوص، التيفا، أعشاب البرك، والأرز البري)، أو مغمورة (أخيلية الماء، وحامول الماء)، أو عائمة (عدس الماء، زنبق الماء).

بِركة إنضاج Maturation Pond: انظر البِركة الهوائية (مرادف).

الميثان Methane: هو غاز هيدروكربوني عديم اللون، عديم الرائحة، قابل للاشتعال، وصيغتة الكيميائية CH_4. يوجد الميثان في الغاز الطبيعي، وهو العنصر الرئيسي للغاز الحيوي (يمثل 50-75%)، والذي ينتج عن طريق التحلُّل اللاهوائي للمواد العضوية.

الكائنات الحية الدقيقة Microorganism: أي كائن مجهري خلوي أو غير خلوي قادر على الاستنساخ أو نقل الجينات (على سبيل المثال: البكتيريا، الفيروسات، الطفيليات، الطحالب، أوالفطريات).

الملوثات الدقيقة Micropollutant: هي الملوثات الموجودة بتركيزات منخفضة للغاية (على سبيل المثال، مقدار ضئيل من المُرَكَّبات العضوية).

التفريغ و النقل بواسطة المُحرّكات Motorized Emptying and Transport: انظر ن.3

التربة الليلية Night Soil: مصطلح تاريخي يُطلق علي حمأة مياه المجاري (البُرازية).

المُغذيات Nutrients: هي أي مواد يتم استخدامها للنمو. ويُعتبر النيتروجين (N)، والفسفور (P)، والبوتاسيوم (K) هم المُغذيات الرئيسية التي تحتوي عليها الأسمدة الزراعية. النيتروجين و الفسفور هما أيضًا مسئولان بشكل أساسي عن الإثراء الغذائي (التخثث) في المسطحات المائية.

الصرف الصحي خارج الموقع Offsite Sanitation: هو نظام الصرف الصحي الذي يتم فيه جمع فضلات الجسم ومياه الصرف، ونقلها بعيدًا عن المكان الذي أُنتجت فيه. يعتمد نظام الصرف الصحي خارج الموقع على تقنيات شبكات الصرف الصحي للنقل (انظر ن.4 - ن.6).

الصرف الصحي في الموقع Onsite Sanitation: نظام الصرف الصحي الذي يتم فيه جمع فضلات الجسم ومياه الصرف، وتخزينها أو معالجتها في مكان إنتاجها.

بويضة متكيسة Oocyst: انظر التَكيّس

التشغيل والصيانة Operation and Maintenance (O&M): هي المهام الروتينية أو الدورية المطلوبة للحفاظ على فعالية نظام أو عملية ما وفقًا لمتطلبات الأداء، ولتجنب التأخر، التصليحات، أو التوقف.

مواد عضوية Organics: انظرالمُنتجات، صفحة 11

الطُفيل Parasite: كائن حي يعيش على أو في كائن حي آخر، ويضر/يؤذي مضيفه.

مُسبب المرض Pathogen: كائن حي أو عامل آخر يُسبب المرض.

الرشح Percolation: حركة السائل عبر وسط ترشيح بقوة الجاذبية.

الأس الهيدروجيني pH: مقياس الحموضة أو القلوية لمادة ما. إذا كانت قيمة الرقم الهيدروجيني أقل من 7 فهي تشير إلى أنه حمضي، أما إذا كانت قيمة الرقم الهيدروجيني فوق 7 فهي تشير إلى أنه قاعدي (قلوي).

دُبال الحُفرة Pit Humus: انظر المُنتجات صفحة 11 (مرادف: الدُبال البيئي)

أحواض التجفيف المزروعة Planted Drying Beds: انظر م.15

بِركة الترسيب النهائية Polishing Pond: انظر البِركة الهوائية (مرادف).

المُعالجة اللاحقة Post-Treatment: انظر صفحة 136 (مرادف: المُعالجة الثلاثية)

مِرحاض دفْق بالصب Pour Flush Toilet: انظر و.4

المُعالجة الأولية (أو المعالجة التمهيدية، أو ما قبل عملية المُعالجة) Pre-Treatment: انظر صفحة 100

مُخلفات المُعالجة الأولية Pre-Treatment Products: انظر المُنتجات، صفحة 12

المُعالجة الإبتدائية Primary Treatment: هي أول مرحلة رئيسية في مُعالجة مياه الصرف، والتي يتم خلالها إزالة المواد الصلبة والمواد العضوية، وذلك غالباً عن طريق عملية الترسيب أو الطفو.

المُنتَج Product: انظر مصطلحات الكتاب، صفحة 10

البروتوزوا Protozoa: مجموعة متنوعة من الكائنات الحية وحيدة الخلية، وتشمل الأميبا والهدبيات والسوطيات. وقد يكون بعضها مسببًا لأمراض ذات مستوى متوسطة إلى خطر.

الصرف الصحي الموجه للموارد Resources-Oriented Sanitation: انظر الصرف الصحي البيئي (مرادف)

إعادة الاستخدام Reuse: يُقصد بها استخدام المياه المُعاد تدويرها.

الجريان Runoff: انظر الجريان السطحي

حاجز الرمال Sand Trap: انظر تقنيات المعالجة الأولية، صفحة 100 (مرادف: غُرفة حجز الحصى)

الصرف الصحي Sanitation: هو الجمع الآمن والتخلص بطريقة صحية من فضلات الإنسان الصلبة والسائلة، بغرض حماية الصحة العامة وحفظ جودة مصادر المياه العامة -وبشكل أعمّ- الحفاظ على البيئة.

نظام الصرف الصحي Sanitation System: انظر مصطلحات الكتاب، صفحة 10

تقنية الصرف الصحي Sanitation Technology: انظر مصطلحات الكتاب، صفحة 13

المصفاة Screen: انظر تقنيات المُعالجة الأولية، صفحة 100 (مرادف: حاجز القضبان المتوازية، حاجز النفايات)

الخبث (الزَّبَد) Scum: طبقة من المواد الصلبة المُكَوَّنة من محتويات مياه الصرف التي تطفو على سطح الخزَّان أو المُفاعل (مثل، الزيوت والشحوم).

المُعالجة الثانوية Secondary Treatment: تأتي بعد المُعالجة الأولية لتُزيل المواد العضوية القابلة للتحلُّل، والعوالق من التدفقات السائلة الخارجة. ويمكن تضمين إزالة المُغذيات (مثل الفوسفور) وعملية التطهير في تعريف المُعالجة الثانوية أو المُعالجة الثلاثية، وذلك بناءً على تكوين النظام.

الترسيب Settling أو Sedimentation: ترسب الجسيمات الموجودة في السائل بفعل الجاذبية الأرضية.

حَوض الترسيب Settler أو Sedimentation/Settling Basin: انظر م.1 (مرادف: المُرَوِّق، خزَّان الترسيب)

خزَّان الترسيب Sedimentation/ Settling Tank: انظر م.1 (مرادف: المُرَوِّق، حَوض الترسيب)

أحواض الترسيب/التكثيف Sedimentation/Thickening Ponds: انظر م.13

المُعالجة (شبه) المركزية (Semi-) Centralized Treatment: انظر المجموعة الوظيفية "م"، صفحة 98

حمأة خزَّان التحليل (التخمير) Septage: مصطلح تاريخي لتعريف الحمأة المُزالة من خزَّانات التحليل (التخمير).

التخمير Septic: تصف الظروف التي يحدث خلالها التحليل والهضم اللاهوائي.

خزَّان التحليل (التخمير) Septic Tank: انظر ج.9

شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة Settled Sewer أو Small-Bore Sewer: انظر ن.5 (مرادف شبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة)

المجاري (الصرف الصحي) Sewage: المُخلفات المنقولة عبر قنوات المجاري.

شبكة الصرف الصحي Sewer: قناة مفتوحة أو أنبوب مغلق يستخدم لنقل مياه الصرف الصحي. انظر ن.4 - ن.6

شبكة تجميع الصرف الصحي Sewerage: البنية التحتية للمجاري (وتستخدم أحياناً بالتبادل مع المجاري، أو الصرف الصحي)

محطة تصريف شبكة الصرف الصحي (محطة رفع) Sewer Discharge Station: انظر ن.7

شبكة صرف صحي بسيطة Simplified Sewer: انظر ن.4 (مرادف: شبكات الصرف الصحي التشاركية)

الحُفرة الواحدة Single Pit: انظر ج.2

الحُفرة الواحدة المطوّرة بالتهوية (المُهواة) Single (VIP) Ventilated Improved Pit: انظر ج.3

الجالس Sitter: شخص يُفضِّل الجلوس على قاعدة المِرحاض بدلًا من الجلوس بوضع القرفصاء عليها.

الحمأة Sludge: انظر المُنتجات، صفحة 12

حُفرة الامتصاص، أو بئر الترسيب، أو حُفرة الامتصاص، أو البيارة، أو الخزَّان الحامل Cesspit أو Cesspool أو Leach Pit أو Soak Pit: انظر س.7

مُحسّن التربة Soil Conditioner: مُنتج يُحسّن من خواص حفظ التربة للمياه والمُغذيات.

شبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة Solids-Free Sewer: انظر ن.5 (مرادف: شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة)

المساحة السطحية النوعية Specific Surface Area: هي نسبة المساحة السطحية إلى الحجم للمادة الصلبة (مثل: مادة المُرشح)

الشخص الذي يُفضِّل الجلوس بوضعية القرفصاء Squatter: شخص يفضل الجلوس بوضعية القرفصاء على قاعدة المِرحاض بدلاً من الجلوس مباشرةً عليها.

الأكسدة Stabilization: هي عملية تحلُّل المُرَكَّبات العضوية لتقليل المركّبات القابلة للتحلُّل الحيوي بسهولة، وذلك لتقليل أضرارها البيئية (مثل نضب الأكسجين، رشح المُغذيات)

البول المُخزَّن Stored Urine: انظر المُنتجات، صفحة 12

مياه الأمطار Stormwater: انظر المُنتجات، صفحة 12

السولاج Sullage: مصطلح تاريخي للمياه الرمادية

البِنية الفوقية (الحمَّام) Superstructure: هو عبارة عن السقف والحوائط المبنية حول المِرحاض أو مِرفق الاستحمام، لتوفير الخصوصية والحماية للمستخدم.

التخلّص السطحي والتخزين Surface Disposal and Stor-age: انظر س.12

الجريان السطحي Surface Runoff: كمية المياه (من الأمطار، ذوبان الجليد، أو مصادر أخرى) التي لا ترتشح إلى باطن الأرض بل تجري على سطحها.

المياه السطحية Surface Water: جسم/كتلة الماء الطبيعية أو الصناعية الظاهرة على السطح مثل: الجدول، النهر، البُحيرة، البِركة، أو خزَّان مائي.

نموذج نظام System Template: انظر صفحة 15

الترشيح الثلاثي Tertiary Filtration: هي تطبيق عملية الترشيح في المُعالجة الثلاثية لمُعالجة التدفقات السائلة الخارجة. انظر المُعالجة اللاحقة، صفحة 136

المُعالجة الثلاثية Tertiary Treatment: هى المرحلة التي تلي المُعالجة الثانوية لتحقيق الإزالة المتقدمة للملوثات من التدفقات السائلة الخارجة. ويُمكن تضمين إزالة المُغذيات (مثل الفوسفور) وعملية التطهير ضمن تعريف المُعالجة الثانوية أو المُعالجة الثلاثية، وذلك بناءً على تكوين النظام. انظر المُعالجة اللاحقة، صفحة 136 (مرادف: المُعالجة اللاحقة)

بِرك التكثيف Thickening Ponds: انظر م.13

المِرحاض Toilet: واجهة المستخدم للتبول والتغوط (التبرز).

المواد الصلبة الكُلية Total Solids (TS): ما يتبقّى بعد تصفية عينة الماء أو عينة الحمأة وتجفيفها في درجة حرارة

105 مئوية (بوحدة ملليجرام/لتر). وتُمثّل مجموع المواد الصلبة الذائبة (TDS) ومجموع العوالق (TSS).

محطة النقل (التحويل) Transfer Station: انظر ن.7 (مرادف: خزَّان مؤقت تحت الأرض)

حاجز النفايات Trash Trap: انظر تقنيات المُعالجة الأولية، صفحة 100 (مرادف: المصفاة، حاجز القضبان المتوازية)

مُرشح بالتنقيط (المُرشح الزلطي) Trickling Filter: انظر م.10

حُفر التصريف المُزدوجة Twin Pits for Pour Flush: انظر ج.6

خزَّان مؤقت تحت الأرض Underground Holding Tank: انظر ن.7 (مرادف: محطة النقل)

أحواض التجفيف غير المزروعة Unplanted Drying Beds: انظر م.14

مُفاعل التدفق العلوي اللاهوائى عبر طبقة الحمأة Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASB): انظر م.11

اليوريا Urea: هو المحتوى العضوي $CO(NH_2)_2$ الذي يُفرَز في البول، والذي يحتوي على النيتروجين المُغذي. تتحول اليوريا مع مرور الوقت إلى ثاني أكسيد الكربون والأمونيا، حيث يتم استهلاكهما بسهولة من قبل الكائنات الحية في التربة.

المبولة Urinal: انظر و.3

البول Urine: انظر المُنتجات، صفحة 12

المِرحاض الجاف الفاصل للبول Urine-Diverting Dry Toilet (UDDT): انظر و.2

مِرحاض الدفْق الفاصل للبول Urine-Diverting Flush Toilet (UDFT): انظر و.6

خزَّان البول Urine Storage Tank: انظر ج.1

الاستخدام و/أو التخلص Use and/or Disposal: انظر المجموعة الوظيفية "س"، صفحة 138

واجهة المستخدم User Interface: انظر المجموعة الوظيفية "و"، صفحة 42

الناقل Vector: كائن حي (غالباً حشرة) ينقل المرض إلى المضيف؛ يُعتبر الذباب على سبيل المثال من الناقلات، لأنه يُمكنه حَمل وينقل مسببات الأمراض من البُراز إلى البشر.

الأرض الرطبة المُنشأة ذات التدفق الرأسي Vertical Flow Constructed Wetland: انظر م.9

الفيروس Virus: عامل مُعدي يتكون من حمض نووي (DNA أو RNA) وغطاء بروتيني. لا يمكن للفيروسات التكاثرإلا فى خلايا مضيف حي. وهناك بعض الفيروسات المسبّبة للأمراض تنتقل عن طريق المياه (على سبيل المثال، فيروس الروتا الذي يمكن أن يسبب مرض الإسهال).

الغاسل Washer: شخص يفضل استخدام الماء للتنظيف بعد التغوط، بدلاً من المسح بالمواد الجافة.

بِركة تثبيت المُخلفات السائلة (الأكسدة) Waste Stabilization Ponds (WSP): انظر م.5

مياه الصرف Wastewater: المياه المستخدمة من أي مجموعة من الأنشطة المنزلية، الصناعية، التجارية أو الزراعية، الجريان السطحي/مياه الأمطار، وأي تدفق/ارتشاح من وإلى قناة المجاري.

التخلص من المياه Water Disposal: انظر س.11

منسوب المياه الجوفية Water Table: انظر منسوب المياه الأرضية (مرادف)

الماسِح Wiper: شخص يُفضِّل استخدام المواد الجافة (على سبيل المثال: ورق التواليت أو الصحف) للتنظيف بعد التغوط، بدلاً من الغسل بالماء.

المرجع الببليوغرافي:
باللغة الإنجليزية:
Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, Ph., Schertenleib, R. and Zurbrügg, C., 2014. Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2nd Revised Edition. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland.

باللغة العربية:
إليزابيث تيللي، لوكاس أولغيش، كريستوف لوتي، فيليب ريمون، غولاند شيغتنليب، كريستيان تسوغبرج، 2014. نُظم وتقنيات الصرف الصحي. ترجمة الطبعة المُعدَّلة الثانية. المعهد الفيدرالي السويسري لعلوم وتقنيات المياه. دوبِندورف، سويسرا.

ردمك (ISBN): 978-3-906484-64-8

© المعهد الفيديرالي السويسري لعلوم وتقنيات المياه Eawag،
قسم الصرف الصحي، والمياه، والمخلفات الصلبة من أجل التنمية Sandec
دوبِندورف، سويسرا، www.sandec.ch

تم نشر هذا الكتاب بواسطة المعهد الفيدرالي السويسري لعلوم وتقنيات المياه Eawag، وهو أحد المراكز المتعاونة مع منظمة الصحة العالمية WHO؛ ولكن هذا الكتاب لا يُعتبر كأحد منشورات منظمة الصحة العالمية. حيث إن المعهد الفيدرالي السويسري لعلوم وتقنيات المياه هو المسئول عن الرؤى الموضحة بهذا الكتاب، ولا تُمثل هذه الرؤى بالضرورة سياسات أو قرارات منظمة الصحة العالمية.
يُسمح بإعادة نشر هذه المادة العلمية، كُليًا أو جُزئيًا، للأغراض التعليمية، أو العلمية، أو التنموية عدا تلك التي تنطوي على أغراض تجارية، شريطة ذكر المصدر بشكلٍ صحيح.
يمكن تحميل نسخة إلكترونية مجانية من هذا الكتاب عبر: www.sandec.ch/compendium

تمت ترجمة وتعريب هذا الكتاب بواسطة مؤسسة بناء BENAA Foundation، ضمن إطار مشروع المركز الدولي لخدمات إدارة المياه في الشرق الأوسط Cewas Middle East.

التصميمات والرسومات الفنية:
بيا تور، وباولو موناكو، ديزاين بورت، زيوريخ
تنسيق النص العربي: طارق حسني، مؤسسة بناء
الصور: المعهد الفيدرالي السويسري لعلوم وتقنيات المياه، ومؤسسة بناء
الطبعة الأولى للنسخة العربية: 1000 نسخة
طُبع بواسطة: سول برنت، مالقة، أسبانيا

المعهد الفيدرالي السويسري لعلوم وتقنيات المياه Eawag
قسم الصرف الصحي والمياه والمخلفات الصلبة من أجل التنمية Sandec
info@sandec.ch
www.eawag.ch
www.sandec.ch

الجمعية الدولية للمياه IWA
www.iwahq.org

المركز الدولي لخدمات إدارة المياه في الشرق الأوسط cewas Middle East
www.cewasmiddleeast.org

مؤسسة بناء BENAA Foundation
www.benaa-global.org

هذه هي الترجمة العربية للنسخة الإنجليزية الثانية المُعدَّلة لهذا الكتاب، وتجمع كمًّا هائلًا من المعلومات عن نُظم وتقنيات الصرف الصحي في مجلدٍ واحدٍ، حيث تم فيه ترتيب وتنسيق العديد من التقنيات المُجرَّبة والمُختبرة في كتابٍ واحدٍ مختصرٍ ومُركَّزٍ؛ *لتُقدم للقارئ أداة مفيدة في التخطيط ومُعِينة له على اتخاذ القرارات الصحيحة*.

الجزء الأول: يوضح التكوينات المتنوعة لنظم الصرف الصحي التي تُناسب العديد من السياقات المختلفة.

الجزء الثاني: يتكون من 57 ملفًا لمعلومات التقنيات المختلفة التي تصف المزايا، والعيوب، والتطبيقات، والمُلاءَمَة للتقنيات المطلوبة لبناء نظام صرف صحي شامل. وكل ملفٍ منهم مزود برسمٍ توضيحي.

ISBN: 978-3-906484-64-8

صُمم الغلاف بواسطة بلال مبروك، مؤسسة بناء، مصر.