

نظم جمع النفايات الصلبة والمحطات الانتقالية

د. وليد بن محمد زاهد
قسم الهندسة المدنية – الهندسة البيئية
جامعة الملك سعود – الرياض

جمع النفايات الصلبة

التقاط النفايات الصلبة من نقاط إنتاجها بواسطة جهاز متكامل مكون من سيارات خاصة وعمال وسائقين خلال فترات محددة يقومون برفع النفايات الموضوعة في حاويات مخصصة في مواقع الإنتاج وتفريغها في السيارات سواءً يدوياً أو ميكانيكياً، ومن ثم نقلها إلى مواقع التخلص النهائي (المدافن) أو المعالجة أو المحطات الانتقالية (محطات تحويل) لتفريغ حمولة سيارات التجميع.

وتعد عملية تفريغ حمولة السيارات جزء من عملية الجمع.

تطوير نظام لجمع النفايات الصلبة والمحطات الانتقالية

- (١) تحديد أهداف وأغراض النظام والمعوقات المتوقعة
- (٢) دراسة خصائص النفايات المنتجة وكمياتها ومنطقة الخدمة
- (٣) دراسة خيارات دور القطاع الخاص والعام في توفير خدمة الجمع
- (٤) تحديد طريقة / طرق تمويل المشروع
- (٥) تحديد طرق تجهيز النفايات وجمعها من أماكن إنتاجها
- (٦) اختيار سيارات الجمع ونوعيتها وحجم العمالة اللازمة
- (٧) دراسة مدى الاحتياج للمحطات الانتقالية والخيارات الممكنة
- (٨) دراسة بدائل نظم جمع النفايات والمحطات الانتقالية
- (٩) تحديد مسارات جمع النفايات وفترات الجمع لنظام الجمع المفضل
- (١٠) تنفيذ نظام تجميع النفايات المفضل
- (١١) تقييم أداء النظام وتعديله حسب الحاجة

١) تحديد أهداف وأغراض نظام التجميع والمعوقات المتوقعة

قضايا يجب اعتبارها عند وضع الأهداف:

■ **مستوى الخدمة:** ما هو مستوى الخدمات المطلوبة لمقابلة الاحتياجات؟ وما هي المواد المطلوب تجميعها بشكل منفصل وما هي متطلبات تجميعها؟ وما هي الاحتياجات الحالية فيما يتعلق بعدد مرات التجميع ومدى ملائمة متطلبات تجهيز النفايات قبل تجميعها للسكان؟

■ **أدوار القطاع العام والخاص:** هل هناك أي سياسة أو توجه تفضل أو تميز قطاع ما في تقديم خدمة التجميع للنفايات والمواد القابلة للتدوير؟

■ **عقود العمال:** هل هناك أي شروط في عقود العمل والعمال من الممكن أن تؤثر على نوعية المعدات المستخدمة في خدمة الجمع وتشغيلها؟ ما هي أهمية هذه الشروط أو العوائق ومدى صعوبة التغلب عليها أو تعديلها؟

■ **تخفيض النفایات:** ما هي الأهداف وما هي الاستراتيجيات اللازمة لتحقيق هذه الأهداف؟ على سبيل المثال، من الممكن تحقيق تخفيض النفایات وتدويرها بواسطة وضع رسم حسب كمية النفایات المنتجة، أو عن طريق توفير خدمة تجميع المكونات القابلة للتدوير، أو عن طريق توفير خدمة محددة لتجميع مكونات أخرى كنفایات الحدائق المنزلية وإطارات السيارات.

■ **تمويل النظام:** هل هناك أي عوائق أو تفضيل لآليات التمويل المتاحة؟ هل هناك أي حدود لقيمة تكاليف الخدمة بناءً على تجربة محلية أو خارجية أو أي سبب آخر؟

٢) دراسة خصائص النفايات المنتجة وكمياتها ومنطقة الخدمة

■ مصادر النفايات وطبيعة المصادر

■ كميات النفايات المنتجة ومكوناتها

■ خريطة لمنطقة الخدمة

– الشوارع والطرق واتجاهاتها

– عدد المنازل والمباني

– الكثافة السكانية

– حركة السير

٣) دراسة خيارات دور القطاع الخاص والعام في توفير خدمة تجميع النفايات

يمكن تشغيل نظام الجمع بواسطة:

- **قسم أو إدارة النظافة البلدية:** تقوم الإدارة باستخدام عمالتها ومعداتھا لتجميع النفايات.
- **مؤسسات خاصة:** تقوم البلدية بالتعاقد مع مقاول أو عدد من المقاولين للقيام بخدمة التجميع. وقد تتعاقد بعض المجمعات السكنية وإدارات بعض الأحياء مباشرة مع مؤسسة خاصة لتجميع النفايات.
- **البلدية والقطاع الخاص معاً:** تقوم البلدية بخدمة بعض المناطق بينما تقوم المؤسسات الخاصة بخدمة مناطق أخرى.

٤) تحديد طريقة / طرق تمويل المشروع

■ خيارات تمويل خدمات تجميع النفايات:

- ١- الميزانية الحكومية
- ٢- عوائد ضرائب العقارات
- ٣- فرض رسم ثابت للخدمة
- ٤- فرض رسم متغير للخدمة
- ٥- مجموعة من الخيارات السابقة

■ فوائد متابعة وحساب التكاليف خدمات التجميع:

- ✓ تساعد المسؤولين على مقارنة أداء النظام بأنظمة أخرى وتسهم في تحسين الأداء
- ✓ تقدم معلومات للمواطنين وأصحاب القرار عن التكاليف المباشرة وغير المباشرة
- ✓ تساعد على تفهم أن استمرارية مجانية خدمة التجميع غير ممكنة في الواقع

٥) تحديد طرق تجهيز النفايات وجمعها من أماكن إنتاجها

■ متطلبات تجهيز النفايات لتجميعها:

✓ كيفية تجهيز الساكن للنفايات والمواد القابلة للتدوير:

فصل المكونات الممكن تدويرها

فصل النفايات الكبيرة الحجم

✓ نوعية وحجم الحاويات لحين جمعها:

يتوقف على عدد مرات التجميع - كمية النفايات ونوعيتها -

نوعية المصدر - أحوال المناخ - نوعية سيارات التجميع -

وطريقة جمع النفايات (يدوياً أو ميكانيكياً)

■ عدد مرات جمع النفايات:

- يتوقف على التكاليف المرتبطة بذلك - أحوال المناخ - المساحات والأماكن المتوفرة للتخزين - توقعات السكان

■ طرق جمع النفايات وأماكن وضعها:

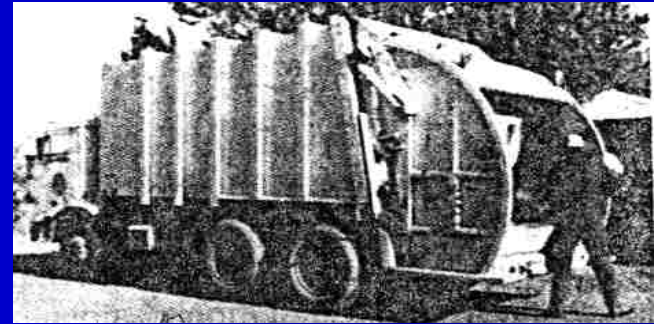
تختلف باختلاف مصدر النفايات وموقعه

- ✓ تجميع من جوانب الطرق والأزقة
- ✓ تجميع من مكان مخصص حول المنشأة أو المنزل
- ✓ تجميع من مراكز خاصة للتخلص

٦) اختيار سيارات التجميع ونوعيتها وحجم العمالة اللازمة

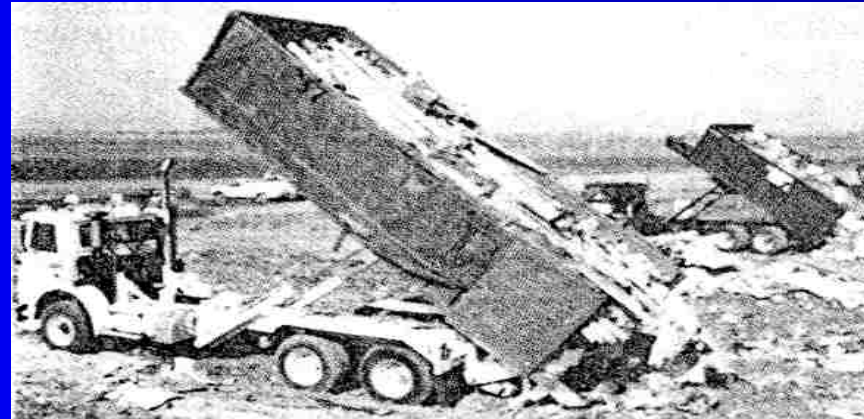
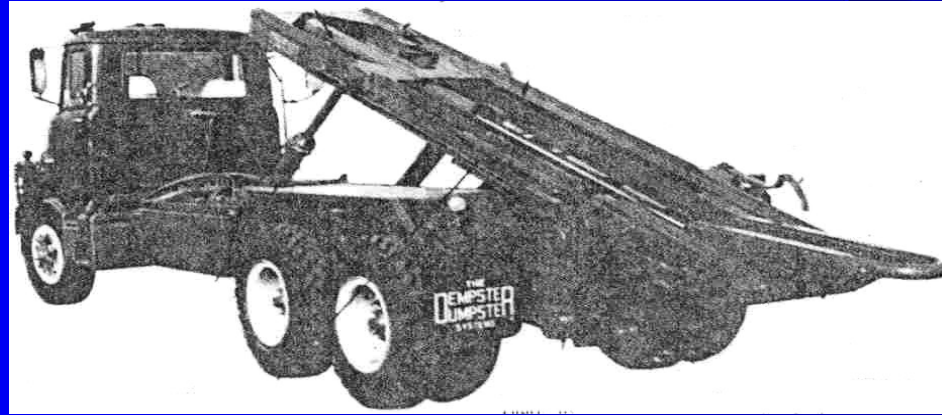
١) سيارات ضاغطة ذات حاويات ثابتة:

- ✓ أكثر الأنواع استخداما خاصة في المناطق السكنية
- ✓ مزودة بجهاز ميكانيكي لرفع الحاويات الكبيرة وتفريغها (من الخلف أو الأمام أو الجانب)
- ✓ تفريغ يدوي في حالة حاويات النفايات الصغيرة
- ✓ الحجم: ١٠ - ٤٥ ياردة مكعبة (٧,٥ - ٣٤ م^٣)
- ✓ حجم العمالة: حسب طريقة التحميل (عامل إلى اثنين + السائق)



٢) سيارات ذات حاويات منقولة:

- ✓ تستخدم لنقل الحاويات الكبيرة في المجمعات السكنية والتجارية ونفايات التشييد والخرردة والنفايات الكبيرة الحجم
- ✓ تحميل ميكانيكي للحاويات على ظهر السيارة
- ✓ حجم الحاويات المستخدمة: ٦ - ٥٠ ياردة مكعبة (٤,٥ - ٣٨ م^٣)
- ✓ حجم العمالة: السائق أو عامل مع السائق



معايير اختيار سيارات التجميع

(١) معايير عامة:

- ✓ كميات النفايات المطلوب تجميعها من المصادر المختلفة
- ✓ حجم ونوعية حاويات النفايات
- ✓ عدد مرات جمع النفايات
- ✓ أماكن وضع النفايات / الحاويات
- ✓ الخصائص الطبيعية لمسارات التجميع (عرض الشارع واتجاهات السير)

(٢) معايير فنية:

- ✓ موقع التحميل بالنسبة للسيارة (سيارات التحميل الخلفي: تحميل يدوي وميكانيكي. سيارات التحميل الجانبي: تحميل يدوي من جوانب الطرق والشوارع الضيقة. سيارات التحميل الأمامي: تحميل ميكانيكي)
- ✓ حجم ووزن السيارة وحاويتها (تحمّل الشوارع. عرض مسار التجميع. كمية النفايات في المسار)
- ✓ آلية تحميل السيارة بالنفايات وتفريغها (وزن حاوية النفايات. الوقت اللازم للتحميل. كفاءة النظام الميكانيكي للتحميل والتفريغ)
- ✓ نصف قطر دوران السيارة (قصير قدر الإمكان خاصة للمسارات في الأحياء المغلقة والشوارع الضيقة)
- ✓ تسرب السوائل من حاوية السيارة (حاوية السيارة يجب أن تكون محكمة الغلق)
- ✓ درجة الأمان والراحة للسيارة (مفاتيح إيقاف فوري للكبس ومنبه لحركة السيارة للخلف)
- ✓ سرعة السيارة (الحد الأقصى للسرعة المسموح بها. المسافة إلى نقاط التخلص. الكثافة السكانية)

(٣) قيمة السيارة وتكاليف تشغيلها وصيانتها وعمر خدمتها

٧) دراسة مدى الاحتياج للمحطات الانتقالية والخيارات الممكنة

■ المحطات الانتقالية:

محطات يتم فيها نقل محتويات سيارات التجميع العادية من نفايات إلى سيارات كبيرة الحجم تحمل النفايات إلى مسافات بعيدة سواءً إلى مرافق التخلص النهائي أو المعالجة والاسترجاع. ويمكن أن تتضمن محطات الانتقال عمليات لمعالجة النفايات قبل التخلص منها (تقطيعها وضغطها) وعمليات لفصل بعض المكونات لتدويرها أو إعادة استعمالها.

■ دواعي استعمال المحطات الانتقالية:

- ✓ بعد المسافة بين المدينة ومحطة التخلص النهائي أو المعالجة (أكثر من ١٠ ميل أو ١٦ كيلومتر).
- ✓ وجود محطة التخلص النهائي أو المعالجة في أماكن بعيدة لا يمكن الوصول إليها بسهولة.
- ✓ ارتفاع تكاليف نقل النفايات لمسافات طويلة باستخدام السيارات الصغيرة (حجمها أقل من ٢٠ ياردة مكعبة).
- ✓ الرغبة في نقل النفايات إلى مكان بعيد جداً بواسطة وسيلة أخرى للنقل كالقطارات أو السفن.

■ فوائد استعمال المحطات الانتقالية:

- ✓ انخفاض تكاليف عملية الجمع نتيجة انخفاض الوقت اللازم للوصول إلى الموقع (محطة الانتقال).
- ✓ انخفاض تكاليف تشغيل وصيانة سيارات التجميع.
- ✓ مرونة اختيار محطة التخلص النهائي.
- ✓ إمكانية فصل بعض المكونات القابلة للتدوير وإعادة الاستعمال في محطة الانتقال.
- ✓ إمكانية معالجة النفايات في المحطة كتقطيعها وضغطها لتسهيل ورفع كفاءة عملية نقلها والتخلص منها.

■ عوائق استعمال المحطات الانتقالية:

- ✓ صعوبة إيجاد موقع مناسب للمحطات الانتقالية خاصة في المدن.
- ✓ تكاليف إنشاء وتشغيل المحطات قد يجعلها غير مرغوبة في بعض الحالات.

تحديد الاحتياج للمحطات الانتقالية

✓ موازنة التكاليف بالفوائد أو التوفير المرتبطة بإنشاء وتشغيل المحطات الانتقالية.

✓ مقارنة تكاليف نظام الجمع بوجود محطات انتقالية بتكاليف نظم الجمع الأخرى كنظام الحاويات الثابتة والمنقولة لمعرفة المسافة أو الزمن الذي تتساوى عنده تكاليف هذه النظم. فإذا كانت المسافة من منطقة الجمع إلى محطة التخلص النهائي أكبر من هذه المسافة فيمكن اعتبار المحطة الانتقالية مجدياً اقتصادياً.

معايير اختيار مواقع المحطات الانتقالية

← قرب الموقع من مركز منطقة خدمة التجميع قدر الإمكان.

← سهولة وصول السيارات الكبيرة والشاحنات إلى الطرق السريعة والرئيسية، وإلى وسائل النقل الأخرى (محطة قطار أو الميناء البحري).

← أن لا يكون الموقع مصدر إزعاج للسكان ومصدر للتلوث البيئي.

← قرب الموقع من المرافق العامة (كهرباء، مياه، تلفون، صرف صحي).

← موافقة الموقع لتخطيط المنطقة واستعمالات الأراضي.

← في حالة استعمال المحطة الانتقالية لاسترجاع وفصل بعض مكونات النفايات الصلبة ومعالجتها فيجب تقييم متطلبات هذه العمليات أيضا في عملية اختيار الموقع المناسب لهذه المحطات.

وحيث أن هذه الاعتبارات من الصعب تحقيقها جميعاً فيجب دراستها وتحليلها بالنسبة للمواقع الممكنة أو المقترحة وعمل موازنة بينها. وعادة ما يتم اختيار الموقع المناسب من بين مواقع عدة بناء على تكاليف نقل النفايات ومحددات التشغيل. ويمكن استخدام الحاسب الآلي لتسهيل عملية الحسابات.

أنواع المحطات الانتقالية

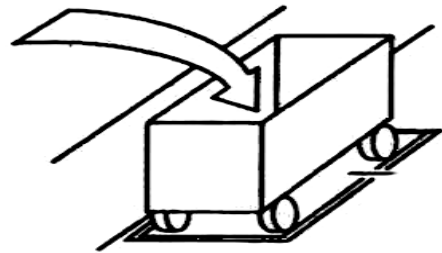
■ بناءً على الطاقة الاستيعابية للمحطة:

- (١) محطات صغيرة (أقل من ١٠٠ طن / يوم)
- (٢) محطات متوسطة (١٠٠ إلى ٥٠٠ طن / يوم)
- (٣) محطات كبيرة (أكبر من ٥٠٠ طن / يوم)

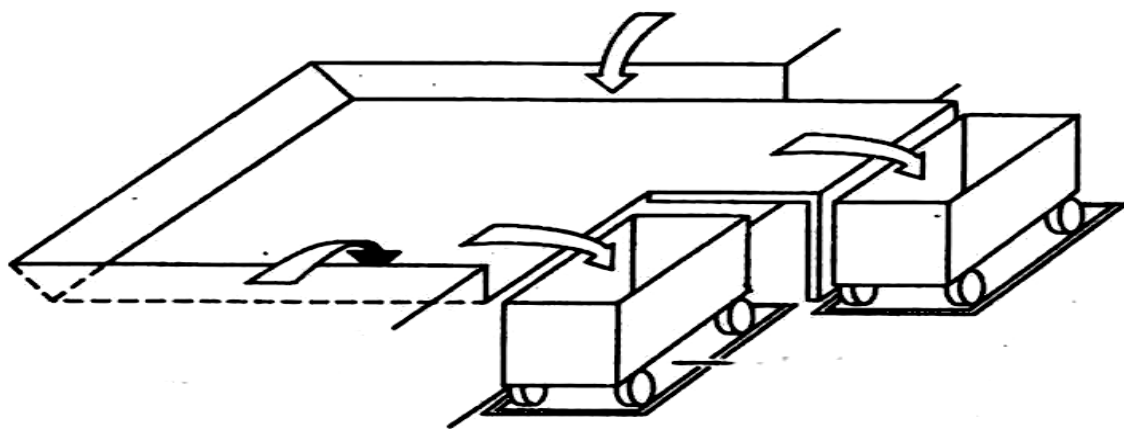
■ بناءً على طريقة تحميل سيارات النقل الكبيرة:

- (١) محطات التحميل المباشر: تفريغ محتويات السيارات الصغيرة مباشرة في سيارات النقل الكبيرة.
- (٢) محطات تحميل المخزون: تفريغ النفايات في حوض تخزين ثم تحميل السيارات الكبيرة.
- (٣) محطات تحميل مباشر والمخزون: جزء من المحطة يتم فيه نقل النفايات مباشرة من السيارات الصغيرة إلى السيارات الكبيرة. والجزء الآخر يتم فيه تخزين النفايات لحين تحميلها على السيارات الكبيرة.

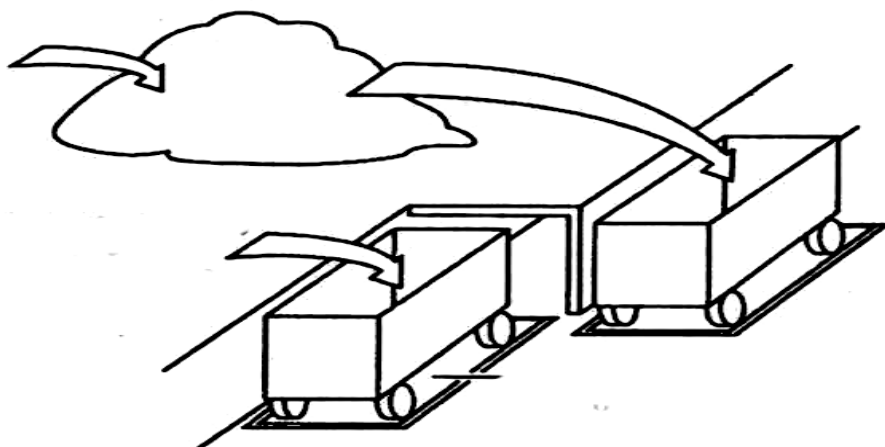
محطات تحميل مباشر

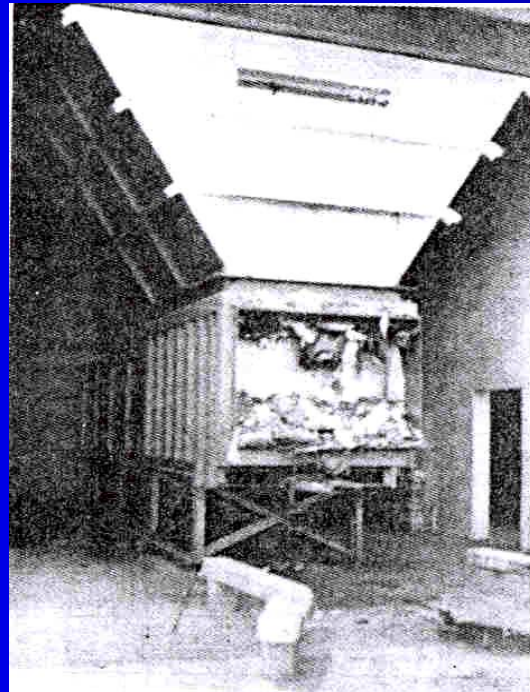
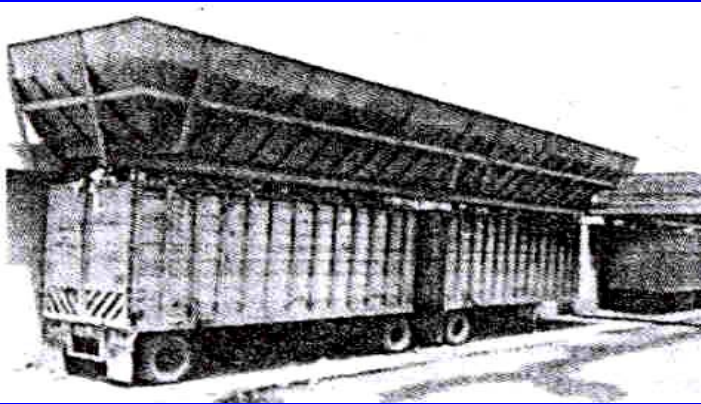
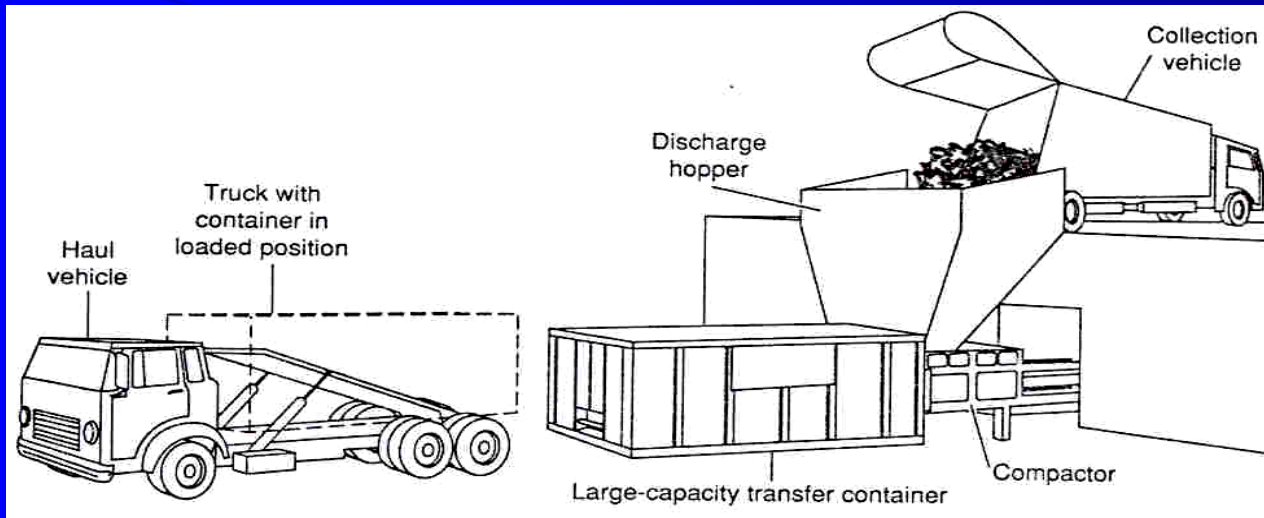


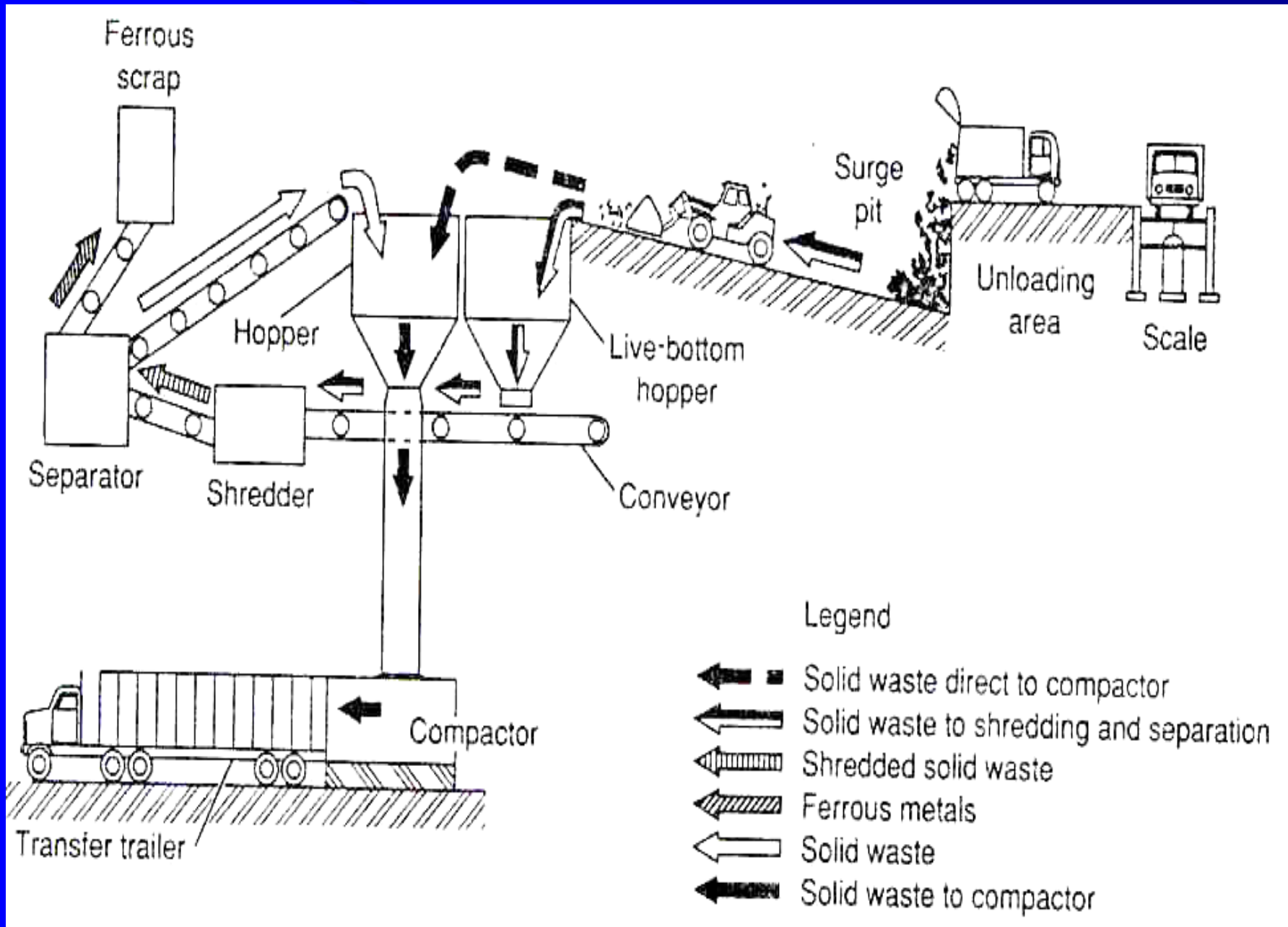
محطات تحميل المخزون

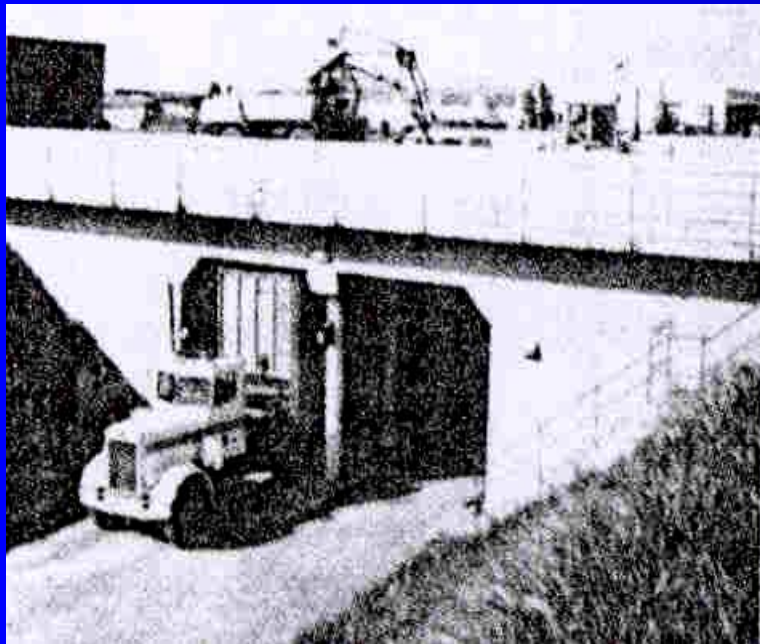
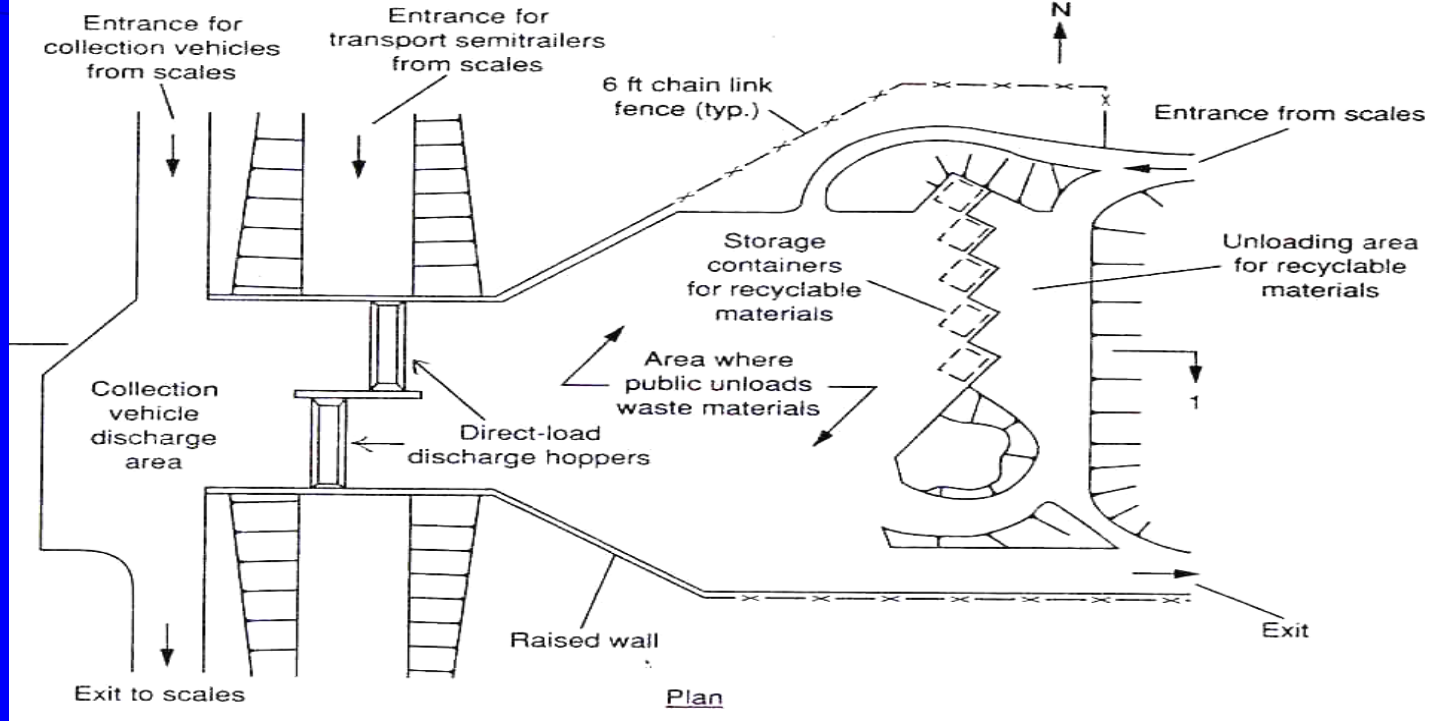


محطات تحميل مباشر والمخزون









طرق نقل النفايات من المحطات الانتقالية

- سيارات النقل الكبيرة: كالشاحنات والعربات المقطورة
- القطارات: عندما تكون محطة التخلص النهائي بعيدة جدا (أكثر من ٥٠ - ٨٠ ميل) ولا يمكن الوصول إليها بواسطة السيارات مع توفر خطوط السكة الحديدية.
- النقل البحري أو النهري: السفن والزوارق وبارجات البضائع.
- النقل الأنبوبي (هوائي أو مائي أو بواسطة آلية التفريغ أو الشفط):
 - نظم معقدة ومكلفة وأحيانا غير عملية (النقل المائي) وتكاليفها عالية
 - مدينة ديزني الترفيهية بمدينة أورلاندو في فلوريدا تبنت نظام النقل الأنبوبي الهوائي لنقل النفايات من نقاط تجميع موزعة في المدينة إلى مركز تجميع رئيس للنفايات.

٨) دراسة بدائل نظام جمع النفايات والمحطات الانتقالية

■ تحديد البدائل الممكنة:

- تحديد الخيارات المناسبة لكل عملية من عمليات التجميع والمعدات اللازمة والمحطات الانتقالية.
- اختيار مجموعات من هذه الخيارات كبديل لدراستها وتحليلها.

البديل: مجموعة من العناصر المختلفة لنظام التجميع وما يرتبط به من محطات انتقالية.

■ مثال لأحد البدائل الممكنة:

- تجميع النفايات مرة في الأسبوع باستخدام سيارات ضاغطة ذات تحميل خلفي مع عاملين وبحجم ٣٠ ياردة مكعبة/سيارة. وتنقل النفايات مباشرة إلى محطة التخلص النهائي.
- تجميع النفايات الكبيرة الحجم مرة في الشهر باستخدام شاحنة عادية وعامل واحد وفي أحد الأيام التي تجمع فيها النفايات الصلبة الاعتيادية.
- تجميع المواد القابلة للتدوير مرة في الأسبوع (صحف، ألومنيوم، علب المعدنية، بلاستيك، والزجاج) في أحد الأيام التي تجمع فيها النفايات الصلبة الاعتيادية، في شاحنة عادية بواسطة عامل واحد وتنقل مباشرة إلى مرفق التدوير للفصل والمعالجة.
- تعيين مركز لاستقبال وتجميع إطارات السيارات العادمة والبطاريات.

خطوات اختيار البديل المفضل لنظام تجميع النفايات الصلبة

- تقييم مدى تحقيق كل بديل للأهداف والأغراض الموضوعية.
- مقارنة وتقييم البدائل من الناحية الاقتصادية مع ملاحظة الاختلافات بين البدائل وموازنتها وتعديلها.
- اختيار البديل المفضل وذلك بناءً على عدد من العوامل، من أهمها:
 - ✓ تكاليف المعدات والأجهزة اللازمة والقدرة على تمويلها.
 - ✓ تكاليف تشغيل نظام التجميع ومرافقه.
 - ✓ مدى موافقة التكاليف الكلية للميزانية المتاحة لخدمات النفايات الصلبة.
 - ✓ الاختلاف في مستويات الخدمة التي توفرها نظم التجميع المقترحة.
 - ✓ مدى مقابلة النظام لتوقعات واحتياجات السكان.
 - ✓ الطرق المقترحة لتمويل تكاليف النظام ومدى قبول السكان لها.
 - ✓ تأثيرات النظام على الجهودات لتحقيق أهداف تخفيض النفايات.
 - ✓ درجة اهتمام السكان بتعديل أو تغيير الترتيبات الحالية المتبعة في خدمات تجميع النفايات الصلبة.

● حساب الاحتياجات من عمالة وسيارات وتكاليفها (لكل نظام /بديل تجميع)

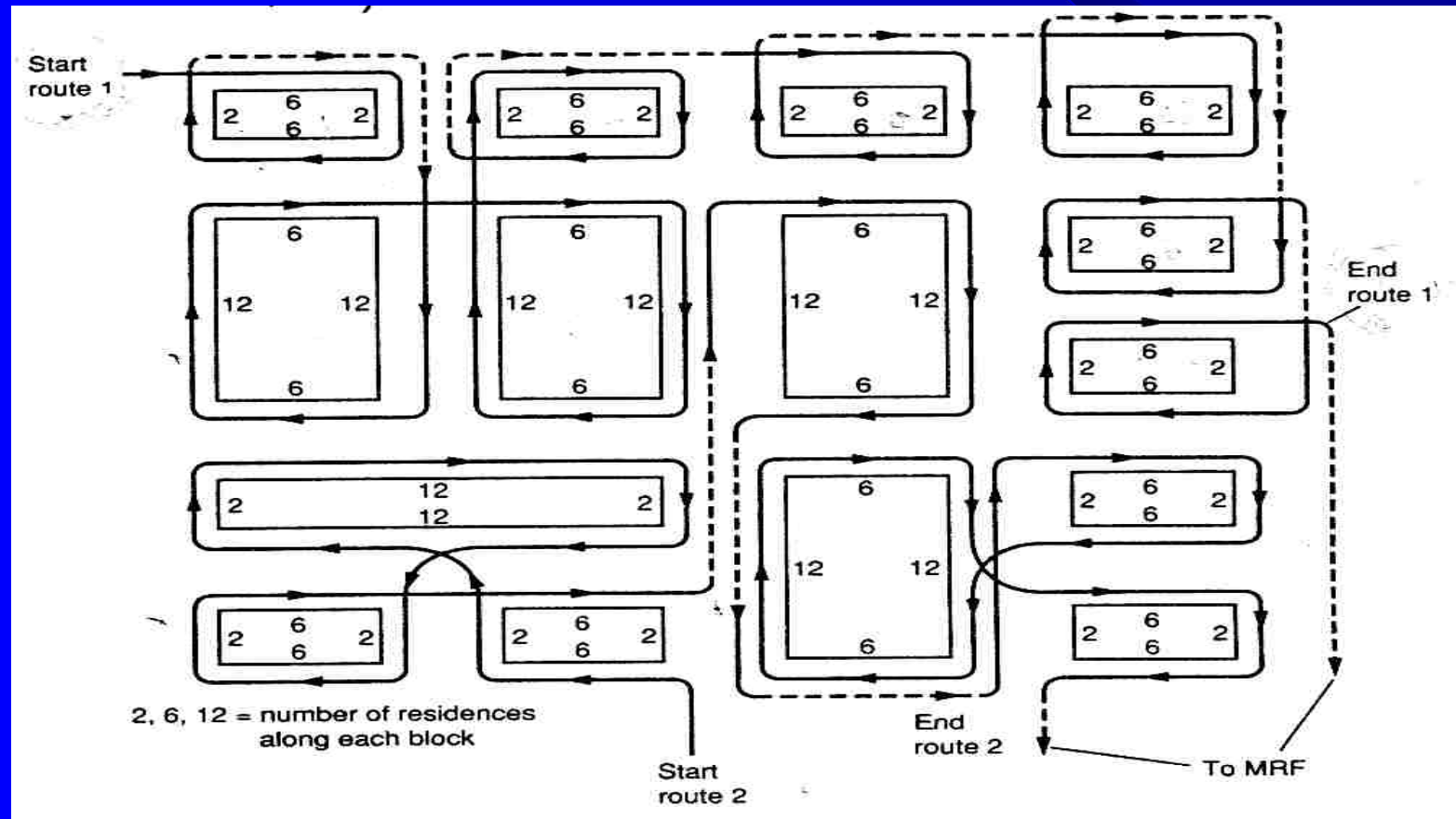
يتطلب ذلك معرفة وحساب الزمن الذي تستغرقه أو تتطلبه كل عملية من عمليات الجمع والمسافات التي تقطعها السيارات والزمن اللازم لذلك (زمن انتقال السيارة من الجراج إلى أول نقطة تجميع، زمن التقاط أو رفع النفايات، زمن الانتقال من نقطة تجميع إلى أخرى، زمن الانتقال من آخر نقطة تجميع إلى محطة التخلص النهائي أو الانتقال، زمن تفريغ النفايات في المحطة، زمن الانتقال من المحطة إلى الجراج) وأعداد الرحلات التي تقوم بها السيارات.

● حساب تكاليف المحطات الانتقالية وتشغيلها

بالنسبة إلى البدائل التي تتضمن محطة انتقال يجب حساب تكاليف إنشاء المحطة وتكاليف تشغيلها وصيانتها وإضافتها إلى تكاليف عملية الجمع.

٩) تحديد مسارات جمع النفايات وفترات التجميع لنظام الجمع المفضل

عملية تحديد المسارات تعتمد على طريقة المحاولة، حيث يتم افتراض مسار معين على خريطة منطقة الخدمة ثم دراسته أو الإبقاء عليه أو تعديله. كما يمكن استخدام برامج حاسب آلي خاصة لتحديد المسارات وتعديلها حسب الحاجة.



١٠) تنفيذ نظام تجميع النفايات المفضل

تتمثل عمليات ونشاطات تنفيذ نظام الجمع فيما يلي

■ تشكيل إدارة أو هيكل تنظيمي لإدارة النظام بهدف:

- ✓ وضع خطة لتشغيل النظام.
- ✓ توضيح الأدوار والمسئوليات وتحديدتها.
- ✓ تدريب العمالة مع وضع حوافز.
- ✓ وضع تفاصيل نظام التمويل والحسابات والرسوم ومتابعة الأداء.
- ✓ متابعة سير العمل وتقييم أداء العمال والنظام وتعديله حسب الحاجة.

■ شراء المعدات اللازمة وصيانتها

- ✓ وضع مواصفات مناقصات المعدات اللازمة كأساس لمناقصات المقاولين (نوعية السيارات وأحجامها وقوتها ومواصفاتها).
- ✓ صيانة السيارات والمعدات بواسطة البلدية نفسها أو بالتعاقد مع ورشة إصلاح أو مع شركة السيارات ووضع برنامج دوري لصيانة السيارات.
- ✓ وضع استراتيجية لاستبدال السيارات بناءً على تكاليفها وتكاليف صيانتها وتشغيلها وتغير ظروف تشغيل النظام.

■ **توظيف العمالة**

- ✓ استقطاب العمالة المؤهلة.
- ✓ توفير بيئة عمل تضمن سلامة وراحة العمال من خلال برامج تدريب على وسائل الجمع وتشغيل المعدات والتعرف على المواد الخطرة وكيفية التعامل معها، وتوفير الملابس الخاصة والاحتياجات الأخرى من قفازات وأحذية وغيرها.
- ✓ تطوير العمال ورفع كفاءتهم من خلال برامج تعليمية وتدريبية.
- ✓ توفير الحوافز للعمال من خلال برامج مكافآت (مثل جائزة العامل المثالي لهذا الشهر) والتعويض حسب الاستحقاق وطريقة العمل بمبدأ إنهاء المهمة.

■ **التعاقد مع المؤسسات الخاصة لجمع النفايات**

- ✓ وضع مواصفات الأداء والخدمة المطلوبة من المؤسسات.
- ✓ توفير الموارد اللازمة لمتابعة أداء المقاولين.

■ تطوير علاقة جيدة مع السكان

يؤثر السكان بشكل كبير على أداء ونجاح نظام التجميع من خلال تعاونهم في تجهيز النفايات وفرز بعض مكوناتها وإعدادها للتجميع وعدم رمي بعض المواد أو النفايات غير المرغوب فيها كالزيوت مثلاً. لذلك فإنه ومن خلال وبواسطة وسائل عدة كالمنشورات والإعلانات وفواتير الخدمات، يجب على مسئولي الإدارة:

- ✓ إعلام السكان وتذكيرهم بأهمية وكيفية تجهيز النفايات وفصلها لإعادة تدويرها.
- ✓ إعلام السكان بأي تغييرات في متطلبات التجهيز.
- ✓ إعلام السكان بمدى نجاح وتقديم برنامج التجميع والفصل والتحديات والعوائق التي تواجهها إدارة النفايات.
- ✓ تزويد السكان بأرقام وأسماء أشخاص للاتصال في إدارة النفايات.
- ✓ توفير الفرص لمشاركة السكان والاستفادة من آرائهم.

(١١) تقييم أداء النظام وتعديله حسب الحاجة

من المهم تطوير نظام فاعل لمتابعة ومراقبة أداء نظام الجمع وتكاليفه وذلك لتحديد الإصلاحات والتعديلات الممكنة للنظام لتحقيق الأهداف العامة لنظام التجميع. ويمكن تقييم أداء النظام وتكاليفه من خلال:

- ✓ قيام كل فريق تجميع بتقديم تقرير يومي عن الكميات التي قام بتجميعها والمسافات التي قطعها وزمن الانتقال من وإلى محطة التخلص النهائي أو الانتقال وزمن الانتظار وعدد الرحلات وأي مشاكل في التشغيل.
- ✓ قيام مسؤولي محطة التخلص النهائي و أو محطة الانتقال بتقديم معلومات يومية عن كميات النفايات التي تم استقبالها ومصادرهما وأوقاتها.
- ✓ استخدام هذه المعلومات من قبل الإدارة لمعرفة وتحليل عبء العمل والتغير في كميات النفايات وتتبع مصادر النفايات غير المرغوب فيها وتقييم أداء العمال وتتبع تكاليف التشغيل والصيانة وتحديد التعديلات الممكنة في الخدمة.

نظم جمع النفايات الصلبة والمحطات الانتقالية

د. وليد بن محمد زاهد
قسم الهندسة المدنية - الهندسة البيئية
جامعة الملك سعود - الرياض