مـــوان MWAN
المركز الوطني لإدارة النفايات
National Center for Waste Management

الضوابط والأدلة الفنية

للمعالجة الميكانيكية-البيولوجية للنفايات

Standards & Technical Guidelines

Mechanical-Biological Waste Treatment

01 November 2024

REF# TG-WM-04

النسخة العربية (٢)

جدول المحتويات

١ـ الغرض والنطاق ٨
١ـ١ الغرض ٨
١ـ٢ النطاق ٨
٢ـ المتطلبات التنظيمية ٩
٣ـ الأدوار والمسؤوليات ١١
٤ـ نظرة عامة على المعالجة الميكانيكية البيولوجية ١٣
٤ـ١ الغرض ١٣
٤ـ٢ تدفقات النفايات المناسبة للمعالجة الميكانيكية البيولوجية ١٣
٤ـ٣ نظرة عامة على تقنية المعالجة ١٣
٥ـ مواصفات الموقع ومتطلبات البنية التحتية ١٨
٥ـ١ إرشادات البنية التحتية للموقع فيما يتعلق بمرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات.. على النحو التالي:.. ١٩
٥ـ١ـ١ تحديد الموقع ـ اعتبارات عامة ١٩
٥ـ١ـ٢ تصريف المياه السطحية ١٩
٥ـ١ـ٣ الخدمات والمرافق ١٩
٥ـ١ـ٤ السياج والحماية ٢٠
٥ـ١ـ٥ منطقة النفايات المرفوضة ٢٠
٥ـ١ـ٦ الترخيص ٢٠
٦ـ متطلبات التصميم وأفضل التقنيات المناسبة المطبقة على محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية .. ٢١
٦ـ١ محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية التي تستخدم التجفيف الحيوي الهوائي ٢١
٦ـ١ـ١ عملية المعالجة ٢١
٦ـ١ـ٢ النواتج (المعايير والسوق وما إلى ذلك) ٢٤
٦ـ٢ المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الاستقرار الهوائي ٢٥
٦ـ٢ـ١ عملية المعالجة ٢٥
٦ـ٢ـ٢ النواتج (المعايير والسوق وما إلى ذلك) ٢٦
٦ـ٣ المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الهضم اللاهوائي ٢٧
٦ـ٣ـ١ عملية المعالجة ٢٧
٦ـ٣ـ٢ النواتج (المعايير والسوق وما إلى ذلك) ٣٠
٦ـ٤ تقنيات التحكم في الانبعاثات والوقاية منها ٣١
٧ـ التشغيل والصيانة ٣٤
٧ـ١ إجراءات القبول المسبق للنفايات ٣٤
٧ـ٢ تخزين النفايات ٣٤
٧ـ٣ إجراءات تخزين النفايات ومناولتها ٣٥
٧ـ٤ صيانة المرفق والمعدات ٣٦
٧ـ٥ إدارة الناتج ٣٦

٨- اعتبارات الصحة والسلامة العامة في المرافق المرخصة للمعالجة الميكانيكية البيولوجية ٣٧
٨-١ الصحة المهنية ٣٧
٨-٢ معدات السلامة ٣٨
٨-٣ التدريب المهني والشهادات ٣٨
٨-٤ خطة إدارة الحوادث ٣٩
٩- تسجيل البيانات ورصدها ورفع تقارير بها ٤١
٩-١ تسجيل البيانات ٤١
٩-٢ عمليات التفتيش والتدقيق البيئي الدورية ٤١
٩-٣ رفع تقارير ببيانات النفايات ٤٢
أ- المعلومات العامة ٤٤
ب- معلومات عن الموارد والنفايات ٤٤
ج- معلومات لاطراف اخرى ٤٤

فهرس الأشكال

الشكل ٤-١: مخطط سير عملية المعالجة الميكانيكية البيولوجية ١٤
الشكل ٤-٢: المعالجة الميكانيكية البيولوجية - التجفيف البيولوجي - نظرة عامة على التقنية..... ١٥
الشكل ٤-٣: المعالجة الميكانيكية البيولوجية – الاستقرار الهوائي - نظرة عامة على التقنية ١٦
الشكل ٤-٤: الهضم اللاهوائي - نظرة عامة على التقنية..... ١٧
الشكل ٦-١: مخطط عملية سير التجفيف البيولوجي للمعالجة الميكانيكية البيولوجية - الخيار الأول ٢٢
الشكل ٦-٢: مخطط عملية سير التجفيف البيولوجي للمعالجة الميكانيكية البيولوجية - الخيار الثاني..... ٢٣
الشكل ٦-٣: مخطط عملية سير التكرير للمعالجة الميكانيكية البيولوجية - الخيار الأول ٢٣
الشكل ٦-٤: مخطط عملية سير التكرير للمعالجة الميكانيكية البيولوجية - الخيار الثاني ٢٤
الشكل ٦-٥: مخطط عملية سير المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الاستقرار الهوائي..... ٢٦
الشكل ٦-٦: مخطط عملية سير المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الهضم اللاهوائي..... ٢٩
الشكل ٦-٧: مخطط عملية سير المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الاستقرار الهوائي..... ٢٩
الشكل ٦-٨: مصادر الانبعاثات المحتملة من عمليات المعالجة الميكانيكية البيولوجية ٣١

فهرس الجداول

الجدول ٦-١: تقنيات المعالجة بالتجفيف البيولوجي الخاص بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية..... ٢٤
الجدول ٦-٢: تقنيات المعالجة الخاصة بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الاستقرار الهوائي..... ٢٧
الجدول ٦-٣: تقنيات المعالجة الخاصة بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الهضم اللاهوائي ٣٠
الجدول ٦-٤: تقنيات لتقليل انبعاثات الروائح وتحسين الأداء البيئي العام ٣٢

قائمة الاختصارات

AD	الهضم اللاهوائي
BAT	أفضل التقنيات المتاحة
CV	القيمة التسخينية أو الحرارية
HDPE	البولي إيثيلين عالي الكثافة
HRT	زمن الاحتجاز الهيدروليكي
IR	اللائحة التنفيذية
KSA	المملكة العربية السعودية
MBT	المعالجة الميكانيكية البيولوجية
MEWA	وزارة البيئة والمياه والزراعة
MRF	مرفق استرداد المواد
MSW	النفايات البلدية الصلبة
MWAN/ المركز	المركز الوطني لإدارة النفايات
NCEC	المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي
PPE	معدات الحماية الشخصية
TG	الضوابط والأدلة الفنية
RDF	وقود مشتق من النفايات
SRF	الوقود الصلب المسترد
WML	نظام إدارة النفايات
WtE	تحويل النفايات إلى طاقة

التعريفات

الغاز الحيوي	خليط من الغازات تنتجه عملية الهضم اللاهوائي.
المواد المستقرة حيوياً	النفايات البلدية المتبقية القابلة للتحلل الحيوي؛ التي عولجت لتحقيق معيار استقرار قابلية التحلل الحيوي المعتمد قبل ردم النفايات أو الاستخدام البديل المتفق عليه.
معالجة النفايات البيولوجية	عمليات معالجة تستخدم كائنات حية دقيقة لتحليل النفايات (خاصةً النفايات العضوية) إلى ماء وثاني أكسيد الكربون ومواد غير عضوية بسيطة أو إلى مواد عضوية أبسط مثل الألدهيدات والأحماض.
الاقتصاد الدائري	نموذج اقتصادي يستهدف الإبقاء على المنتجات والموارد قابلةً للاستعمال لأطول مدة ممكنة، من خلال الاستهلاك الأقصى للمنتجات القابلة للاستخدام، لجعلها قابلة للتدوير وإعادة التوليد من مواردها عند نهاية دورتها الحياتية.
الجهة المختصة	الجهة الحكومية المسؤولة عن تشغيل النفايات وفق نص نظامي خاص.
نفايات الهضم اللاهوائي	المواد الغنية بالعناصر الغذائية المتبقية بعد الهضم اللاهوائي.
الهاضم	خزان تحدث داخله عملية الهضم اللاهوائي.
التصريف	الإزالة الطبيعية أو الاصطناعية للمياه السطحية وتحت السطحية من منطقة ما، بما في ذلك مجاري المياه السطحية وممرات المياه الجوفية.
الانبعاث	الانبعاث المباشر، أو غير المباشر للمواد، أو الاهتزازات، أو الحرارة أو الضوضاء الناتجة من مصادر فردية أو منتشرة في المنشأة في الهواء أو الماء أو الأرض.
المدخلات	المواد التي توضع في مرفق المعالجة.
النفايات الخطرة	النفايات الناتجة عن الأنشطة الصناعية أو غير الصناعية التي تحتوي على مواد سامة، أو مواد قابلة للاشتعال أو للتفاعل، أو المواد المسببة للتآكل، أو المذيبة، أو المزيلة للشحوم، أو الزيوت، أو الملونة، أو رواسب عجينية، أو أحماض وقلويات، وصنفت بالخطرة بناءً على أحكام النظام واللائحة.
الوزير	وزير البيئة والمياه والزراعة، رئيس مجلس إدارة المركز.
السوائل المرتشحة	المحلول المتجمّع من عملية الترشيح، ويتكون من مستخلصات المواد المذابة أو الصلبة العالقة أو أي مكون آخر يمر خلالها.
المفتش/ المفتشون	الأفراد الذين يعيّنهم الوزير، ومنوط بهم ضبط مخالفات أحكام النظام واللائحة، وإثباتها والتحقيق فيها، مجتمعين أو منفردين.
الرخصة	إذن مكتوب يصدره المركز للقيام بالنشاطات المتعلقة بإدارة النفايات، وفق تعليمات النظام واللائحة.
المعالجة الميكانيكية البيولوجية	معالجة النفايات الصلبة المختلطة بدمج المعالجة الميكانيكية والمعالجة البيولوجية، مثل المعالجة الهوائية أو اللاهوائية.
المعالجة الميكانيكية	عمليات تقنية تفصل الأجزاء غير العضوية والعضوية، إضافة إلى استعادة المواد القابلة للتدوير.
خطة التخلص من الروائح	خطة تستهدف منع أو تقليل الإزعاج الناتج عن الرائحة، وتعد جزءاً من نظام الإدارة البيئية (EMS) للمنشأة (المرفق).

التصريح	الوثيقة التي يمنحها المركز لمنشآت تدوير النفايات، وتفيد بتحقيقها للضوابط، قبل حصولها على تراخيص الجهات المختصة وفق أنظمتها.
الوقود المشتق من النفايات (RDF)	الوقود الناتج من مكونات قابلة للاحتراق، يُطلق عليها اسم النفايات البلدية الصلبة.
اللائحة	اللائحة التنفيذية للنظام.
خطة إدارة النفايات	مجموعة من التدابير لتحسين إنتاج النفايات الناتجة عن معالجة النفايات، لتجديدها وتدويرها واستردادها. ووضع ضوابط للتخلص السليم من النفايات الداخلية.
المستقبلات الحساسة	كل ما يتأثر فعلياً من النشاط أو المشروع بحكم موقعه الجغرافي القريب منه أو لطبيعته الحساسة. وتشمل المستقبلات على سبيل المثال لا الحصر: المكونات البيئية، والكائنات الحية، والمواقع الأثرية والثقافية والدينية، والفئات المجتمعية، والكائنات المهددة بالانقراض، والمستشفيات، ودور الرعاية الاجتماعية للمسنين، والمدارس، والمجمعات السكنية ،وغيرها.
الوقود المسترد الصلب (SRF)	الوقود الناتج من تقطيع النفايات الصلبة وتجفيفها بتقنية تحويل النفايات.
الفرز	فصل مكونات النفايات عن بعضها يدوياً أو آلياً، مثل: الورق، والزجاج، والمعادن، وغيرها من المكونات في المحطات الانتقالية، أو منشآت الفرز والمعالجة، وذلك بقصد تدويرها، أو معالجتها.
التخزين	حفظ مكونات النفايات أو بعضها مؤقتاً، لنقلها أو للاستفادة منها لاحقاً.
المعالجة	إحداث تغيير في خصائص النفايات من أجل تقليل حجمها، أو تسهيل عمليات إعادة استخدامها أو تدويرها، أو استخلاص بعض المنتجات منها، أو لإزالة الملوثات العضوية وغيرها، من أجل التخفيض أو الاستفادة من بعض مكونات النفايات أو القضاء على احتمالات تسببها في أذى للبشر أو للبيئة، وذلك باستخدام الوسائل الفيزيائية، أو البيولوجية، أو الكيميائية، أو مزيج من هذه الوسائل أو غيرها.
النفايات	المواد التي يُتخلص منها، وتؤثر. بطريقة مباشرة أو غير مباشرة . في الصحة العامة أو البيئة. التي
إدارة النفايات	تنظيم أي نشاط يتعلق بالنفايات: من جمعها، ونقلها، وفرزها، وتخزينها، ومعالجتها، وتدويرها، واستيرادها، وتصديرها، والتخلص الآمن منها، وأيضاً العناية اللاحقة بمواقع التخلص الآمن من النفايات.
منتِج النفايات	كل شخص يُنتج نفايات مصنفة بناءً على أحكام النظام.
مقدم خدمة النفايات	الشخص المرخص له أو المصرح له بمزاولة نشاط من أنشطة إدارة النفايات.

١- الغرض والنطاق

١-١ الغرض

تقُدم الوثيقة الحالية الضوابط والأدلة الفنية المعتمدة من المركز الوطني لإدارة النفايات؛ لتنظيم وترخيص مرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية (MBT) في المملكة العربية السعودية (KSA)، والإرشادات للمعنيين وأصحاب المصلحة بتصميم وإنشاء وتشغيل مرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية، من أجل:

- التعرف على متطلبات تطوير مرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية المختلفة، وتحديدها وفقاً لأفضل الممارسات العالمية وأحدث التقنيات المتاحة.
- تقديم إرشادات عملية حول كيفية معالجة النفايات المختلطة من خلال تقنيات المعالجة الميكانيكية البيولوجية المختلفة، بطريقة سليمة بيئياً.
- تحديد العوامل التقنية والإدارية الرئيسية؛ التي تؤثر على أداء محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية، وتقليل الآثار البيئية المحتملة، بالإضافة إلى مخاطر الصحة والسلامة للعمال والجمهور.

وعلى الرغم من تقديم الضوابط والأدلة الفنية معلومات أساسية وضرورية، إلا أنها لا تُعدّ دليلاً إرشادياً لتصميم محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية، ولا غنى عن تطبيق الحكم السليم والخبرة الفنية المناسبة، لضمان امتثال محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية - عند إنشائها - للمبادئ المنصوص عليها في هذه الوثيقة، والشروط التي حددها المركز في الرخصة.

تستند كل أقسام الضوابط والأدلة الفنية إلى أفضل التقنيات المتاحة (BAT) في إدارة النفايات، لضمان توفر إرشادات محدثة لأي مكوّن متعلّق بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات.

١-٢ النطاق

تسري بنود هذه الوثيقة على مرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية. ويتمثل الهدف الرئيس من المعالجة الميكانيكية البيولوجية في فصل تدفقات النفايات المختلطة، من النفايات البلدية الصلبة عادةً، إلى مجموعة من المنتجات الجافة (المعادن الحديدية، وغير الحديدية، والزجاج عادةً) والوقود المشتق من النفايات (RDF) عالي القيمة الحرارية المناسب للحرق، والطين الرطب القابل للتحلل الحيوي المناسب إما للتسميد أو الهضم اللاهوائي (AD). وتتضمن عمليات المعالجة الفصل الميكانيكي للنفايات، والمعالجة البيولوجية (المعالجة اللاهوائية أو الهوائية) للأجزاء العضوية، وفصلاً ميكانيكياً إضافياً إذا لزم الأمر.

تركّز الضوابط والأدلة الفنية تحديداً، على التقنيات المتعلقة بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية فقط، بهدف الحصول على معلومات محددة حول المعالجة الميكانيكية والبيولوجية للنفايات. وتمت الإحالة المرجعية إلى الضوابط والأدلة الفنية للمعالجة البيولوجية للنفايات والضوابط والأدلة الفنية، لتصميم مرافق استعادة المواد وإنشائها وتشغيلها تجنباً للازدواجية.

تخاطب بنود الضوابط والأدلة الفنية، جميع أصحاب المصلحة، المعنيين بتصميم، وإنشاء، وتشغيل، ومراقبة، وترخيص مرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات، وهم:

- وزارة البيئة والمياه والزراعة (MEWA).
- المركز الوطني لإدارة النفايات (MWAN/ المركز).
- شركات التصميم والإنشاء المعنية بمشاريع المعالجة الميكانيكية البيولوجية.
- مشغلو مرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات (مقدمو الخدمة).

٢- المتطلبات التنظيمية

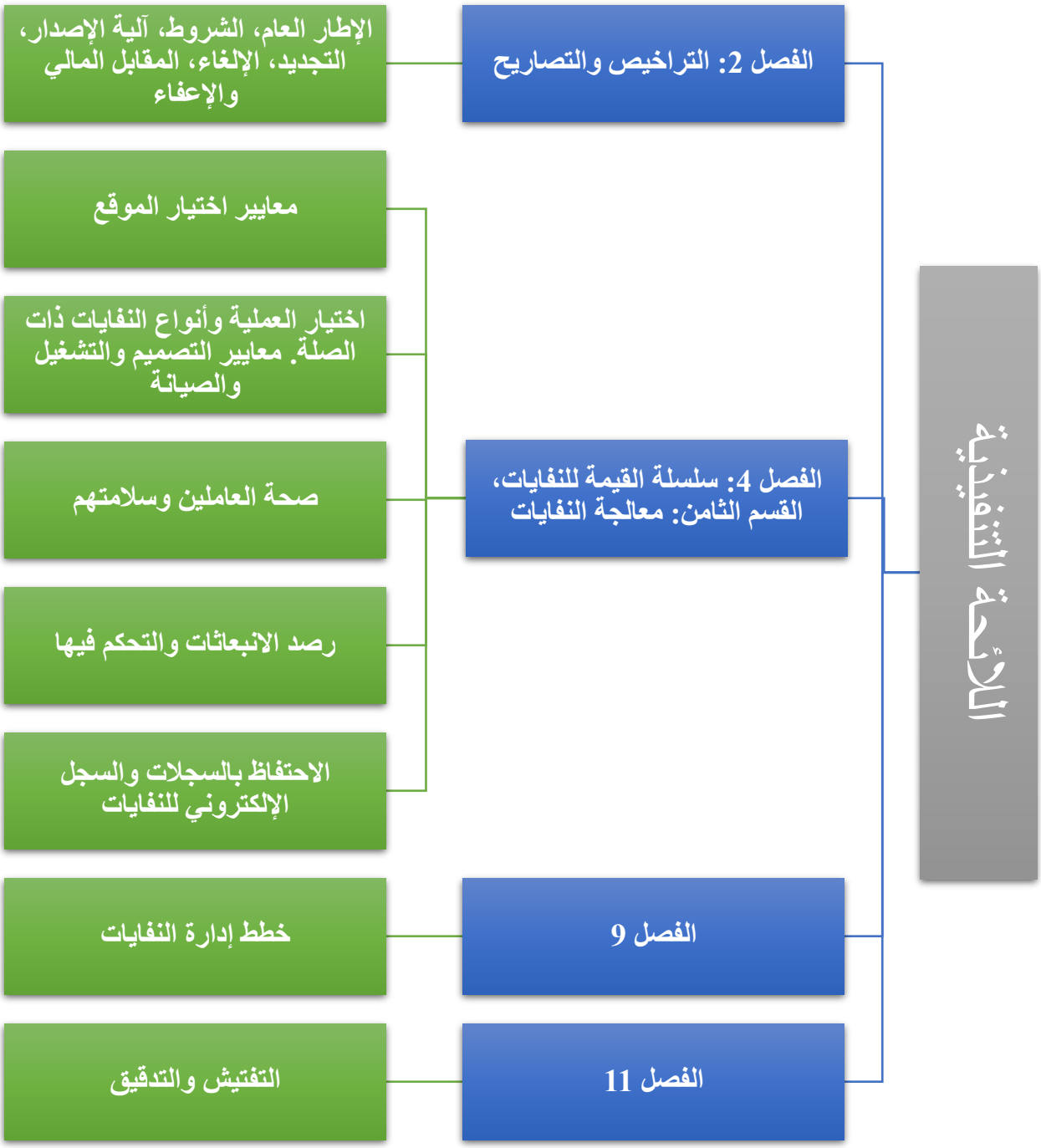
تستكمل الضوابط والأدلة الفنية للمعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات، المعلومات المقدمة من نظام إدارة النفايات (WML) ولائحته التنفيذية (IR)، بهدف التركيز على تطبيق أفضل التقنيات والممارسات المتاحة، تماشياً مع السياق الاقتصادي والبيئي والاجتماعي المحلي في المملكة. وضمن هذا الإطار، يُنصح مستخدمو هذا الدليل بالرجوع إلى كلٍّ: من نظام إدارة النفايات[1] ولائحته التنفيذية.[2]

تتناول الأشكال التالية أبرز الأحكام التنظيمية الرئيسة المتعلقة بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات:

المصطلحات المستخدمة في المستند الإرشادي لها نفس المعاني الواردة في نظام إدارة النفايات. ويُقصد بمصطلح المعالجة تحديداً إحداث تغيير في مواصفات النفايات وفق نظام الإدارة. وتحدث هذه التغييرات من أجل:

- تقليل حجم النفايات.
- تسهيل عمليات معالجتها عند إعادة استخدامها أو تدويرها أو استخلاص منتجات منها.
- إزالة الملوثات العضوية.
- تقليل بعض مكونات النفايات أو الإستفادة منها.
- التخلص من احتمالية الإضرار بالبشر أو البيئة.

[1] (نظام إدارة النفايات، المملكة العربية السعودية، ٢٠٢١)
[2] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات، ٢٠٢١)


اللائحة التنفيذية
الفصل 2: التراخيص والتصاريح
الإطار العام، الشروط، آلية الإصدار، التجديد، الإلغاء، المقابل المالي والإعفاء
الفصل 4: سلسلة القيمة للنفايات، القسم الثامن: معالجة النفايات
معايير اختيار الموقع
اختيار العملية وأنواع النفايات ذات الصلة. معايير التصميم والتشغيل والصيانة
صحة العاملين وسلامتهم
رصد الانبعاثات والتحكم فيها
الاحتفاظ بالسجلات والسجل الإلكتروني للنفايات
الفصل 9
خطط إدارة النفايات
الفصل 11
التفتيش والتدقيق

٣- الأدوار والمسؤوليات

تشمل الجهات الرئيسية المسؤولة عن المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات على النحو المحدد في القسم ١، على سبيل المثال لا الحصر: المركز، وزارة البيئة والمياه والزراعة، شركات التصميم والإنشاء المعنية بمشاريع المعالجة الميكانيكية البيولوجية ومقدمو خدمات النفايات (مرافق المعالجة فقط بموجب هذه الوثيقة).

تُفَصَّل أدوار ومسؤوليات الجهات المذكورة أعلاه في الفقرات التالية:

	الأدوار والمسؤوليات
وزارة البيئة والمياه والزراعة (MEWA)	▪ وضع السياسات والتشريعات والاستراتيجيات لإدارة قطاع النفايات ▪ الرفع بنظام إدارة النفايات الجديد ▪ وضع مستهدفات قطاع الادارة
المركز الوطني لإدارة النفايات (MWAN) - المركز	▪ تنظيم قطاع إدارة النفايات، وتحسين جودة الخدمات عبر سلسلة القيمة بأكملها بشكل فعال. ▪ الحد من التخلص من النفايات؛ بالتشجيع على استخدام أفضل الممارسات لتقنيات استرداد الموارد. ▪ تعزيز القدرات والكفاءات والمعرفة لدى العاملين في القطاع. ▪ مراجعة وتحديد طلبات التصريح/ الترخيص لمرافق معالجة النفايات، بما فيها محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية. ▪ إصدار التراخيص الخاصة بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية، وفق ضوابط النظام واللوائح. ▪ مراقبة التزام مقدمي الخدمة بأحكام النظام واللوائح والقواعد والتعليمات الصادرة بموجبه، وشروط وأحكام ترخيصهم عن طريق المفتشين المعينين بقرار من الوزير.
شركات التصميم والإنشاء المعنية بمشاريع المعالجة الميكانيكية البيولوجية	▪ الالتزام بأحكام النظام واللوائح والقواعد والتعليمات الصادرة بموجبه، وشروط وأحكام تصاريح البناء والتراخيص البيئية وأي تصاريح أخرى ذات صلة.
مقدمو الخدمة/ المشغلون	▪ التحقق من عدم إدارة/ معالجة النفايات بدون ترخيص أو تصريح أو إعفاء ساري المفعول. ▪ التحقق من صحة تفاصيل بيان نقل النفايات، والتأكد من وقوعها ضمن الترخيص الصادر لكفاءة مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية. ▪ تقديم تقارير دورية إلى المركز وفق ضوابط اللائحة. ▪ الاحتفاظ بسجل كافٍ وحديث للعمليات وتقديمها للمركز شهرياً.

الأدوار والمسؤوليات

- توفير التدريب المناسب للموظفين المعينين؛ لضمان أعلى مستوى من المهارات والمؤهلات.
- ضمان الإدارة السليمة والآمنة للمنتجات الثانوية والنفايات الناتجة عن عمليات المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات، وفق التعليمات المعمول بها في المركز.
- تنفيذ نظام مراقبة ذاتية للمرفق، يختص بتقنيات وجودة المراقبة الذاتية للعوامل البيئية، وتحمّل تكاليف هذا النظام.
- تولّي مسؤولية الصيانة والإشراف والمراقبة وفقاً للترخيص الصادر، أو التراخيص والتصاريح الأخرى التي تقتضيها الأنظمة واللوائح والضوابط التقنية ذات الصلة التي يصدرها المركز.
- إبلاغ المركز بتقديم إشعارات خلال مدة أقصاها ٢٤ ساعة من اكتشاف أي آثار بيئية سلبية كشفت عنها المراقبة الذاتية.
- تقديم ضمانات مالية لضمان الوفاء بالالتزامات.

٤- نظرة عامة على المعالجة الميكانيكية البيولوجية

٤-١ الغرض

تهدف محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية إلى تقليل وزن النفايات، جعل أي مواد عضوية نشطة بيولوجياً خاملةً، وتعرف عادةً بإسم النفايات المستقرة، إستخراج المواد القابلة للتدوير، إنتاج وقود مشتق من النفايات (RDF) أو وقود صلب مسترد (SRF) من أجل الاستخدامات الحرارية الصناعية.

أعِدَّت المعالجة الميكانيكية البيولوجية - في البداية- لتقليل محتوى المواد العضوية بالنفايات التي يتم إرسالها للتخلص النهائي منها. ويهدف ذلك إلى تقليل إنتاج الغاز الحيوي والسوائل المرتشحة، وبالتالي تقليل كمية النفايات الموجهة إلى مردم النفايات.

يكمن الاختلاف الرئيسي بين المعالجة الميكانيكية البيولوجية ومرفق استرداد المواد الملوثة (Dirty MRF) في أن الأولى تغطي الجانب البيولوجي لمعالجة الجزء العضوي، بينما يمكن اعتبار مرفق استرداد المواد بمثابة معالجة مسبقة تتطلب حلاً تكميلياً لمعالجة الجزء العضوي.

٤-٢ تدفقات النفايات المناسبة للمعالجة الميكانيكية البيولوجية

تُصمَّم محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية عادةً لمعالجة النفايات البلدية الصلبة المختلطة، بما في ذلك النفايات التجارية، والنفايات الصناعية غير الخطرة بدرجة أقل.

تقبل محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية، من حيث المبدأ، العديد من أنواع النفايات، على سبيل المثال: المواد التي يتم تفكيكها وهضمها في المرحلة البيولوجية كالورق والكرتون، والمواد العضوية الخضراء/ المطبخ أو بقايا الطعام، والمحتوى العضوي الموجود بالحفاضات، ومواد التعبئة والتغليف، والمنسوجات، وبعض أنواع حمأة الصرف الصحي، وما إلى ذلك. أي لا يدخل المرفق سوى النفايات البلدية الصلبة المختلطة[٣] وغير المفروزة.

وبخلاف ذلك، فإن بعض تدفقات النفايات المصنفة على أنها نفايات خطرة[3] أو منتجات ثانوية حيوانية ومنتجات مشتقة غير مخصصة للاستهلاك الآدمي، تُعالج في مرفق معالجة ميكانيكية بيولوجية. أما مجاري النفايات فهي غير مناسبة للمعالجة البيولوجية التي تسبب تثبيط النشاط البيولوجي.

وتجدر الإشارة إلى أن محتوى الرطوبة في النفايات متغير للغاية، حيث تحتوي النفايات المنزلية عادةً على نسبة رطوبة لا تقل عن ٤٠ -٥٠٪.

٤-٣ نظرة عامة على تقنية المعالجة

تشير المعالجة الميكانيكية البيولوجية (MBT) للنفايات إلى عملية من خطوتين من أجل استخدام:

- المعدات الميكانيكية لفرز واسترداد بعض المواد القابلة للتدوير من النفايات المختلطة (البلاستيك والمعادن الحديدية وغير الحديدية بشكل عام) في المرحلة الأولى والمراحل اللاحقة.
- استخدام الكائنات الحية الدقيقة لتحليل الجزء العضوي من مجموعة النفايات المختلطة، إلى ثاني أكسيد الكربون، ومواد غير عضوية بسيطة، أو إلى مواد عضوية أبسط مثل الألدهيدات والأحماض، في المرحلة الثانية.

في حين أن الجانب الميكانيكي للعملية (المرحلة الأولى) هو إجراء شائع سيتم شرحه لاحقاً في هذه الوثيقة.

يمكن إجراء المعالجة البيولوجية لمجموعة النفايات العضوية بموجب تقنيات معالجة مختلفة، بما في ذلك:

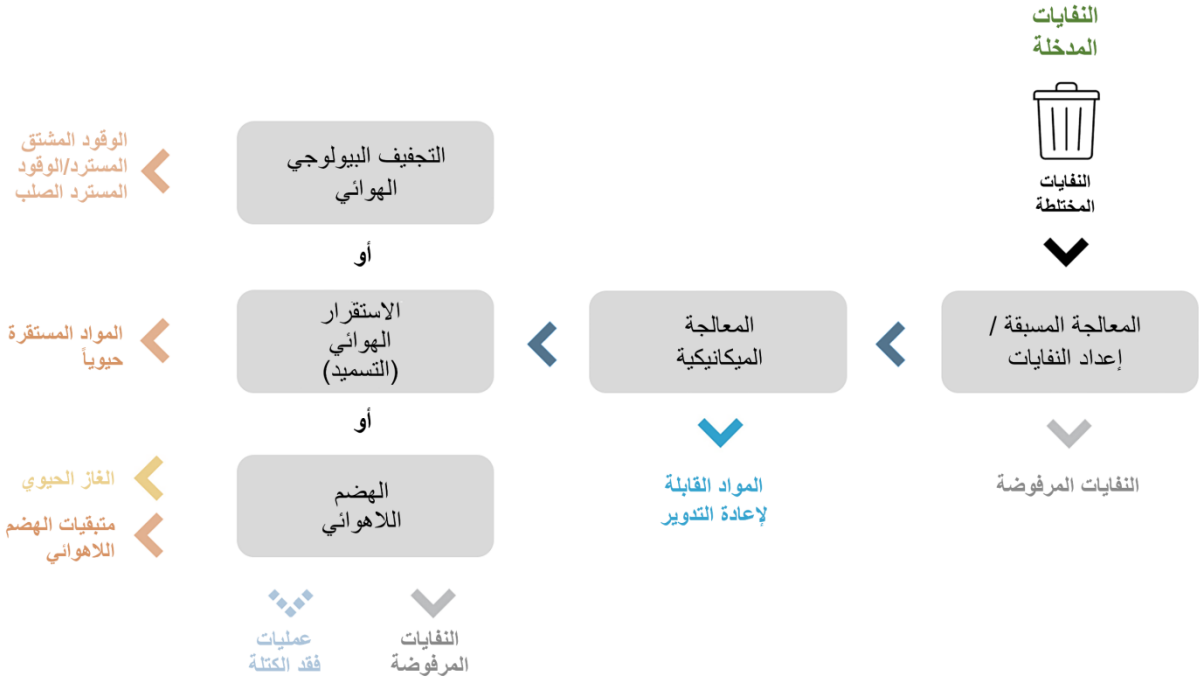
---

[3] وفقاً لتعريفات ومصطلحات الفصل الأول: تعريفات ومصطلحات اللائحة التنفيذية

- التجفيف البيولوجي الهوائي.
- الاستقرار الهوائي.
- الهضم اللاهوائي.

+ملاحظة: تتناول هذه الضوابط والأدلة الفنية مرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية بوصفها عملية كاملة، حيث تمت مناقشة التفاصيل بشأن المعالجة الميكانيكية أو البيولوجية بوصفها عملية قائمة بذاتها في إرشادات فنية أخرى[4] وبالتالي لم يتم تناولها في هذا المستند.

يقدم الشكل أدناه ملخصاً لمخطط سير عملية المعالجة الميكانيكية البيولوجية النموذجية:



الشكل ٤-٠: مخطط سير عملية المعالجة الميكانيكية البيولوجية.

تتضمن الأشكال التالية وصفاً موجزاً ونظرة عامة على تقنية العملية الخاصة بكل خيار من خيارات المعالجة الميكانيكية البيولوجية المفصلة ضمن هذه الضوابط والأدلة الفنية:

المعالجة الميكانيكية البيولوجية - التجفيف البيولوجي الهوائي
العملية الشاملة: تجمع المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات المختلطة من خلال **التجفيف البيولوجي؛** بين الأساليب التقنية لاسترداد المواد القابلة للتدوير من مجرى النفايات المختلطة، وإنتاج الوقود المشتق من النفايات (RDF) أو الوقود المسترد الصلب (SRF) مع مجرى النفايات غير المستردة، لاستخدامها في أغراض استرداد الطاقة.
النواتج:

[4] دليل الضوابط والأدلة الفنية لإنشاء وتشغيل مرافق استرداد المواد ودليل الضوابط والأدلة الفنية لمعالجة النفايات البيولوجية

- المعالجة الميكانيكية: المواد القابلة للتدوير مثل المعادن الحديدية وغير الحديدية والبلاستيك والورق/ الكرتون الممدد بدرجة أقل.
- عملية التجفيف البيولوجي: المواد قابلة للاحتراق (الوقود المشتق من النفايات أو الوقود المسترد الصلب) للاستخدامات الحرارية الصناعية.
- المواد المرفوضة/ المنبوذة: المواد الموجهة للتخلص النهائي (ردم النفايات أو تحويل النفايات إلى طاقة).

مخطط رسم تخطيطي:

ملاحظات: كما هو موضح بالتفصيل فيما يلي، قد تأتي عملية التجفيف البيولوجي بعد المعالجة الميكانيكية. فقد تمكن مرحلة التكرير اللاحقة للتجفيف البيولوجي المنتج النهائي من تحقيق معايير الوقود المسترد الصلب، اعتماداً على خصائص النفايات المختلطة المدخلة والمواصفات التي تصنف هذه المواد القابلة للاحتراق.

نظرة توضيحية عامة:

الشكل ٤-٠: المعالجة الميكانيكية البيولوجية - التجفيف البيولوجي - نظرة عامة على التقنية.

المعالجة الميكانيكية البيولوجية - الاستقرار الهوائي

العملية الشاملة: تجمع المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات المختلطة من خلال **الاستقرار**، بين الأساليب التقنية لاسترداد المواد القابلة للتدوير من مجرى النفايات المختلطة، وإنتاج مادة مستقرة بيولوجياً، لاستخدامها في تعديل التربة منخفضة الجودة أو الاستخدامات البديلة كمكبات نفايات منحدرة.

النواتج:

- المعالجة الميكانيكية: المواد القابلة للتدوير مثل المعادن الحديدية وغير الحديدية والبلاستيك والورق/ الكرتون الممدد، بدرجة أقل، والوقود المشتق من النفايات (الورق/ الكرتون الملوث والمنسوجات والخشب والبلاستيك غير القابل للتدوير).
- عملية الاستقرار: مكب نفايات منحدر أو مادة تغطية. إذا لم يكن هناك سوق متاحة، فعادة ما يتم التخلص النهائي من المادة البيولوجية المستقرة مباشرة.
- المواد المرفوضة: المواد الموجهة للتخلص النهائي (ردم النفايات أو تحويل النفايات إلى طاقة).

مخطط رسم تخطيطي:

نظرة توضيحية عامة:

الشكل ٤-٠: المعالجة الميكانيكية البيولوجية – الاستقرار الهوائي - نظرة عامة على التقنية.

المعالجة الميكانيكية البيولوجية - الهضم اللاهوائي

العملية الشاملة: تَجمع المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات المختلطة من خلال **الهضم اللاهوائي**، بين الأساليب التقنية لاسترداد المواد القابلة للتدوير من مجرى النفايات المختلطة، وإنتاج الغاز الحيوي، لاستخدامه المحتمل في أغراض استرداد الطاقة ونفايات الهضم اللاهوائي المستقرة حيوياً استقراراً جزئياً، لاستخدامها في تعديل التربة منخفضة الجودة بعد عملية تحقيق الاستقرار.

النواتج:

- المعالجة الميكانيكية: المواد القابلة للتدوير، مثل: المعادن الحديدية وغير الحديدية والبلاستيك والورق/ الكرتون الممدد، بدرجة أقل، والوقود المشتق من النفايات (الورق/ الكرتون الملوث والمنسوجات والخشب والبلاستيك غير القابل للتدوير).
- عملية الاستقرار: الغاز الحيوي ومتخلفات الهضم اللاهوائي (لاحتمالية تحويلها إلى سماد).
- المواد المرفوضة: المواد الموجهة للتخلص النهائي (ردم النفايات أو تحويل النفايات إلى طاقة).

مخطط رسم تخطيطي:

نظرة توضيحية عامة:

الشكل ١-٠: الهضم اللاهوائي - نظرة عامة على التقنية.

5- مواصفات الموقع ومتطلبات البنية التحتية

تقدم المادة رقم (٩٥) من القسم الثامن (الفصل الرابع) للائحة التنفيذية؛ إرشادات عامة بخصوص اختيار موقع مرافق النفايات، ومرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات. وتشمل تلك الإرشادات:

- مراعاة المسافة بين الموقع المقترح ومواقع إنتاج وجمع وتخزين النفايات.
- مراعاة توفر البنية التحتية والطرقات لضمان سهولة الوصول الى الموقع في جميع فصول السنة وأثر المرفق على حركة المرور بالمنطقة.
- يجب الابتعاد عن المواقع التاريخية والمحميات.
- يجب أن تكون المساحة مناسبة لاستيعاب جميع النفايات المتولدة على مدى دورة حياة المرفق.
- يجب البعد عن المواقع ذات الانحدار الشديد حيث يفضل الأراضي المنبسطة وغير المرتفعة.
- يجب أن يكون الموقع بعيداً عن الأودية والشعاب ومجاري السيول والشواطئ والمسطحات المائية ومصادر المياه بحيث ألا تسبب في تلوث أي مصدر للمياه.
- يجب ألا يكون الموقع في أراضٍ يكون منسوب المياه الجوفية بها عاليا أو في الأراضي السبخة.
- يجب مراعاة العناصر المناخية، مثل الاتجاه السائد للرياح، وسرعتها، حيث يجب أن يكون المرفق في عكس اتجاه الريح السائدة في المنطقة.
- يجب أن يكون الموقع بعيداً عن الأراضي المستخدمة حالياً أو المخططة لأغراض تنموية مثل المناطق العمرانية والتجارية أوالزراعية والصناعية.
- في حال اختيار موقع لمردم لا بد من توفر التربة المناسبة والكافية لتغطية النفايات مع مراعاة أن تكون التربة ذات نفلذية منخفضة ومتماسكة.
- مراعاة أن يكون الموقع بعيداً عن أبراج وخطوط الكهرباء والسكك الحديدية والمطارات وخطوط أنابيب المرافق والطرق السريعة بقدر الإمكان.
- أي ضوابط أو متطلبات أخرى يصدرها المركز.

وللمركز الاستثناء من أي ضابط من هذه الضوابط بحسب طبيعة المشروع

وفقاً للمادة ٩٧ من اللائحة التنفيذية، يحظر بناء مرفق معالجة ميكانيكية بيولوجية في المواقع والمناطق التالية:

- المواقع المجاورة للأراضي المشمولة في مخططات التطوير مثل: مناطق التوسع الحضري أوالتجاري أوالزراعي.
- المواقع الداخلة ضمن حيز القرى أو الحيز البحري أو مسارات الفيضانات إذا كانت معالجة النفايات أو التخلص منها قد تؤدي إلى تلوث المياه نتيجة تسرب السوائل إلى الأرض.
- المواقع التي تحتوي على نسبة عالية من المياه الجوفية لا سيما في المناطق التي تُستخدم فيها تلك المياه لأغراض الزراعة أو الشرب.
- المواقع الموجودة في أماكن شديدة الانحدار.
- المواقع الموجودة ضمن المناطق الأثرية التاريخية أو المحميات الطبيعية أو المحميات البيئية.
- المناطق المتاخمة للمطارات الخاضعة لتصنيف الهيئة العامة للطيران المدني.
- أي منطقة أخرى تعدها الجهات المختصة غير صالحة لإنشاء مرفق بها لمعالجة النفايات والتخلص منها.

٥-١ متطلبات البنية التحتية للموقع الخاص بمرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات:

٥-١-١ تحديد الموقع - اعتبارات عامة

يجب تكوين وتنظيم مرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات وفقاً للاستخدامات المتوقعة للأرض الموجودة داخلها، وهذا الشكل من التنظيم والتخطيط المكاني يعرف باسم "تقسيم المناطق".[5]

يساعد تقسيم المناطق على استغلال المساحات المتاحة بالموقع، على تركيز البنية التحتية للمرافق واستخدامها، مثلاً ما يتعلق بجمع النفايات ومعالجتها وشبكات النقل الداخلية وغيرها من وسائل الراحة. كما يسهل تقسيم المناطق، حركة مرور المركبات والمشاة من خلال تمكين أنماط حركة واضحة.

تُعد خرائط تقسيم محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات بناءً على عوامل الموقع الرئيسية، مثل شكل الحدود (المحيط) وخصائص الموقع المادية، وتوافر المساحة، والاعتبارات البيئية والظروف المناخية، ومسائل التوافق والمناطق المحيطة وإمكانية الوصول، والمسائل المتعلقة بالنقل والرؤية.

يُعد استخدام الأراضي الحالية والمجاورة أيضاً من الاعتبارات الحاسمة في اتخاذ قرار بشأن استخدامات الأراضي، وتقسيم المناطق القريبة والمستقبلية في الموقع.

يمكن تصميم المناطق داخل مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات، بطريقة تشجع التكافل الصناعي على استخدام المواد، والمياه الصناعية، ومنتجات الطاقة الثانوية.

يمكن تحسين كفاءة الطاقة بتحفيز وتسهيل "تكافل الطاقة" والتعاون بين السكان. ويمكن نقل الطاقة الفائضة (كالحرارة والبخار والماء الساخن، وما إلى ذلك) من مرفق إلى شركات أخرى، داخل مجتمعات المعالجة البيولوجية للنفايات أو المجتمعات السكنية المجاورة.

يُعدّ الفصل بين الأنشطة الملوثة وغير الملوثة ممارسة أخرى من ممارسات التقسيم السليم للمناطق.

يجب أن تندرج خطة المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات ضمن المخططات المعتمدة بوصفها مناطق صناعية، وأن تتناسب مع حجم العمل وكمية الإنتاج، وفقا للمناطق المعتمدة في الخطط الصناعية.

٥-١-٢ تصريف المياه السطحية

تُجمع المياه السطحية الناتجة عن جريان المياه الجوفية من كتلة النفايات وتصريف مياه الأمطار، وإدارتها بشكل منفصل. وتُنقل المياه الملوثة إلى وحدة معالجة، بينما يتم التخلص من مياه الأمطار في مجرى طبيعي.

ولضمان سلامة المياه السطحية، يجب مراعاة تصميم نظام التصريف قبل مرحلة التطوير، وفحص أنظمة التصريف على فترات سنوية طوال العمر التشغيلي للمرفق.

٥-١-٣ الخدمات والمرافق

يجب توفر الخدمات والمرافق والمعدات المناسبة الآتي ذكرها، في كامل محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات، من أجل ضمان صحة وسلامة الموظفين في الموقع، وللتحكم في العمليات[6]:

- الإمداد المائي:
  - كمية كافية من المياه الصالحة للشرب وغير الصالحة للشرب، مع شبكات توزيع منفصلة.

[5] (منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية "اليونيدو"، المبادئ التوجيهية الدولية للمناطق الصناعية، ٢٠١٩)
[6] (منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية "اليونيدو"، المبادئ التوجيهية الدولية للمناطق الصناعية، ٢٠١٩)

- محطة ضخ المياه.

- الإمداد بالطاقة:
  محطات توزيع فرعية في مواقع استراتيجية، مع شبكة من الكابلات تحت الأرض أو خطوط علوية.

- إضاءة الشوارع:
  - إضاءة تقليدية أو تعمل بالطاقة الشمسية.
  - إضاءة ذكية موفرة للطاقة.

- الصرف الصحي:
  - أنظمة تجميع وتخزين مياه الصرف الصحي والنفايات السائلة.
  - أنظمة إزالة الملوثات من مياه الصرف ومياه الأمطار الجارية، من خلال المعالجة الأولية للنفايات السائلة.
  - نظام توزيع المياه المعالجة والمعاد تدويرها.

- تكنولوجيا المعلومات والاتصالات السلكية واللاسلكية والخدمات التي تدعم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات:
  - خدمات واي فاي وإنترنت عالية السرعة.
  - نظام بنية تحتية قوي للبيانات.
  - نظام اتصالات داخل مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات.

- السلامة والأمن:
  - مركز رعاية صحية ومنشآت طبية.
  - مركز الاستجابة للطوارئ، مثل: الحوادث، والإسعافات الأولية، والحرائق والمخاطر الكيميائية والحوادث الأمنية والكوارث الطبيعية والأزمات، وما إلى ذلك.
  - البنية التحتية للسلامة العامة، بما في ذلك أنظمة المراقبة والكاميرات.

٥-١-٤ السياج والحماية

يجب إنشاء سياج لا يقل ارتفاعها عن مترين حول محيط مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات بالكامل، للحد من التعدي على الموقع، مع وضع لافتات مناسبة عند مدخل الموقع لردع المتسللين، وتوفر حاجز للمرفق، وتحديد خطوط الملكية، وتوفر تحكم في تبعثر النفايات.

٥-١-٥ منطقة عوادم النفايات

يجب توفر مساحة من الموقع بعيدة عن المناطق الرئيسة التي يتردد عليها الأفراد، تسمح بالفصل المؤقت لحمولات النفايات المشبوهة أو المحترقة أو غير المقبولة التي تدخل الموقع، مع تمييز هذه المنطقة بوضوح بالإشارة إلى الغرض المطلوب منها لضمان عدم خلط مواد النفايات بغير قصد. ويجب توافر معدات مكافحة الحريق في حالة احتراق حمولات النفايات.

٥-١-٦ الترخيص

تتناول الضوابط والأدلة الفنية لتصريح وترخيص الأنشطة والمرافق؛ الأمور المتعلقة بترخيص المرافق.

٦- متطلبات التصميم وأفضل التقنيات المناسبة المطبقة على محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية

٦-١ محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية التي تستخدم التجفيف الحيوي الهوائي

٦-١-١ عملية المعالجة

تجمع المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات المختلطة- من خلال التجفيف الحيوي- بين الأساليب التقنية، لاسترداد المواد القابلة للتدوير من مجرى النفايات المختلطة، وإنتاج الوقود المشتق من النفايات (RDF) أو الوقود المسترد الصلب (SRF) مع مجرى النفايات غير المستردة، لاستخدامه في أغراض استرداد الطاقة.

٦-١-١-١ المدخلات

تعد النفايات الصلبة البلدية المجمعة المختلطة بما في ذلك النفايات التجارية؛ هي المادة الأولية الأساسية لمرافق نفايات التجفيف الحيوي للمعالجة الميكانيكية البيولوجية، وأيضاً النفايات المنزلية القابلة للاستيعاب من النفايات الصناعية مناسبة لتكون ضمن المدخلات.

٦-١-١-٢ وصف العملية

تتكون عملية مرافق التجفيف الحيوي للمعالجة الميكانيكية البيولوجية على أربع خطوات:

الخطوة الأولى: الاستلام/ تخزين ما قبل المعالجة.

الخطوة الثانية: المعالجة الميكانيكية.

الخطوة الثالثة: المعالجة البيولوجية - التجفيف الحيوي.

الخطوة الرابعة: التكرير والتخزين بعد المعالجة.

الاستلام

تبدأ العملية بتسليم النفايات المختلطة إلى منطقة الاستقبال، ثم تسجيل خصائصها: نوع النفايات المختلطة، مستوى النفايات العضوية وما إلى ذلك. من خلال المعاينة البصرية ووزن النفايات باستخدام مقياس.

يجب أن تحظى منطقة الاستلام بسعة إجمالية تسمح بمعالجة المواد المستلمة. ونظرًا لاحتواء النفايات المختلطة على مكوّن عضوي، فمن المحتمل تكوّن المادة المرتشحة بشكل عام أثناء التخزين المسبق للنفايات قبل المعالجة، والأولوية لتدويرها من أجل معالجتها قدر الإمكان. ولذلك يجب أن تجهز منطقة الاستلام بنظام تصريف وتجميع للمواد المرتشحة. ويُنصح أيضاً بأن يكون المبنى منخفضاً لتجنب انبعاث الروائح إلى الخارج.

المعالجة الميكانيكية

تتضمن المعالجة الميكانيكية سلسلة من العمليات التقنية لفصل الأجزاء غير العضوية والعضوية، وكذلك استرداد المواد القابلة للتدوير.

قد تختلف المعالجة الميكانيكية؛ من عملية تمزيق وتدوير بسيطة، إلى نظام معقد يشمل التمزيق والتدوير والاستخراج المغناطيسي وفصل التيار الدوامي والفصل القريب من الأشعة تحت الحمراء والفصل البصري أو الفصل البالستي.

تلك العمليات موضحة فيما يلي:

- فتح أكياس النفايات (عند الحاجة) على سبيل المثال: آلات التمزيق والتقطيع.
- استخراج النفايات كبيرة الحجم/ المكونات غير المرغوب فيها التي قد تعيق المعالجة اللاحقة.
- تحسين حجم الجسيمات للمعالجة اللاحقة، وفصل المواد القابلة للتحلل الحيوي في التدفقات السفلية للغربلة الأولية، لإتاحة إرسالها إلى عملية المعالجة البيولوجية، باستخدام الغرابيل مثلاً.
- فصل المواد ذات القيمة الحرارية العالية (مثل المنسوجات والورق والبلاستيك) في فائض الغربلة الأولية، لإتاحة إرسالها لتُستخدم في إنتاج الوقود، وكذلك فصل المواد المناسبة لاسترداد المواد الإضافية، عن طريق فصل الهواء مثلاً.
- تجانس المواد المخصصة للمعالجة البيولوجية.

<u>التجفيف البيولوجي</u>

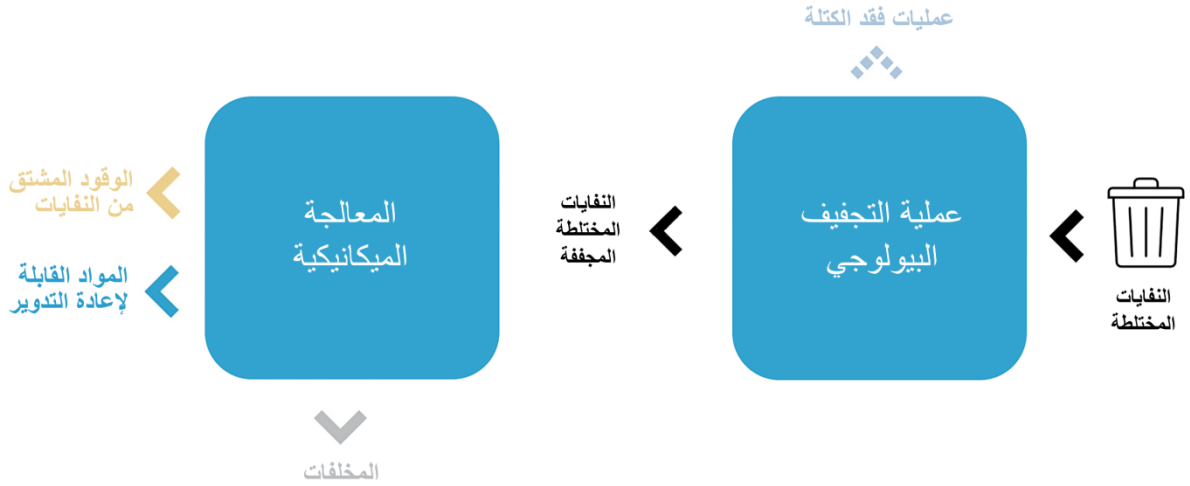
في هذه المرحلة، تخضع نفايات المعالجة الميكانيكية السابقة، مع الأجزاء العضوية والنفايات الأخرى (كالنفايات كبيرة الحجم القابلة للاحتراق) لعملية تحلل في ظل ظروف هوائية، لأجزاء النفايات الأكثر قابلية للتحلل الحيوي (الكربوهيدرات والبروتينات والدهون من النفايات العضوية) باستخدام الطاقة المنبعثة على شكل حرارة، لتبخير الرطوبة، وبالتالي تجفيف النفايات.

بشكل عام، تُجرى معالجة مسبقة- قبل عملية التجفيف البيولوجي- بتكسير المواد باستخدام أنظمة التمزيق والتقطيع، وذلك لتجانسها وزيادة سطح تلامس النفايات مع تدفق الحرارة. وتكون السيور الناقلة أو الرافعات العلوية هي وسيلة النقل بين العمليات.

ويمكن وضع مرحلة التجفيف البيولوجي في بداية المعالجة الميكانيكية البيولوجية بأكملها، وذلك حسب تكوين وطبيعة المادة الأولية. فقد يؤدي التجفيف البيولوجي المبكر للنفايات المختلطة، إلى لزيادة أداء الفرز الميكانيكي اللاحق، بناءً على فصل بعض المواد المخلوطة داخل النفايات المختلطة، بسبب التدفق الحراري الذي يسهل الفرز والاسترداد.

يعرض الشكل التالي مخططاً بيانياً لكلا الخيارين:

الشكل ٦-٠: مخطط عملية سير التجفيف البيولوجي للمعالجة الميكانيكية البيولوجية - الخيار الأول.

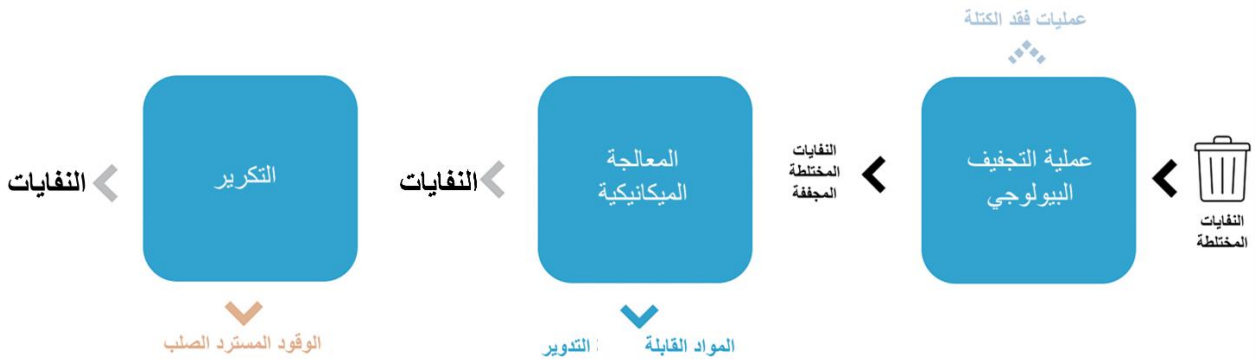


الشكل ٦-٠: مخطط عملية سير التجفيف البيولوجي للمعالجة الميكانيكية البيولوجية - الخيار الثاني.

التكرير

تتمثل الخطوة الأخيرة في المعالجة الميكانيكية البيولوجية، في إتمام معالجة المنتج، وذلك لإنتاج أحد نوعين من الوقود: مواد الوقود المشتق من النفايات، أو الوقود المسترد الصلب. ويكمن الفرق الرئيسي بينهما في مستوى التكرير الذي ينبع من تكوين وخصائص الوقود. الوقود المشتق من النفايات عبارة عن مادة خام نسبياً ذات قيمة حرارية منخفضة إلى متوسطة، ومستويات أعلى من حيث الرطوبة وحجم الجسيمات من الوقود المسترد الصلب. أما الوقود المسترد الصلب، فهو مورد أكثر تكريراً، يتم إنتاجه عادةً وفق مواصفات جودة محددة وقيود على المكونات مثل الكلور أو الكبريت، ويتمتع بسعر أعلى، وقبول أكبر من قبل المتعهدين. تتضمن مرحلة التكرير استخراج المواد غير المناسبة: الزجاج، والأحجار، والرمال، والمعادن الحديدية وغير الحديدية، من خلال نظام الفصل المغناطيسي ونظام التيار الدوامي على التوالي.

الشكل ٦-٠: مخطط عملية سير التكرير للمعالجة الميكانيكية البيولوجية - الخيار الأول



الشكل ٦-٠: مخطط عملية سير التكرير للمعالجة الميكانيكية البيولوجية - الخيار الثاني.

التخزين

يُخزن الوقود المشتق من النفايات، والوقود المسترد الصلب، والمواد القابلة للتدوير المسترد من خلال العملية، داخل المرافق قبل نقلها إلى المتعهد النهائي أو للمعالجة الإضافية.

٦-١-٢ النواتج (المعايير والسوق وما إلى ذلك)

الناتج الأساسي من عملية التجفيف البيولوجي للمعالجة الميكانيكية البيولوجية، هو المادة القابلة للاحتراق (الوقود المشتق من النفايات أو الوقود المسترد الصلب) ويمكن استخدامه لأغراض استرداد الطاقة في العديد من الصناعات، مثل مصانع الإسمنت أو مرافق تحويل النفايات إلى طاقة.

الناتج الآخر هو تدفق المواد القابلة للتدوير، المحتمل استردادها في العملية الميكانيكية للمعالجة الميكانيكية البيولوجية، لمواد مثل المعادن الحديدية وغير الحديدية والبلاستيك. وتعتمد كمية ونوعية التدفق كلياً على تكوين النفايات المختلطة.

بشكل عام، يمكن توقع انخفاض أداء الاسترداد، مع انخفاض النسبة المئوية للمواد القابلة للتدوير في التكوين الإجمالي.

وأخيراً، يتم الحصول على تدفق من الخامات الدقيقة والمواد الخاملة غير العضوية في شكل نفايات.

الجدول ٦-٠: تقنيات المعالجة بالتجفيف البيولوجي الخاص بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية.

تقنية المعالجة	النواتج
المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام التجفيف البيولوجي الهوائي	الوقود المشتق من النفايات أو الوقود المسترد الصلب
	المواد القابلة للتدوير، تختلف وفق تكوينها، وهي المعادن الحديدية وغير الحديدية والبلاستيك.
	الخامات الدقيقة والمواد الخاملة غير العضوية (تدفق النفايات)

٦-٢ المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الاستقرار الهوائي

٦-٢-١ عملية المعالجة

تجمع المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات المختلطة- من خلال الاستقرار- بين الأساليب التقنية، لاسترداد المواد القابلة للتدوير من تدفق النفايات المختلطة، وبين إنتاج مادة مستقرة بيولوجياً، لاستخدامها في تعديل التربة منخفضة الجودة، أو في الاستخدامات البديلة مثل جوانب مرادم النفايات.

٦-٢-١-١ المدخلات

تعد النفايات المختلطة من النفايات البلدية والتجارية، المادة الأولية الأساسية لمرافق نفايات الاستقرار الهوائي للمعالجة الميكانيكية البيولوجية، وأيضاً النفايات المنزلية القابلة للاستيعاب من النفايات الصناعية مناسبة لتكون ضمن المدخلات.

٦-٢-١-٢ وصف العملية

تتكون عملية مرافق التجفيف الحيوي للمعالجة الميكانيكية البيولوجية من أربع خطوات:

الخطوة الأولى: الاستلام/ تخزين ما قبل المعالجة.

الخطوة الثانية: المعالجة الميكانيكية.

الخطوة الثالثة: الاستقرار الهوائي.

الخطوة الرابعة: التكرير والتخزين بعد المعالجة.

الاستلام

تبدأ العملية بتسليم النفايات المختلطة إلى منطقة الاستقبال، ثم تسجيل خصائصها: نوع النفايات المختلطة، مستوى النفايات العضوية وما إلى ذلك. من خلال المعاينة البصرية، ووزن النفايات باستخدام مقياس.

يجب أن تحظى منطقة الاستلام بسعة إجمالية تسمح بمعالجة المواد المستلمة، فيتم إنتاج المادة المرتشحة بشكل عام أثناء التخزين المسبق للنفايات قبل المعالجة، والأولوية لتدويرها من أجل معالجتها قدر الإمكان، لذلك يجب أن تجهز منطقة الاستلام بنظام تصريف وتجميع للمواد المرتشحة. ويُنصح أيضاً بأن يكون المبنى منخفضاً لتجنب انبعاث الروائح إلى الخارج.

المعالجة الميكانيكية

تتضمن المعالجة الميكانيكية سلسلة من العمليات التقنية، بهدف فصل الأجزاء غير العضوية والعضوية، وكذلك استرداد المواد القابلة للتدوير. أولاً، يتم فرز النفايات المختلطة لفصل الأجزاء العضوية من تدفق النفايات الرئيسي باستخدام غرابيل. ثم يتم فرز تدفق النفايات المتبقية ميكانيكياً، باستخدام عدد من الطرق، لفصل أي مادة قابلة للتدوير. وقد يتم الفرز بالجاذبية للمواد الخفيفة، وأجهزة الفصل المغناطيسية والتيار الدوامي، وغربلة الزجاج المكسور، وأجهزة الفصل البصرية. ثم تُصنف أي مادة متبقية غير عضوية أو قابلة التدوير ك"نفايات".

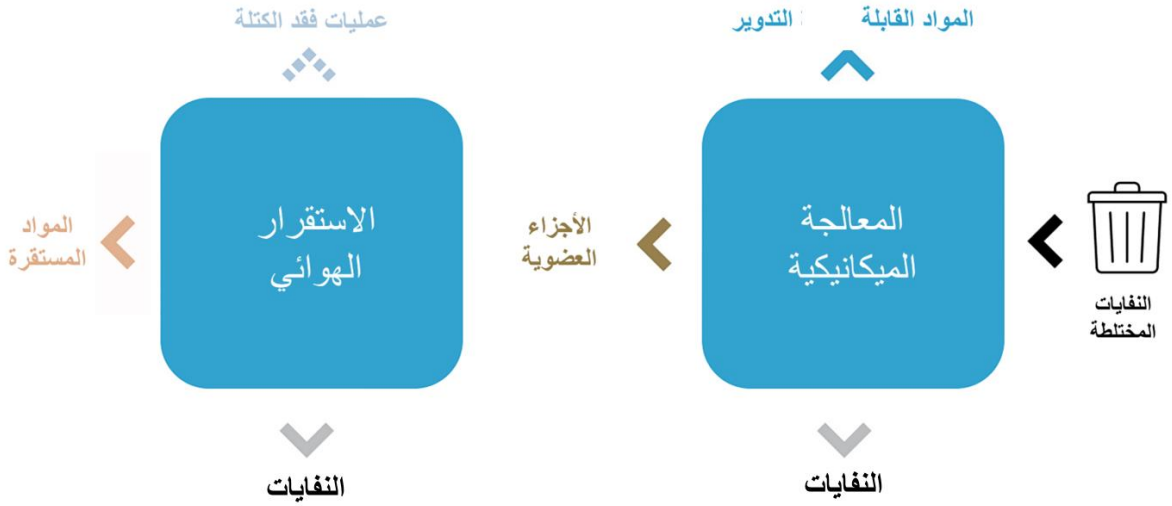
الاستقرار الهوائي

في هذه المرحلة، تخضع الأجزاء العضوية من النفايات المختلطة التي نفذت من الغرابيل في مرحلة المعالجة الميكانيكية، لعملية تحلل، في ظل ظروف هوائية، للأجزاء الأكثر قابلية للتحلل الحيوي من النفايات (الكربوهيدرات والبروتينات والدهون من النفايات العضوية) باستخدام الطاقة المنبعثة على شكل حرارة لتبخير الرطوبة، وبالتالي تجفيف النفايات.

تخضع عملية الاستقرار لنفس مبادئ التسميد، ولكنها تُطبّق على أجزاء عضوية أكثر تلوثاً، والتي لا يُمكن عادةً إنتاج سماد عضوي عالي الجودة منها لاستخدامه في الأراضي الزراعية. ويجب أن تضمن أي عمليات تقنية متبعة لتنفيذ استقرار المواد التهوية الصحيحة وخلطها لتحقيق الاستقرار المناسب للنفايات المختلطة.

بشكل عام، تُجرى المعالجة المسبقة قبل عملية تحقيق الاستقرار وتتضمّن هذه المعالجة المُسبقة تكسير المواد باستخدام أنظمة تمزيق وتقطيع لتجانسها، وذلك لتسهيل عملية تحقيق الاستقرار. وتُستخدم السيور الناقلة أو الرافعات العلوية لنقل النفايات بين مراحل المعالجة المُختلفة."

يعرض الشكل التالي مخططاً بيانياً للعملية الموضحة أعلاه:



الشكل ٦-٠: مخطط عملية سير المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الاستقرار الهوائي.

+ملاحظة: تتناول هذه الضوابط والأدلة الفنية مرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية بوصفها عملية واحدة، حيث تمت مناقشة أي تفاصيل عن المعالجة البيولوجية كعملية قائمة بذاتها في إرشادات فنية أخرى[7] وبالتالي لم يتم تناولها بهذه الوثيقة.

<u>التكرير</u>

تتمثل الخطوة الأخيرة في عملية المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الاستقرار الهوائي؛ في وضع اللمسات الأخيرة على المنتج والمادة المستقرة حيوياً. وتتضمن مرحلة التكرير استخراج المواد غير المناسبة: الزجاج والأحجار والرمال، والمعادن الحديدية وغير الحديدية، من خلال نظام الفصل المغناطيسي ونظام التيار الدوامي، على التوالي. وتعتمد مرحلة التكرير على المتطلبات والمعايير المتوقعة للاستخدام المحتمل للناتج.

٦-٢-٢ النواتج (المعايير والسوق وما إلى ذلك)

الناتج الأساسي من عملية الاستقرار الخاصة بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية، هو المادة المستقرة بيولوجياً، ويمكن استخدام هذه المادة في جوانب مرادم النفايات، مثل مرادم النفايات، أو لأغراض مواد التغطية، أو كسماد منخفض الجودة، اعتماداً على مستوى المحتوى وطبيعة وخصائص الأجزاء العضوية في النفايات المختلطة الواردة. وتعتمد الاستخدامات المحتملة لهذا الناتج على ظروفه التشريعية وظروف السوق.

[7] دليل الضوابط والأدلة الفنية للمعالجة البيولوجية للنفايات

ويتم أيضاً الحصول على المواد البلاستيكية والنفايات غير العضوية الأخرى غير المناسبة للاستقرار البيولوجي، وإنتاج الأجزاء العضوية المنفصلة والمعالجة.

الناتج الآخر، هو تدفق المواد القابلة للتدوير، المحتمل استردادها في المنهجية المتبعة للمعالجة الميكانيكية البيولوجية، لمواد مثل المعادن الحديدية وغير الحديدية والبلاستيك، والورق/ الكرتون الممدد بدرجة أقل. وتعتمد كمية ونوعية هذا التدفق بشكل كامل على تكوين النفايات المختلطة. بشكل عام، يمكن توقع انخفاض أداء الاسترداد مع انخفاض النسبة المئوية للمواد القابلة للتدوير في التكوين الإجمالي.

وأخيراً، يتم الحصول على تدفق من الخامات الدقيقة والمواد الخاملة غير العضوية في شكل نفايات.

الجدول ٦-٠: تقنيات المعالجة الخاصة بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الاستقرار الهوائي.

تقنية المعالجة	النواتج
المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الاستقرار الهوائي	الأجزاء العضوية المفصولة والمعالجة أو النفايات المستقرة بيولوجياً.
	البلاستيك والنفايات غير العضوية الأخرى غير المناسبة للاستقرار البيولوجي، وإنتاج الأجزاء العضوية المفصولة والمعالجة.
	المواد القابلة للتدوير، تختلف وفق تكوينها، إلا المعادن الحديدية وغير الحديدية والبلاستيك.
	الخامات الدقيقة والمواد الخاملة غير العضوية (تدفق النفايات)

٦-٣ المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الهضم اللاهوائي

٦-٣-١ عملية المعالجة

تجمع المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات المختلطة- من خلال الهضم اللاهوائي- بين الأساليب التقنية، لاسترداد المواد القابلة للتدوير من تدفق النفايات المختلطة، وإنتاج الغاز الحيوي، لاستخدامه المحتمل في أغراض استرداد الطاقة والمواد المتبقية من الهضم اللاهوائي المستقرة حيوياً استقراراً جزئياً، لاستخدامها في تعديل التربة منخفضة الجودة بعد عملية تحقيق استقرار المواد.

٦-٣-١-١ المدخلات

تُعدّ النفايات المختلطة من النفايات البلدية والتجارية، هي المادة الأولية الأساسية لمرافق نفايات الاستقرار الهوائي للمعالجة الميكانيكية البيولوجية. كما تُعدّ النفايات المنزلية القابلة للاستيعاب من النفايات الصناعية مناسبة أيضًا لتكون ضمن المدخلات.

ويجب عند تكوين الهضم اللاهوائي الخاص بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية، فصل الأجزاء غير العضوية بكفاءة عالية قبل الهضم. على عكس التحلل البيولوجي الهوائي، إذ لا يمكن أن يقبل الهضم اللاهوائي تلوثاً كبيراً للأجزاء العضوية.

٦-٣-١-٢ وصف العملية

تتكون عملية مرافق التجفيف البيولوجي الخاص بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية من أربع خطوات:

الخطوة الأولى: الاستلام.

الخطوة الثانية: المعالجة الميكانيكية.

المرحلة الثالثة: الإعداد.

الخطوة الرابعة: الهضم.

الخطوة الخامسة: الاستقرار والتكرير.

الاستلام

تبدأ العملية بتسليم النفايات المختلطة إلى منطقة الاستقبال، ثم تسجيل خصائصها: نوع النفايات المختلطة، مستوى النفايات العضوية وما إلى ذلك. من خلال المعاينة البصرية ووزن النفايات باستخدام مقياس.

يجب أن تتمتّع منطقة الاستلام بسعة إجمالية كافية لاستيعاب ومعالجة المواد المستلمة. تُنتج المادة المرتشحة خلال تخزين النفايات. من أجل الاستخراج، يجب أن تكون منطقة الاستلام مزودة بنظام تصريف وتجميع المواد المرتشحة. وتعطى الأولوية للتدوير هذه المواد المرتشحة حتى تتم معالجتها بقدر الإمكان. كما ويُنصح أيضًا بأن يكون المبنى منخفضاً لتجنب انبعاث الروائح إلى الخارج.

المعالجة الميكانيكية

تتضمن المعالجة الميكانيكية سلسلة من العمليات التقنية، بهدف فصل الأجزاء غير العضوية والعضوية، وكذلك استرداد المواد القابلة للتدوير. أولاً، يتم فرز النفايات المختلطة لفصل الأجزاء العضوية من تدفق النفايات الرئيس باستخدام غرابيل. ثم فرز تدفق النفايات المتبقية ميكانيكياً، باستخدام عدة طرق، لفصل أي مادة قابلة للتدوير. وقد يتم الفرز بالجاذبية للمواد الخفيفة، وأجهزة الفصل المغناطيسية والتيار الدوامي، وغربلة الزجاج المكسور، وأجهزة الفصل البصرية. ثم تُصنف أي مادة متبقية غير عضوية أو قابلة للتدوير كـ"نفايات".

التحضير

يتم بعد ذلك تحضير الأجزاء العضوية من النفايات المختلطة لمعالجتها من خلال فصل المواد والمعالجة المسبقة، يتم ذلك لتحسين عملية الهضم. يتم استخراج المواد مثل البلاستيك (بما في ذلك الأكياس البلاستيكية القابلة للتحلل البيولوجي) والمعادن والمكونات كبيرة الحجم يدوياً من النفايات. يتم بعد ذلك إجراء تقليل الحجم للحصول على مواد أكثر تجانساً، مما يسهل عملية الهضم اللاهوائي، من خلال آلات القطع اللولبي أو الطحن أو التقطيع. كجزء من عملية المعالجة المسبقة، يمكن إجراء التحلل الهوائي الأولي على مدى يومين إلى أربعة أيام من أجل تحسين تكسير المواد وتسخين الطبقة التحتية. يمكن إجراء ذلك في صناديق التخمير أو في وحدات هضم أولية منفصلة (مثل أنفاق التسميد مع أنفاق التهوية القسرية). يقلل تسخين الطبقة التحتية من استهلاك الطاقة اللازمة لتسخين الهاضم. يقلل هذا من كمية المواد العضوية للمعالجة اللاهوائية، لكنه يزيد من إنتاج الغاز الحيوي. علاوة على ذلك، نظراً لأن الهضم اللاهوائي قدرته محدودة في تحلل السليلوز والهيميسليلوز واللجنين، فإن طرق المعالجة المسبقة (سواء كانت فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية) تكون مفضلة.

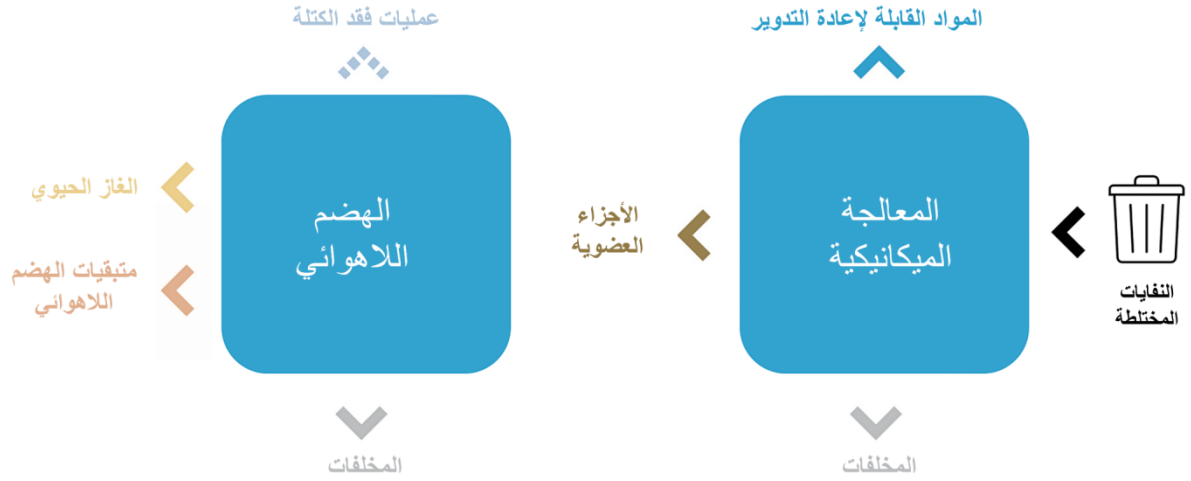
الهضم

في هذه المرحلة، تخضع الأجزاء العضوية من النفايات المختلطة، التي تم فصلها من خلال الغرابيل في مرحلة المعالجة الميكانيكية، لعملية تحلل، في ظل ظروف لاهوائية، للأجزاء الأكثر قابلية للتحلل الحيوي من النفايات (الكربوهيدرات والبروتينات والدهون من النفايات العضوية).

وتعتمد عملية الهضم اللاهوائي على مراحل متتالية، وهي (التحلل المائي، تكوين الأحماض، تكوين الأسيتات، تكوين الميثان) مع مراعاة العديد من عوامل التشغيل التي يجب التحكم فيها ومراقبتها (درجة الحرارة، درجة الحموضة، معدل التحميل، زمن الاحتفاظ الهيدروليكي HRT، نسبة الكربون إلى النيتروجين، حجم الحبيبات).

بشكل عام، تُجرى المعالجة المسبقة قبل عملية تحقيق الاستقرار، بتكسير المواد عن طريق أنظمة تمزيق وتقطيع من أجل تجانسها. وتكون السيور الناقلة أو الرافعات العلوية هي وسيلة النقل بين العمليات.

يعرض الشكل التالي مخططاً بيانياً للعملية السابقة:

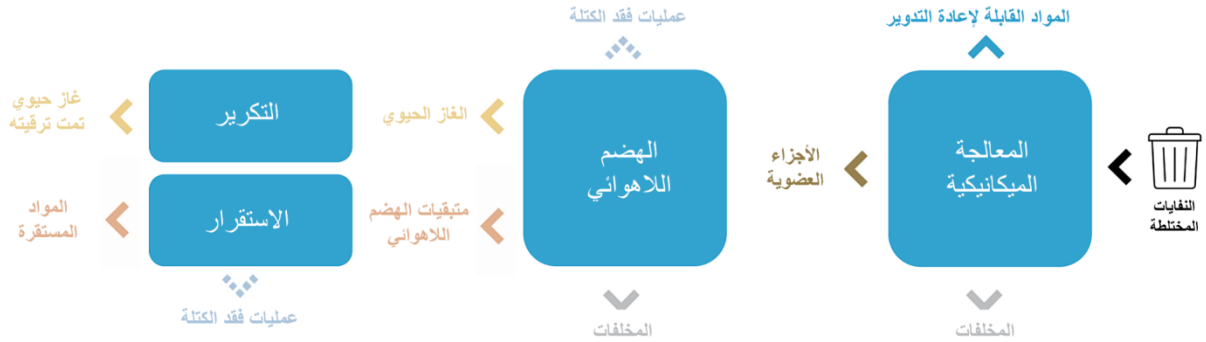


الشكل ١-٠: مخطط عملية سير المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الهضم اللاهوائي.

- +ملاحظة: تتناول هذه الضوابط والأدلة الفنية مرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية بوصفها عملية كاملة، حيث تمت مناقشة أي تفاصيل عن المعالجة البيولوجية كعملية قائمة بذاتها في إرشادات فنية أخرى، وبالتالي لم يتم تناولها في هذه الوثيقة.

<u>الاستقرار والتكرير</u>

تتمثل الخطوة الأخيرة في عملية المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الهضم اللاهوائي؛ في وضع اللمسات الأخيرة على المنتج، وذلك بالتطهير والإنضاج ومعالجة الغاز الحيوي. فيمكن اعتبار عملية التطهير مكتملة إذا تم إجراء الهضم الحراري، وإلا تكون بحاجة إلى مرحلة تطهير منفصلة. وقد تحتاج إلى الإنضاج (أو ما بعد التسميد) لأنه يقلل من محتوى الماء ويمنع تكون الميثان في المنتجات الصلبة المتبقية من الهضم اللاهوائي. فيمكن إجراؤه في صناديق أو أنفاق ذات أنظمة تهوية قسرية، وتستمر ما بين أسبوعين إلى ستة أسابيع حسب درجة الإنضاج المطلوبة. وأخيراً، تتم معالجة الغاز الحيوي لإزالة الرطوبة وتنظيف الغاز الحيوي والتأكد من إزالة كبريتيد الهيدروجين.



الشكل ٦-٠: مخطط عملية سير المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الاستقرار الهوائي.

٦-٣-٢ النواتج (المعايير والسوق وما إلى ذلك)

النواتج الأولية من عملية الهضم اللاهوائي الخاصة بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية، هي الغاز الحيوي ونفايات الهضم اللاهوائي. وللعلم، فإن خصائص المواد الأولية لها تأثيرات مهمة جداً على عملية الهضم اللاهوائي، وبالتالي تؤثر مباشرةً على إنتاج الغاز الحيوي وجودة نفايات الهضم اللاهوائي.

<u>الغاز الحيوي</u>

يتكون الغاز الحيوي أساساً من الميثان بنسبة ٥٠ - ٧٠٪، وثاني أكسيد الكربون بنسبة ٣٠ - ٥٠٪، وكميات صغيرة من الغازات الأخرى مثل كبريتيد الهيدروجين بنسبة ٥٠ - ٤٠٠٠ جزء في المليون.

الغاز الحيوي مشبع بالماء، ويتطلب استخدامه إزالة المياه، وكذلك كبريتيد الهيدروجين، لمنع التآكل. ويمكن استخدام الغاز الحيوي كأي غاز قابل للاحتراق؛ وحرقه للإمداد بالحرارة وإنتاج الكهرباء، ويمكن ترقية الغاز الحيوي إلى الميثان الحيوي عن طريق إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغاز الحيوي. ويمكن حقن الميثان الحيوي في شبكة توزيع الغاز الطبيعي، أو استخدامه كوقود لوسائل النقل بطريقة مماثلة للغاز الطبيعي المضغوط أو الغاز الطبيعي المسال.

<u>نفايات الهضم اللاهوائي</u>

يمكن استخدام نفايات الهضم اللاهوائي الصلبة كسماد عضوي، ومحسن للتربة بطريقة مماثلة للسماد. ومع ذلك، إذا كانت متبقيات الهضم اللاهوائي ملوثة بالمعادن الثقيلة، وهو ما قد يحدث مع حمأة الصرف الصحي كمادة أولية، فهنا تتطلب المتبقيات معالجة إضافية، وقد تكون استخداماتها محدودة (مادة مضافة للوقود المشتق المسترد منخفض القيمة الحرارية CV، أو مادة مضافة لترميم مرادم النفايات)، ويتم أيضاً الحصول على النفايات البلاستيكية والنفايات غير العضوية الأخرى غير المناسبة للهضم اللاهوائي.

الناتج الآخر هو تدفق المواد القابلة للتدوير، المحتمل استردادها في المنهجية المتبعة للمعالجة الميكانيكية البيولوجية، لمواد مثل الورق/ الكرتون، والمعادن والبلاستيك. وتعتمد كمية ونوعية هذا التدفق بشكل كامل على تكوين النفايات المختلطة. عمومًا، يمكن توقع انخفاض أداء الاسترداد مع انخفاض النسبة المئوية للمواد القابلة للتدوير في التكوين الإجمالي.

أخيراً، سيتم الحصول على تدفق من الخامات الدقيقة والمواد الخاملة غير العضوية في شكل نفايات.

الجدول ٦-٠: تقنيات المعالجة الخاصة بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الهضم اللاهوائي.

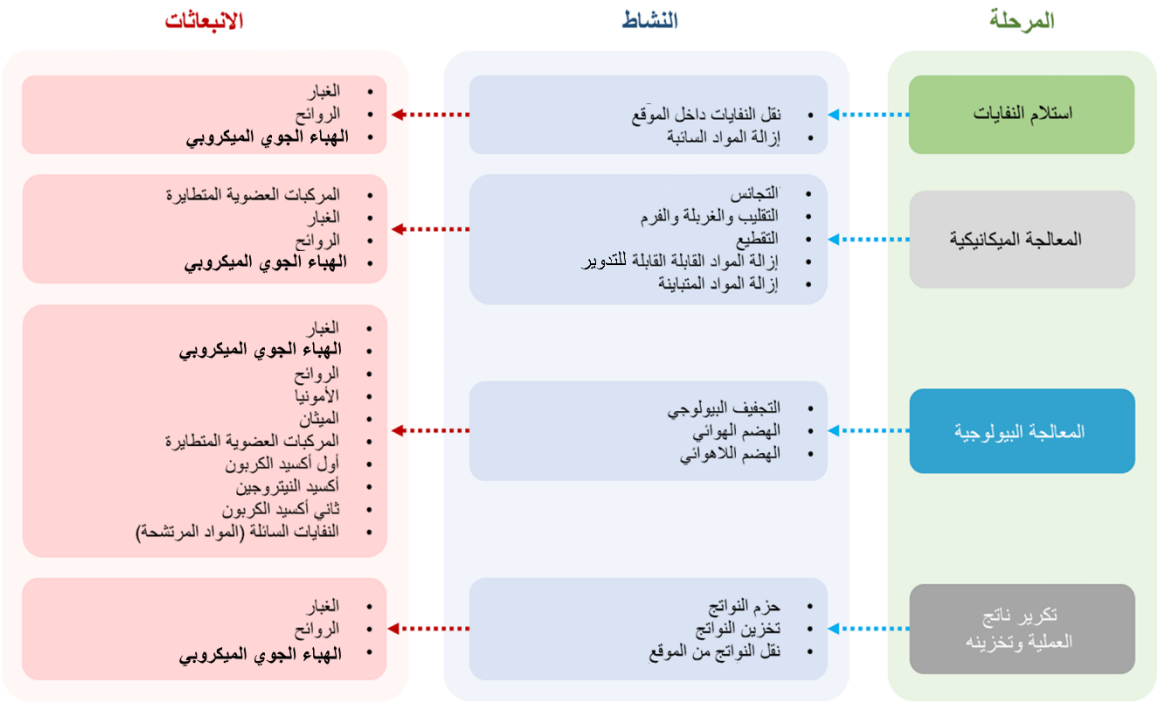
تقنية المعالجة	النواتج
المعالجة الميكانيكية البيولوجية باستخدام الهضم اللاهوائي	الغاز الحيوي.
	يحتمل تحويل نفايات الهضم اللاهوائي إلى سماد، وقد تستخدم كمادة مضافة للوقود المشتق المسترد منخفض القيمة الحرارية (CV) أو مادة مضافة لترميم مرادم النفايات.
	المواد البلاستيكية والنفايات غير العضوية الأخرى غير المناسبة للهضم اللاهوائي.
	المواد القابلة للتدوير، تختلف وفق تكوينها، وهي المعادن الحديدية وغير الحديدية والبلاستيك.

	الخامات الدقيقة والمواد الخاملة غير العضوية (تدفق النفايات).

٦-٤ تقنيات التحكم في الانبعاثات والوقاية منها

تنتج محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية انبعاثات أثناء تشغيلها، ويتأثر وجود هذه الانبعاثات وحجمها بتصميم المرافق وتشغيلها. وتنشأ مُعظم الانبعاثات من المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات القابلة للتحلل الحيوي، وتُشبه في طبيعتها انبعاثات عمليات التسميد أو الهضم اللاهوائي. ومع ذلك فإن المنتج النهائي عادةً ما يكون ملوثاً إلى حدٍّ يعيق استخدامه مرة أخرى. لذلك يفيد تطبيق أفضل التقنيات المتاحة لتنقية الأجزاء القابلة للاحتراق من أجل حرقها مع استرداد الطاقة.

وفقاً لمستند أفضل التقنيات المتاحة، تم تلخيص الانبعاثات المحتملة من المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات في الشكل أدناه.



الشكل ٦-٠: مصادر الانبعاثات المحتملة من عمليات المعالجة الميكانيكية البيولوجية.

في الفقرات التالية عرضٌ لأفضل التقنيات المتاحة وفقاً للمستندات[8]، للتحكم في الانبعاثات وتقليلها ومنعها:

- تقنيات لتقليل انبعاثات الروائح وتحسين الأداء البيئي العام للمعالجة البيولوجية.
- تقنيات لتقليل الانبعاثات في البيئة الهوائية.
- تقنيات لتقليل استخدام مياه الصرف الصحي والمياه.

[8] القرار التنفيذي للمفوضية (الاتحاد الأوروبي) ٢٠١٨/١١٤٧ الصادر في ١٠ أغسطس ٢٠١٨ الذي يحدد استنتاجات أفضل التقنيات المتاحة (BAT) لمعالجة النفايات، بموجب التوجيه EU/٢٠١٠/٧٥ والمستند المرجعي لأفضل التقنيات المتاحة لمعالجة النفايات، مركز الأبحاث المشترك (JRC)، المفوضية الأوروبية، ٢٠١٨.

٦-٤-١-١ تقنيات لتقليل انبعاثات الروائح وتحسين الأداء البيئي العام

تتمثل أفضل التقنيات المتاحة لتقليل انبعاثات الروائح وتحسين الأداء البيئي العام، في إجراء القبول المسبق والقبول، والفرز للنفايات، وفقاً لمستند أفضل التقنيات المتاحة.

الجدول ٦-٠: تقنيات لتقليل انبعاثات الروائح وتحسين الأداء البيئي العام.

	التقنية	الوصف
(أ)	معايير القبول (المسبق/ القبول) والفرز لمدخلات النفايات	- قد تشمل إجراءات القبول المسبق؛ إجراء المشغل عمليات تدقيق أولية على موردي المواد الأولية، لضمان تقديم النفايات باستمرار بطريقة مناسبة لعملية معالجة النفايات الخاصة بهم. وقد تتضمن حداً لعمر النفايات بحلول الوقت الذي تصل فيه إلى المرفق لمنع قبول المواد شديدة الرائحة. - اختيار مدخلات النفايات لضمان ملاءمتها لمعالجة النفايات. - زيادة جودة المواد الأولية إلى أقصى حد بما يتماشى مع المعالجة.
(ب)	إدارة التخزين	- يجب تصميم منطقة لتخزين المواد الأولية للنفايات المختلطة (النفايات المتبقية) بسطح غير قابل للنفاذية، مع توفر نظام تصريف محكم الغلق لمنع أي انسكاب يدخل إلى أنظمة التخزين أو يخرج من الموقع. فالتصميم يمنع تلوث المياه السطحية النظيفة. - تسمح منطقة التخزين أيضاً بالتفريغ والتنظيف الكامل، بما في ذلك التصريف للسماح بجمع المواد المرتشحة ومياه الغسيل ونقلها وتصريفها. تُعرض التقنيات الأخرى المتعلقة بالمرحلة التشغيلية، مثل وقت البقاء، في القسم ٧.
ج	المراقبة أو التحكم في البارامترات الأساسية للنفايات والعملية	- المراقبة أو التحكم في العوامل الأساسية للنفايات والعملية.

٦-٤-١-٢ تقنيات لتقليل الانبعاثات في البيئة الهوائية

تنقسم الانبعاثات في البيئة الهوائية من الملوثات، والمواد ذات الرائحة من محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية إلى:

- خاصة بالنفايات (النوع والتكوين والعمر).
- خاصة بالمعالجة (التحلل الهوائي، الهضم اللاهوائي).
- خاصة بالعملية (نوع التهوية).
- تعتمد على الإدارة التشغيلية.
- تتأثر بالأرصاد الجوية، وبالظروف المناخية في حالة المفاعلات المفتوحة.

تنشأ انبعاثات المرفق، بجانب انبعاثات المواد ذات الرائحة عند التسليم وأثناء المعالجة الميكانيكية، من المصادر التالية:

- التحلل الهوائي.
- الهضم اللاهوائي.
- معالجة هواء العادم/ غاز العادم.

نظرًا لكون المعالجة الميكانيكية البيولوجية مزيجاً من المعالجة الميكانيكية والمعالجة البيولوجية، تُعتبر التقنيات الموضحة في الضوابط والأدلة الفنية لتصميم مرافق استرداد المواد وإنشائها وتشغيلها، والضوابط والأدلة الفنية للمعالجة البيولوجية للنفايات، ذات صلة جزئية أو كاملة بالمعالجة الميكانيكية البيولوجية، وذلك اعتماداً على العمليات الفرعية المعنية (على سبيل المثال الهوائية أو اللاهوائية). لذلك يركز هذا القسم على الانبعاثات وتقنيات الوقاية المرتبطة بها، الخاصة بمحطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية فقط.

لتقليل الانبعاثات الموجهة إلى الهواء من الغبار والمركبات العضوية والمركبات ذات الرائحة، بما في ذلك كبريتات الهيدروجين والأمونيا، يجب استخدام أفضل التقنيات المتاحة، مثل:

	التقنية	الوصف
(أ)	فصل تدفقات الغازات العادمة	تقسيم مجمل مجرى غاز العادم إلى مجاري غازات عادمة ذات محتوى عالٍ من الملوثات، وأخرى ذات محتوى منخفض من الملوثات.
(ب)	تدوير الغاز العادم	تدوير غاز العادم ذي المحتوى المنخفض من الملوثات في العملية البيولوجية متبوعة بمعالجة غاز العادم بما يتناسب مع تركيز الملوثات. وقد يكون استخدام غاز العادم في العملية البيولوجية مقيداً بدرجة حرارة غاز العادم أو محتوى الملوثات. وفي بعض الحالات، قد يكون من الضروري تكثيف بخار الماء الموجود في غاز العادم قبل إعادة استخدامه. وفي هذه الحالة يكون التبريد ضرورياً، وتتم تدوير المياه المكثفة عندما يكون ذلك ممكناً أو معالجتها قبل التصريف.

٦-٤-١-٣ تقنيات تقليل المياه واستخدام المياه

توجد ثلاثة مصادر رئيسة لمياه الصرف الصحي الناتجة عن تشغيل محطات معالجة التسميد:

- المياه المرتشحة.
- مياه الغسيل المستخدمة في تنظيف المرفق والمعدات والأسطح.
- المياه السطحية المتدفقة على مناطق التخزين أو المعالجة، وقد تكون ملوثة.

تعتبر مياه الصرف الناتجة من الأسطح أو من المناطق التي لا تُستخدم لتخزين ومعالجة النفايات، مياهاً نظيفة، ويمكن تصريفها مباشرة إلى البيئة، ويمكن استخدامها للحفاظ على رطوبة النفايات أو تنظيف السيارات أو للنظافة الشخصية.

تُقدّم الضوابط والأدلة الفنية لتصميم مرافق استرداد المواد وإنشائها وتشغيلها شرحاً مُفصّلاً لأفضل التقنيات المُتاحة لمنع وتقليل الانبعاثات في الهواء الناتجة عن المعالجة الميكانيكية. أمّا الضوابط والأدلة الفنية للمعالجة البيولوجية للنفايات، فتتناول انبعاثات المكون البيولوجي للمعالجة الميكانيكية البيولوجية.

٧- التشغيل والصيانة

تتضمن الأقسام التالية مجموعة من التقنيات المطبقة على كافة محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية، من أجل تحسين الأداء العام بناءً على أفضل التقنيات المتاحة (BAT) بما في ذلك:

- إجراءات القبول المسبق للنفايات.
- تخزين النفايات.
- إجراءات التعامل مع النفايات ومناولتها.
- صيانة المرفق والمعدات.
- إدارة المنتج.

٧-١ إجراءات القبول المسبق للنفايات

يجب وضع إجراءات القبول المسبق للتقييم والتأكد من أن النفايات مناسبة من الناحية التقنية والتنظيمية لمحطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية. ويجب أن تَتَّبِع إجراءات القبول المسبق نهجاً قائماً على المخاطر، مع مراعاة ما يلي:

- مصدر النفايات وطبيعتها.
- المخاطر المحتملة على سلامة العمليات، والسلامة المهنية، وسلامة البيئة (مثل المخاطر الناتجة عن انبعاثات الروائح والانبعاثات الأخرى).
- معرفة مالك (مالكي) النفايات السابق.

يجب مشاركة معلومات كافية من منتج/ مولد النفايات، لتحديد وتَتَبُّع النفايات التي تصل إلى مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية. ويجب مشاركة المعلومات التالية على الأقل، وذلك باستخدام وسائل الاتصال المُحدّدة:

- تفاصيل منِتج النفايات، بما في ذلك اسم مؤسسته وعنوانها وطريقة الاتصال بها.
- وصف النفايات.
- رمز قائمة النفايات في اللائحة التنفيذية.
- مصدر النفايات.
- تكوين النفايات (بناءً على عينات تمثيلية إذا لزم الأمر).
- تقدير للكمية المتوقع إستلامها بكل حمولة وفي غضون عام.

قد تشمل إجراءات القبول المسبق أيضاً جمع عينات من النفايات، وتوصيفها لتحديد تكوينها.

يجب بعد تقييم النفايات وتصنيفها بشكل سليم، تقييم مدى ملاءمة النفايات للتخزين أو للمعالجة، في مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية من الناحية التقنية، للتأكد من استيفاء شروط التصريح.

٧-٢ تخزين النفايات

يُعدّ التحكّم في مدخلات النفايات في مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية، أحد أهم الخطوات التي ستؤثر على مجمل العمليات في المرفق، مما يؤثر مباشرةً على التلوث والإزعاج المحتمل، ومسائل بالصحة والسلامة، وجودة ناتج المواد، والجدوى العامة. ويجب أن تتوافق إجراءات التحكم في المدخلات مع متطلبات قبول النفايات، سواء فيما يتعلق بتصميم المرفق أو الترخيص ذي الصلة.

يجب عند الاستلام اتباع الإجراءات التالية بحد أدنى:

- وزن النفايات.
- مطابقة وصف النفايات مع المحتوى الفعلي، من خلال تقييم بصري في منطقة الفحص أو منطقة مردم النفايات. يمكن إجراء التقييم البصري قبل وبعد تفريغ النفايات.
- إذا لم يمكّن الفحص البصري مشغل المرفق من إجراء تحقق قاطع فيما يتعلق بتلوث الحمولة، فيلزم إجراء مزيد من الاختبارات.
- عمل سجل لكل دفعة، بما في ذلك نوع النفايات، وكميتها، ومصدرها وناقلها.

يجب تحديد المواد المقبولة والملوثات والعناصر المحظورة بوضوح لأي طرف متعاقد، وذلك لضمان جودة المدخلات.

ولا تؤدي العناصر المحظورة غير المستوفية لمعايير القبول إلى مشكلات في عملية المعالجة وناتج المواد فحسب، بل تسبب أيضاً صعوبات كبيرة للنظام، وتعرض العمال للخطر. ولذلك يتم الرفض الفوري لأي نسبة مئوية يتم اكتشافها داخل الحمولة.

فيما يلي قائمة غير شاملة من بعض العناصر المحظورة الشائعة:

- نفايات البناء والهدم.
- النفايات الطبية والحيوية.
- المتفجرات/ المواد القابلة للاشتعال/ المواد القابلة للاحتراق.
- النفايات السائلة.
- البطاريات.
- المواد المطلية بالسوائل، مثل الطلاء أو البترول أو المواد الكيميائية.

٣-٧ إجراءات التعامل مع النفايات ومناولتها

يجب تخزين النفايات ومناولتها بطريقة تضمن الوقاية من مخاطر التلوث والحد منها، وذلك باستخدام التدابير المناسبة. يتم التخزين في المناطق التي يقلّ فيها اللجوء إلى إجراءات المناولة. ويجب أن تتم مناولة النفايات بواسطة موظفين مؤهلين ومعتمدين وباستخدام معدات مناسبة.

يجب أن تقع مناطق التخزين داخل منطقة محمية أمنياً لمنع الوصول غير المصرح به. وأن تكون مغطاة لحمايتها من الظروف المناخية المحتملة مثل المطر أو الرياح أو العواصف الرملية.

يجب توثيق السعة التخزينية القصوى لمرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية ومناطق التخزين المخصصة بوضوح في نظام الإدارة. ومراقبة النفايات المخزنة مقابل السعات القصوى المسموح بها بانتظام حتى لا تتجاوزها.

يجب اتباع نهج "الوارد أولاً، يُصرف أولاً" ما لم يتطلب ارتفاع مخاطر التلوث إعطاء الأولوية للنفايات المستلمة حديثاً.

في حالة إنتاج المواد القابلة للاحتراق المشتقة من النفايات (الوقود المشتق من النفايات أو الوقود المسترد الصلب) بواسطة مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية، يجب تغليف البالات بإحكام بغشاء البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) أو مادة مماثلة له، لمنع دخول الماء وتجمع الآفات وانبعاث الرائحة. ويجب فحص البالات بانتظام وإعادة تغليف التالفة منها. وعند تغليفها بشكل آمن يتم تخزينها بالخارج (ما لم يمنع التصريح ذلك). أما عند تخزين البالات بالخارج، فيتم العمل بخطة الوقاية من الحرائق مع المخاطرالناتجة عن التسخين الشمسي أثناء الطقس الحار.

يجب تقليل مدة تخزين الوقود المشتق من النفايات والوقود المسترد الصلب قدر الإمكان، وذلك من خلال وضع نظام لتحديد البالات وذلك لتسهيل تتبّعها وإزالتها وفقاً لتاريخ إنتاجها. وإعداد عقد تصدير للاستخدام النهائي للوقود المشتق المسترد أو

الوقود المسترد الصلب قبل تصديره. ووضع حدّ معيّن للمخزون الاحتياطي بما يتماشى مع خطة الطوارئ، وتدابير استراتيجية التحويل المحتملة، وذلك بالتخلص من النفايات في المرادم.

يتم تضمين أي متطلبات إضافية للاستلام/ التخزين فيما يتعلق بعملية مرافق المعالجة الميكانيكية البيولوجية المحددة، في الأقسام الفرعية للمعالجة المحددة.

٧-٤ صيانة المرفق والمعدات

تُعد صيانة المرافق والمعدات عنصراً حاسماً في العمليات اليومية لمحطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية، لأنها تحافظ على مستويات الأداء وجودة المنتج.

يمكن أن تساعد بعض الاعتبارات المتعلقة باختيار المعدات في منع التآكل وخفض متطلبات الصيانة. على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي اختيار المعدات ذات التقنيات أو التجهيزات الأحدث المناسِبة للتعامل مع النفايات المتوقعة إلى تحسين الأداء وتبسيطه.

وفيما يتعلق بالعمليات الميكانيكية، تُعدُّ بعض المعدات مثل مرشحات الغرابيل، عُرضةً للانسداد بالبلاستيك وغيرها من المواد، مما يقلل من قدرتها على معالجة النفايات، ويؤدي ذلك إلى انخفاض جودة عملية الغربلة. ويعد التنظيف الصحيح للمرشحات مع تزييت كل أجزاء المعدات في الوقت المناسب أمراً ضرورياً للحفاظ على الأداء السليم. وعلى سبيل المثال، يمكن أن تواجه أجهزة الفرز البصري مشكلات في الأداء بسبب تراكم الغبار على العدسات. وفي حالة عدم صيانة المعدات بشكل صحيح، أو انخفاض أدائها، قد يتوقف العمل تمامًا، وهذا يعني خسارة في الإيرادات وزيادة في النفقات، بالإضافة إلى قيود بيئية مثل التسريبات والانسكابات وغيرها.

فيما يلي بعض الاعتبارات التي يجب اتّباعها لصيانة المرافق والمعدات بمرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية:

- إجراء الصيانة الوقائية المتكررة لمعدات المعالجة والتحكم (مثل التنظيف والتشحيم وغيرها).
- الإختبار الدوري لمعدات التخزين للبحث عن علامات تدهور السلامة الهيكلية.
- فحص المرفق بانتظام بحثاً عن الشقوق والمعدات البالية والتسريبات وما إلى ذلك.
- تنظيف الأرضيات والجدران بشكل متكرر.
- إزالة الفضلات عن فتحات التصريف.

يُعدّ إجراء الصيانة خارج ساعات العمل أمرًا ضروريًا لمنع تعطل المُعدّات، وكذلك لمنع الحاجة إلى صيانة المُعدّات أثناء تشغيلها، الأمر الذي قد يُشكّل مخاطر صحية جسيمة.

٧-٥ إدارة الناتج

يجب بعد فرز المواد، اتخاذ قرارات حول إمكانية معالجتها ميكانيكياً من أجل تقليل حجمها، مثلاً باستخدام آلة التقطيع أو المكبس.

تُستخدم آلات التقطيع بشكل شائع في معالجة النفايات العضوية، حيثُ تُساهم في زيادة مساحة سطح المواد العضوية، مما يزيد من تعرّضها للهواء، ويُسرّع عملية التحلل، ويُقلّل من الروائح، ويُعزّز الجفاف. وتُستخدم هذه الآلات بشكل شائع في الخطوات الأولية للتقنيات المُختلفة المُستخدمة في محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية، (التجفيف البيولوجي الهوائي، والاستقرار الهوائي والهضم اللاهوائي).

"المكابس" هي آلة تستخدم في ضغط النفايات المصنفة، مما يُحسّن كفاءة التخزين والنقل، ويُخفّض التكلفة، وذلك من خلال زيادة المساحة المُتاحة للتخزين وزيادة حجم كلّ حمولة. ويعد اختيار البالة جزءاً من إنشاء مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية، حيث يجب أن تلبي المواد المستردة القابلة للتدوير ضمن المعالجة الميكانيكية أو الوقود المشتق من النفايات/ الوقود المسترد الصلب الذي يتم إنتاجه، متطلبات السوق من حيث الحجم والكثافة والوزن. ويجب اختيار المواد التي يتمّ رزمها بعناية، حيث أن الاعتماد على مواد الإدخال وكفاءة العمليات، ورزم المواد ذات مستويات التلوث الكبيرة، مثل المواد المستردة القابلة للتدوير من النفايات المختلطة، في مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية، يمكن أن يؤدي إلى دفعات كبيرة من العناصر المفروزة التي فقدت أو انخفضت قيمتها السوقية بشكل كبير.

٨- اعتبارات الصحة والسلامة العامة في المرافق المرخصة للمعالجة الميكانيكية البيولوجية

٨-١ الصحة المهنية

تُعرّف مُتطلّبات الصحة والسلامة بأنّها اللوائح والإجراءات التي تهدف إلى منع وقوع الإصابات والحفاظ على صحة الموظّفين وغيرهم ممن قد يتأثّرون بأعمالهم. وتُشكّل الأنشطة العادية في مرفق استرداد المواد مخاطر على الصحة والسلامة، سواء للعاملين أو المُجتمعات المُجاورة أو البيئة، وقد تؤثّر هذه المخاطر ليس فقط على المعنيين مباشرة، بل على عدد أكبر بكثير من السكان.

يجب على المؤسسة أو إدارة المرفق الالتزام بما يلي:

- توفير غرف تغيير الملابس والمراحيض للنظافة الشخصية، وقاعة منفصلة لتناول الطعام والشراب.
- توفير معدات الحماية الشخصية، مثل البدلات وأحذية وقفازات السلامة والأقنعة والنظارات الواقية أو نظارات السلامة وأغطية الرأس، إذا لزم الأمر.
- تنفيذ برنامج الصحة والسلامة المهنية للذين يتعاملون مع النفايات، ويشمل ذلك:
  - الاحتفاظ بملف طبي خاص لكل موظف، شاملاً تواريخ الفحوصات واللقاحات التي تلقوها وأي نتائج أو تفاعلات (يجب الاحتفاظ بهذا الملف في مكان العمل).
  - الإبلاغ عن إصابات العمل، طبقاً للأنظمة المتبعة بالمملكة، يتم تسجيلها لكل موظف، وكل وظيفة، وكل موقع، وللمرفق بشكل عام.

يجب وضع كل الهياكل في منطقة مناسبة من الموقع، للسماح بالتحكم في الأنشطة اليومية، مع مراعاة جوانب الصحة والسلامة.

تشمل التدابير التشغيلية الإضافية المُوصَّى بها ما يلي:

- تزويد أدوات تقليب السماد بأغطية للأتربة ومعدات لحقن الرطوبة لتقليل انبعاث الغبار.
- المعالجة الفورية للنفايات العضوية المدخلة، لمنع اجتذاب القوارض والطيور والحشرات.
- التنظيف والتطهير المنتظم لمناطق المرفق التي تتعرض لمواد أولية جديدة، للحد من نمو الميكروبات.
- تنظيف وصيانة المعدات المستخدمة في منطقة التسميد في المناطق غير الملوثة.
- إبقاء الأبواب والنوافذ مغلقة أثناء التشغيل، مع الحفاظ على نظافة مقصورة التحكم.
- ارتداء أجهزة حماية الجهاز التنفسي دائماً، خلال أعمال التطهير والصيانة، التي تولّد كميات كبيرة من الهباء الجوي الميكروبي (مثل تبادل المرشحات الحيوية).
- ترطيب الممرات ومناطق العمل والحفاظ عليها خالية من الغبار وتنظيفها بانتظام، ويفضل استخدام مكنسة أو شفاط صناعي.

- تجنُّب ملامسة مياه العمليات غير المعالجة لمواد التسميد المعقمة، لمنع التلوث.

بالنسبة لمرافق الهضم اللاهوائي تحديداً، هناك خطر إضافي يتمثل في الاختناق المحتمل والانفجار نتيجة تراكم جيوب الغاز الحيوي. لذلك، يجب القيام بتهوية المرفق جيداً، خاصة في المناطق التي تعالج الحمأة بعد هضمها. علاوة على ذلك، يعد استخدام أجهزة الكشف/ الإنذار الشخصية المثبتة على الحائط في مناطق المرفق، أمراً شائعاً لتحذير المشغلين من المخاطر الجوية المحتملة. ويجب الاهتمام بأعمال الصيانة التي تتطلب العمل في الأماكن الضيّقة وإزالة كافة مصادر الإشعال.

٨-٢ معدات السلامة

يجب أن تكون كل مرافق النفايات المرخصة مجهزة بما يلي:

- معدات الوقاية الشخصية المناسبة لأنواع النفايات التي يتم التعامل معها، بما في ذلك النفايات الخطرة، لجميع الموظفين المعنيين. تتضمن معدات الوقاية الشخصية كحد أدنى، ما يلي:
  - معدات حماية العينين، مثل نظارات السلامة أو النظارات الواقية أو القناع.
  - قفازات من المواد المناسبة لمنع اختراق الأشياء الحادة أو المواد الكيميائية وفقاً لما يتم التعامل معه.
  - الأحذية الواقية.
  - خوذات السلامة في حالة العمل أسفل عوارض بمكونات مرتفعة.
  - توفير الحماية/ التغطية المناسبة للبشرة.
  - أقنعة الوجه لمنع استنشاق الجسيمات في الأجواء المتربة، داخل المنشأة أو في مكان وجود المركبات.
  - سترات عالية الوضوح، أو ما شابه ذلك.
- نظام اتصالات أو إنذار داخلي قادر على توفير تعليمات أو تحذيرات فورية في حالات الطوارئ لجميع الموظفين.
- جهاز، مثل الهاتف (متوفّر دائمًا في مكان العمليات) أو جهاز لاسلكي محمول باليد، قادر على طلب المساعدة في حالات الطوارئ من أقسام الإطفاء المحلية أو سيارات الإسعاف أو فرق الاستجابة في حالات الطوارئ.
- يجب أن تكون مناطق تخزين النفايات القابلة للاحتراق أو للاشتعال مُجهّزة بالكشف التلقائي عن الدخان، وبها أنظمة إخماد الحريق مثل الرشاشات الآلية أو غيرها من أنظمة إخماد الحريق.
- طفايات الحريق المحمولة وأجهزة مكافحة الحرائق (بما في ذلك معدات الإطفاء الخاصة، مثل التي تستخدم الرغوة أو الغاز الخامل أو المواد الكيميائية الجافة) ومواد مكافحة الانسكاب ولوازم إزالة التلوث.
- المياه بحجم وضغط مناسبين، وتوفير الخراطيم والمعدات المنتجة للرغوة إذا كان ذلك مناسباً.

يجب اختبار كل معدات الوقاية الشخصية ومعدات الطوارئ بانتظام وصيانتها لضمان التشغيل السليم.

يجب وضع خطة مُتكاملة للوقاية من الحرائق وإدارتها في حالة تخزين أو معالجة النفايات القابلة للاحتراق أو النفايات الخطرة القابلة للاشتعال. ويجب أن تكون هذه الخطة مُتّفق عليها مع خدمات الطوارئ ذات الصلة ومعتمدة من المركز، ويجب أن تغطي إدارة النفايات القابلة للاحتراق أو القابلة للاشتعال، ومعدات كشف، وإخماد ومكافحة الحرائق وإجراءات الطوارئ.

٨-٣ التدريب المهني والشهادات

يجب أن يتولى تشغيل المرافق موظفون مؤهلون ومدربون. لذلك، سيوفر مقدم خدمة محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية تدريباً وتثقيفاً مناسبين للموظفين بانتظام، بهدف التأكد من جاهزيتهم لإدارة تدفقات النفايات بأمان. علاوة على

ذلك، سيضمن مقدم الخدمة تقديم شهادة، داخلياً أو عن طريق أطراف خارجية، تثبت لياقة العمال وصحتهم على أساس سنوي.[9]

وبشكل أكثر تفصيلاً، يجب أن يكون لدى المرشحين الذين يرغبون في اعتمادهم، المعرفة والتدريب اللازمان في جميع المجالات التالية:

- نظرية محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية (MBT) والبنية التحتية للموقع، ومفاهيم التصميم الأساسية، ويشمل ذلك كيفية حماية ميزات المياه الجوفية والمياه السطحية وجودة الهواء.
- عمليات موقع المعالجة الميكانيكية البيولوجية مثل:
  - مناولة النفايات، بما في ذلك نقل النفايات وفرزها وتخزينها.
  - استلام النفايات ونقلها لأغراض النقل المستقبلي.
  - أمن الموقع.
- الصيانة الدورية لأنظمة التحكم في المياه السطحية.
- متطلبات المراقبة والإبلاغ الخاصة بمرفق استرداد المواد ذات الصلة، بما في ذلك متطلبات الانسكابات والتخزين.
- صحة وسلامة الموظفين، لتشمل المواد الخطرة ومعدات الوقاية الشخصية ومتطلبات التنظيف.
- استخدام مجموعات الإسعافات الأولية ومعدات الطوارئ الطبية.

يشمل تدريب الموظفين تطوير وتنفيذ وتوثيق برامج التدريب لجميع العاملين في محطات المعالجة الميكانيكية البيولوجية. ويجب قبل بدء العمل الذي ينطوي على مناولة المواد الكيميائية أو النفايات الخطرة، أن يكون جميع الموظفين على دراية بالخصائص الخطرة ذات الصلة، وأن يكونوا مُدرّبين على التصرّف السليم في حالات الطوارئ. ويتضمن هذا التوجيه أو التدريب في الحد الأدنى، ما يلي:

- كيفية الإبلاغ عن أي حريق أو إصابة أو انسكاب كيميائي أو حالات الطوارئ الأخرى.
- موقع معدات الطوارئ، مثل الأستحمام الآمن وغسول العينين.
- موقع طفايات الحريق ومعدات التحكم في الانسكاب.
- مواقع كافة مخارج الطواريء المتاحة للإخلاء.
- أسماء وأرقام هواتف منسق الطوارئ المعين والمناوب.

يجب الاحتفاظ بالوثائق والسجلات المُتعلّقة بتدريب الموظّفين في المرفق. ويجب أن تتضمّن هذه السجلات المعلومات التالية: المسمى الوظيفي لكل شخص، وإسم الموظف الذي يشغل المنصب، إضافة إلى وصف وظيفي مكتوب لكل منصب، وسجلات توثق إتمام الموظف الذي يشغل هذا المنصب التدريب أو امتلاكه الخبرة الوظيفية بشكل مُرضٍ. وأخيراً، يجب أن تحتوي الملفات على سجلات تدريب الموظفين الحاليين والموظفين السابقين لمدة ثلاث سنوات.

٨-٤ خطة إدارة الحوادث

يجب وضع خطة لإدارة الحوادث (تتم مراجعتها مرة واحدة على الأقل كل ثلاث سنوات، أو بناءً على طلب السلطة المختصة، أو في حالة وقوع حادث) التي تحدد ما يلي:

- احتمال وقوع الحوادث وعواقبها.
- إجراءات منع الحوادث والتخفيف من أي عواقب.

تتضمن خطة إدارة الحوادث المنظمة ما يلي:

[9] (اللائحة التنفيذية لنظام إدارة النفايات، ٢٠٢١)

- تحديد المخاطرعلى صحة الإنسان والبيئة التي تشكلها مرافق المعالجة.
- قد تشمل المجالات المحددة التي يجب مراعاتها، أنواع النفايات، والردم الزائد للحاويات وعطل المعدات (مثل الضغط الزائد للحاويات والأنابيب، والمصارف المسدودة) وفشل الاحتواء (مثل استخدام السد أو الردم الزائد لأحواض الصرف) والفشل في احتواء مياه مكافحة الحرائق، وتثبيت الوصلات الخاطئة في المصارف أو الأنظمة الأخرى، ومنع المواد غير المتوافقة من التلامس، وتجنب التفاعلات غير المرغوب فيها أو تفاعلات الانفلات، وانسكاب النفايات السائلة قبل الفحص الكافي لتركيبتها، وحالات التخريب/ الحرق العمد، والظروف المناخية القاسية، مثل السيول والرياح الشديدة.
- تقييم كل مخاطر الحوادث (الخطر مضروباً في معدل الاحتمالية) وعواقبها المحتملة، بعد تحديدها، ويمكن تناول عملية تقييم المخاطر بوصفها تتصدى لستة أسئلة أساسية، كالتالي:
  - ما الاحتمال المقدر لحدوثها؟ (المصدر، الوتيرة).
  - ما الذي يمكن أن ينبعث وما كميته؟ (تقييم مخاطر الحدث).
  - إلى أين يذهب تحديداً؟ (التنبؤات بالانبعاثات - ما المسارات والمستقبلات؟).
  - ما العواقب؟ (تقييم العواقب - الآثار على المستقبلات).
  - ما الخطر العام؟ (تحديد إجمالي المخاطر وحدتها بالنسبة للبيئة).
  - ما التدابير الممكنة لمنع أو تقليل المخاطر؟ (إدارة المخاطر - تدابير منع الحوادث أو الحد من عواقبها البيئية).

تتحدد مخاطر الحريق التي قد تتشكل- على سبيل المثال- من خلال:

- الحرق العمد أو التخريب.
- الاحتراق الذاتي (على سبيل المثال بسبب الأكسدة الكيميائية).
- عطل المرفق أو المعدات والأعطال الكهربائية الأخرى.
- المصابيح المكشوفة ومواد التدخين المهملة.
- الأعمال على أسطح ساخنة (مثل اللحام أو القطع) والسخانات الصناعية والعوادم الناتجة عن تلك الأعمال.
- التفاعلات بين المواد غير المتوافقة.
- أنشطة الموقع المجاور.
- الشرر من دلاء التحميل.
- الحمولات الساخنة المخزنة في الموقع.

يعتمد عمق ونوع التقييم على خصائص المرفق وموقعها. وقد أخذت في الاعتبار العوامل التالية:

- حجم وطبيعة مخاطر الحوادث التي يمثلها المرفق والأنشطة.
- المخاطر على التجمعات السكنية والبيئة المحيطة (المستقبلات).
- طبيعة المرفق وتعقيد الأنشطة والصعوبة النسبية.
- البت في مدى كفاية تقنيات التحكم في المخاطر وتبريرها.

- تحديد أدوار ومسؤوليات الموظفين المشاركين في إدارة الحوادث. إلى جانب ذلك، تتوفر إرشادات واضحة حول كيفية إدارة كل سيناريو حادث، على سبيل المثال، الاحتواء أو التشتيت، لإطفاء الحرائق أو السماح بالاحتراق.
- إنشاء طرق اتصال مع الجهات ذات الصلة وخدمات الطوارئ قبل وقوع الحادث أو في حال وقوعه. تشمل إجراءات ما بعد الحادث تقييماً للضرر، وإجراءات الإصلاح التي يجب اتخاذها.
- يشمل ذلك إجراءات ومتطلبات إبلاغ الجهات المختصة (أي المركز الوطني لإدارة النفايات) بكافة المعلومات اللازمة في حالة وقوع حادث.
- وضع إجراءات الطوارئ، بما في ذلك إجراءات الإغلاق الآمن والإخلاء.

تعيين أحد موظفي المرفق كمنسق طوارئ لتولي مسؤولية القيادة لتنفيذ الخطة. من المهم أن توفر المرافق التدريب لموظفيها لأداء واجباتهم بفعالية وأمان، حتى يعرف الموظفون كيفية الاستجابة لحالات الطوارئ.

٩- تسجيل البيانات ورصدها واعداد التقارير

٩-١ تسجيل البيانات

يتحمل مشغل مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية، مسؤولية تنفيذ واستخدام وصيانة نظام تتبع النفايات الالكتروني، للاحتفاظ بمعلومات محدثة حول السعة المتاحة للأجزاء المختلفة من مرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية، والتأكد من تمتع المرفق بالقدرة الكافية لتخزين النفايات المقبولة الواردة ومعالجتها.

يسجل مقدّم الخدمة (مشغل المرفق) البيانات المتعلقة بالنفايات ويراقبها، ويرفع تقارير بها وفقاً لمتطلبات الترخيص الصادرة عن المركز. فيما يلي، الحد الأدنى من المعلومات التي يتعين تحديثها:

- تفاصيل كل النفايات المستلمة في الموقع، بما في ذلك التاريخ والوقت، ومصدر النفايات وطبيعتها، إضافة إلى تفاصيل المنتج الأصلي وأي رموز نفايات، والوزن وتفاصيل الناقل، والمركبة، والسائق.
- تفاصيل أي حالات عدم مطابقة ورفض، من ضمنها ملاحظات الشحن للنفايات المرفوضة بسبب خطورتها.
- تفاصيل المنتجات الخارجة التي تم الحصول عليها بعد معالجة النفايات في المرفق، من ضمنها الوزن والوجهة النهائية. في حالة إعادة توجيه النفايات/ رفضها إلى مرافق نفايات أخرى. على أن تشمل المعلومات المسجلة أيضاً تفاصيل الناقل والمركبة والسائق.
- التفاصيل المتعلقة بمدة المخرجات المخزنة داخل الموقع في انتظار الاسترداد/ التدوير.
- أي حوادث أدت، أو قد تؤدي إلى إطلاق غير خاضع للرقابة أو غير مسموح به من الموقع، مثل تسرب النفايات إلى نظام تصريف المياه السطحية.
- وأي حوادث تنطوي على نفايات أو مركبات نقل نفايات أو نفايات معالجة في المرفق، من الممكن أن تؤدي إلى إصابة الموظفين أو الجمهور أو إلحاق أضرار جسيمة بالممتلكات.

يتعين أن يكون نظام تسجيل النفايات قادراً على إنتاج معلومات بشأن تدفقات النفايات المقبولة للمعالجة في مرفق النفايات، بحد أدنى، على النحو التالي:

- إجمالي كمية النفايات الموجودة داخل الموقع في أي وقت.
- تحليل كميات النفايات المخزنة، بانتظار المعالجة في الموقع أو في انتظار النقل المستقبلي.
- مكان وجود مجموعة النفايات بناءً على مخطط الموقع.
- كمية النفايات في الموقع مقارنةً بالحدود المنصوص عليها في الترخيص/ التصريح.
- المدة الزمنية الفعلية لبقاء النفايات في الموقع مقارنة بالحدود الواردة في الترخيص/ التصريح.

ملاحظة: بالإضافة إلى ما سبق، يجب على مقدمي الخدمات تسجيل كل العوامل المتعلقة بالبيئة ومراقبتها، ورفع تقارير بها (جودة المياه وجودة الهواء والضوضاء والغبار، وما إلى ذلك) وفقاً لمتطلبات التصريح البيئي الصادر عن السلطة المختصة (المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي) للمرفق.

٩-٢ عمليات التفتيش والتدقيق البيئي الدورية

يجب مراقبة كل مرفق، إما بشكل عشوائي أو على فترات منتظمة، لضمان تشغيل الموقع وفقاً لما يلي:

- خطة العمل المتفق عليها مع المركز والمدرجة في الترخيص.

- أي شروط مبينة في الترخيص صادرة عن المركز.

يجب تنفيذ مهام المراقبة المذكورة من قبل الشخص المسؤول المعين، الذي ينبغي أن يضطلع، من جملة أمور أخرى، بما يلي:

- إجراء عمليات فحص دورية، لكن غير منتظمة، للتحقق من سلامة المعدات داخل المرفق لمنع/ تقليل مخاط الحوادث الكبرى، ولضمان كون جميع عمليات الاحتواء الأولي والثانوي مناسبة للغرض.
- يجب على الشخص المسؤول التواصل مع على المسؤولين عن التعامل مع النفايات، وطرح عليهم الأسئلة المتعلقة بمشكلات واجهوها، والاقتراحات الممكنة- إن وُجدت- بهدف التحسين.
- يجب مراجعة البيانات الخاصة بمدخلات ومخرجات النفايات، وكمية وأنواع النفايات المختلفة الموجودة في المخزن، مقارنة بكمية النفايات المرئية في منطقة التخزين المؤقتة، وأي اختلافات تمت ملاحظتها والتصرف بناءً عليها.

٣-٩ رفع تقارير ببيانات النفايات

يجب على الشخص المُعيّن استخدام البيانات المسجلة أعلاه لمراقبة إنتاج أو إدارة النفايات في امرفق المعالجة الميكانيكية البيولوجية بشكل مستمر. ويُكلّف هذا الشخص بإعداد تقارير دورية حول كافة جوانب إدارة النفايات، مثل الإنتاج والمعالجة، والتخزين بعد المعالجة، وإعادة توجيه النفايات إلى الغير للتدوير/ الاسترداد أو التخلص النهائي، وتقديم نسخة منها إلى الجهات المختصة بالمركز بشكل دوري، على النحو الذي تحدده هذه الجهات.

يمكن رفع تقارير بالبيانات على أساس شهري أو سنوي، وفقاً للمتطلبات المنصوص عليها في الترخيص الصادر عن المركز، ويمكن أن تشمل البيانات التي سيتم رفع تقارير بها ما يلي على سبيل المثال:

أ- البيانات العامة

- اسم المرفق وعنوانه ورقم التصريح.
- الموقع (على سبيل المثال، عنوان الموقع الذي يتم فيه تنفيذ الأعمال).
- الاسم وبيانات التواصل المفصلة للشخص المسؤول عن تسجيل البيانات ورفع التقارير.

ب- بيانات عن النفايات المعالجة داخل المرفق:

- كمية النفايات المقبولة داخل المرفق، مقدرةً بعدد تدفقات ومجموعات النفايات، بما في ذلك أي رمز للنفايات.
- إجمالي كمية المخرجات بـ(الطن) على سبيل المثال: (مواد التدوير، الوقود المشتق من النفايات/ الوقود المسترد الصلب، السماد/ نفايات الهضم اللاهوائي، الغاز الحيوي) المنتجة داخل المرفق خلال الفترة التي يغطيها التقرير.
- إجمالي كمية المخرجات بـ(الطن) على سبيل المثال: (مواد التدوير، الوقود المشتق من النفايات/ الوقود المسترد الصلب، السماد/ نفايات الهضم اللاهوائي، الغاز الحيوي) التي تمت إزالتها من المرفق للاستخدام أو التخلص منها من المرفق خلال الفترة التي يغطيها التقرير.
- نتائج الاختبار التحليلي للنواتج القابلة للتسويق، على سبيل المثال: (الوقود المستخرج بالنفايات/ الوقود المسترد الصلب، السماد/ نفايات الهضم اللاهوائي، الغاز الحيوي) . إضاة إلى كافة النفايات السائلة التي سيتم التخلص منها أو التي ستخضع لمزيد من المعالجة.
- كمية النفايات/ المنتجات المنتظر نقلها.

ج- البيانات المتعلقة بمقدمي الخدمات

الملحق ١ يعرض جدولاً يمكن استخدامه كقالب لتسجيل بيانات النفايات ورفع تقارير بها.

يعد الإخفاق في الاحتفاظ بالسجلات أو تقديم الوثائق عند طلبها انتهاكاً للنظام، وسيؤدي إلى عواقب قانونية.

وبالإضافة إلى ذلك، يجب على المركز تحليل البيانات الواردة من كل مرفق، لمقارنة كميات مختلف فئات النفايات المبلغ عنها، وتبيان الأسباب أو التفسيرات لأي اختلافات كبيرة.

الملحق ١ رفع تقارير بالبيانات – نموذج

أ- المعلومات العامة

- إسم مرفق النفايات.
- الموقع.
- الفترة المشمولة بالتقرير وتاريخ الإنجاز.
- الاسم وتفاصيل التواصل بالشخص الذي قام بتعبئة البيانات.

ب- معلومات عن الموارد والنفايات

ب-١ النفايات المعالجة

م.	النفايات المستلمة في المرفق				
	منتج النفايات	ناقل النفايات	تدفق/ موارد النفايات	رمز النفايات	الكمية بالطن
١					
٢					

ب-٢ منتجات ما بعد المعالجة

م.	النفايات/ المنتجات	إجمالي الكمية، طن	الكمية الموجهة إلى الغير، طن	الكمية في المخزن، طن
١	تدوير المواد			
	- الورق/ الكرتون			
	- الزجاج			
	- البلاستيك			
	- مواد أخرى			
٢	الوقود المشتق من النفايات/ الوقود المسترد الصلب			
٣	نفايات الهضم اللاهوائي/ السماد			
٤	النفايات المرفوضة			
٥	أخرى (الغاز الحيوي وما إلى ذلك)			

ج- معلومات للاطراف الاخرى

- معلومات عن ناقلي النفايات.
- تفاصيل الجهات التي اشترت المنتجات، بما في ذلك الإسم والعنوان وكمية النفايات/ المواد المشتراة (حسب تدفق النفايات والإجمالي).