



مشروع

إعداد مجموعة من الوسائل لاختبار و تصميم و تشغيل مدافن المخلفات الخطرة بالمناطق شديدة الجفاف (٢٠٠٤-٢٠٠٥)

الأدلة الإرشادية لتصميم مدافن المخلفات الخطرة في المناطق شديدة الجفاف

أعداد

المركز الاقليمي للتدريب و نقل التكنولوجيا للدول العربية

المحتوي

.....	تقديم	١٠
.....	تمهيد	١٠
.....	ACRONYMS	١٠
.....	١ - مقدمة	١
.....	١-١ أهداف التصميم	٢
.....	٢-١ المناهج التصميمية	٢
.....	١-٢-١ المدافن ذات التحكم الطبيعي	٣
.....	٢-٢-١ مدافن النفايات في المناطق الجافة المستثناة	٤
.....	٣-٢-١ المدفن الهندسي للنفايات (المدافن المهندسة)	٤
.....	٣-١ الاستراتيجيات الخاصة بتصميم مدافن النفايات في البلاد النامية بالمناطق الجافة	٥
.....	٤-١ التصميم العام CONCEPTUAL DESIGN	٥
.....	٢ - خطوات التصميم	٧
.....	١-٢ معدل تولد وكميات وصفات وخصائص النفايات الخطرة	٧
.....	٢-٢ جمع المعلومات عن المواقع المقترحة	٨
.....	١-٢-٢ إعداد خرائط مرجعية للظروف الموجودة في المواقع وحولها	٨
.....	٢-٢-٢ جمع المعلومات الهيدروجيولوجية	٩
.....	٣-٢-٢ تجميع البيانات المناخية	١٠
.....	٣-٢ التعرف على اللوائح التنظيمية والمقاييس التصميمية المحلية	١١
.....	٤-٢ تطوير المخطط التصميمي للموقع SITE LAYOUT DEVELOPMENT	١١
.....	٥-٢ تصميم منطقة الدفن	١١
.....	٣ - السمات التصميمية	١٢
.....	١-٣ التحكم في الرشيح	١٢
.....	١-١-٣ إمكانيات تكون الرشيح في مدافن نفايات المناطق شديدة الجفاف	١٣
.....	٢-١-٣ معايير تصميم نظام تجميع وإزالة الرشيح (LCRS)	١٣
.....	٣-١-٣ خزانات احتواء الرشيح وأنابيب النقل	١٥
.....	٤-١-٣ معالجة الرشيح وحيز التخزين	١٦
.....	٥-١-٣ نظام معالجة الرشيح	١٦
.....	٢-٣ نظام التبتين LINER SYSTEM	١٦
.....	١-٢-٣ نظام المبتن: مكون البطانة الترابي Soil Liner Component	١٧
.....	٢-٢-٣ مكون الغشاء الأرضي (الجيولوجي) للمبتن Geomembrane Liner Component	١٨
.....	٣-٢-٣ إمكانية الانتفاع بالمبطنات الغشائية المرنة (FML) في منطقة شديدة الجفاف	١٩
.....	٣-٣ نظام التغطية النهائي	٢٠
.....	١-٣-٣ طبقة الأساس	٢١
.....	٢-٣-٣ طبقة منخفضة النفاذية	٢١
.....	٣-٣-٣ الطبقة الحاملة لصرف المياه السطحية Drainage Layer	٢١
.....	٤-٣-٣ الطبقة الواقية Protective layer	٢٢
.....	٥-٣-٣ طبقة التربة السطحية Topsoil layer	٢٢
.....	٦-٣-٣ طبقة الإستنبات Vegetative layer	٢٢
.....	٧-٣-٣ بديل الطبقة الاستنباتية (الغطاء النباتي) Alternative to vegetative layer	٢٢
.....	٨-٣-٣ التصميم النمطي لنظام التغطية	٢٣
.....	٤-٣ التحكم في الغازات GAS CONTROLS	٢٥
.....	٥-٣ التحكم في المياه السطحية	٢٥
.....	٦-٣ طرق الوصول المؤدية	٢٦
.....	٧-٣ الإحاطة بسياج (التسويج) ووضع اللوحات الإرشادية FENCING AND SIGN	٢٦

٢٧	٨-٣ منطقة حرم الموقع BUFFER ZONE.....
٢٧	٩-٣ المنشآت.....
٢٧	١٠-٣ المرافق الخدمية UTILITIES.....
٢٨	٤- الفرصيات والمفاهيم البديلة والبدائل للمواد المستخدمة.....
٢٩	١-٤ الأغطية الخارجية للمدفن.....
٢٩	٢-٤ بدائل لأغطية المدافن ALTERNATIVE LANDFILL CAPS.....
٢٩	٢-٢-٤ غطاء حاجز الخاصية الشعرية Capillary Barrier cover.....
٢٩	٣-٢-٤ الغطاء الخراساني الاسفلتي.....
٢٩	٣-٤ الأنظمة المبطنة البديلة.....
٢٩	١-٣-٤ التخفيف الطبيعي (NA) Natural Attenuation.....
٢٩	٢-٣-٤ المبطنات الخرسانية الأسفلتية (DAC) والغشائية البتومينية (القطرانية) (BM).....
٢٩	٣-٣-٤ تبطينات رأسية لمواقع مدافن النفايات باستخدام الخرسانة الأسفلتية الكثيفة DAC.....
٢٩	٤-٣-٤ استخدام التربة الطبيعية كمبطن بديل.....
٢٩	٤-٤ الغطاء المرحلي الواسطي.....
٢٩	٥-٤ تصميم آبار المراقبة.....
٢٩	١-٥-٤ الإنشاء.....
٢٩	٢-٥-٤ بدائل آبار المراقبة.....
٢٩	٥- تقرير التصميم.....
٢٩	٦- المراجع.....

قائمة الأشكال التوضيحية

- شكل (١): قطاع عرضي مبسط لمدفن نفايات يبين مختلف أوجه تصميم المدفن ١٢
- شكل (٢): مخططاً نمطياً لنظام تجميع الرشيح ١٥
- شكل (٣): الأوجه التصميمية لأنظمة التبتين التقليدية ١٧
- شكل (٤): قطاع يبين الطبقات المختلفة في نظام نموذجي لغطاء المدفن ٢٣
- شكل (٥): (أ) و (ب) أغطية بديلة بجواجز ، (ج) غطاء نتحي -تبخيري ٣٢
- شكل (٦): قطاع يبين تفاصيل التصميم لنظام تبطيني من الخرسانة الأسفلتية الكثيفة ٣٤
- شكل (٧): قطاع يبين التبتين الرأسي لنظام تبطيني من الخرسانة الأسفلتية الكثيفة ٣٥
- شكل (٨): يبين تصميم آبار مراقبة و قياس منسوب المياه الجوفية ٣٨

قائمة الجداول

- الجدول (١): سمك وانحدار ومواصفات تصميم نظام تغطية نهائي نمطي ٢٤
- الجدول (٢): مقارنة بين مبطنات الخرسانية الأسفلتية و الطبقة العشائية البتيومينية ٣٣
- الجدول (٣): الفروق التقريبية للحجم المدمج و الحجم المنحل للمواد المستخدمة ٣٦
- جدول (٤): الحد الأدنى لمتطلبات تصميم مدفن النفايات ٤١
- جدول (٥): المقاييس الدولية للحد الأدنى لمتطلبات مكونات النظام المبطن ٤٣
- جدول (٦): المقاييس الدولية للحد الأدنى لمتطلبات الغطاء الخارجي للمدفن ٤٤

أشارة بخصوص التحرير

ن

أرف و

أروق.

السيد أ

أخرون بمراجعة المحتوى الفني للوثيقة.

و تجدر الإشارة الى أن الوثيقة قد روجعت أيضا أثناء أتماعات الخبراء (راجع ملحق ١ - الذى يتضمن قائمة أسماء المشاركين من الدول العربية الأعضاء بالمركز و سكرتارية الأتفاقية).

تقديم

المركز الأقليمي للتدريب و نقل التكنولوجيا للدول العربية في إطار تنفيذه لمشروع "أعداد مجموعة من الوسائل لأختيار و تصميم و تشغيل مدافن المخلفات الخطرة بالمناطق شديدة الجفاف" - الممول من قبل سكرتارية اتفاقية بازل الدولية للتحكم في و نقل المخلفات الخطرة عبر الحدود- أعد :احد المخرجات الهامة له مجموعة من الادلة الإرشادية ذات الصلة :

- الأدلة الإرشادية لأختيار المواقع و تقييم الأثر البيئي لمدافن المخلفات الخطرة بالمناطق شديدة الجفاف
- الأدلة الإرشادية لتصميم مدافن المخلفات الخطرة بالمناطق شديدة الجفاف
- الأدلة الإرشادية لتشغيل و مراقبة أداء و العناية اللاحقة لمدافن المخلفات الخطرة بالمناطق شديدة الجفاف

هذه الأدلة الإرشادية تم أعدادها بهدف الترويج للممارسات و الإدارة البيئية السليمة للمخلفات الخطرة في المنطقة العربية، حيث تتناول هذه الأدلة بصفة خاصة المشاكل الشائعة للمخلفات الخطرة و الحاجة الملحة لأحتوائها و التخلص السليم منها. حيث توفر الأدلة الإرشادية التوجيه فيما يتعلق بأختيار أماكن و كيفية تقييم الأثر البيئي و كيفية التصميم و التشغيل و الرصد و ذلك للمناطق الشديدة الجفاف. كما تحذر من التخلص العشوائي و الممارسات الخاطئة و التي تؤدي الى عواقب بيئية و صحية و خيمة تضاعف تكاليف مجابتهتها لتفوق كثيرا ما يمكن انفاقه في الممارسة السليمة لأدارة المخلفات الخطرة و التخلص الأمن منها.

أعدت الأدلة الإرشادية باللغة الأنجليزية و ترجمت الى اللغة العربية و اضيف الى كل دليل الفهرس الخاص به و بعض اللوحات السهلة الأستخدام لدعم اتخاذ القرارات. لقد صممت هذه الأدلة الإرشادية لكي تستخدم بواسطة هؤلاء المتعاملين مع المخلفات الخطرة ادارتها و التخلص منها و مصممي المدافن و الكيميائيين و مهندسي العمليات و مسؤولي أنظمة المعالجة و موظفي العموم المسؤولين عن التخطيط لأدارة المخلفات و مخططي العمران و كذلك لهؤلاء العاملين بالقطاعات الحكومية المسؤولة عن ادارة المخلفات الخطرة و التحكم في التلوث الكيميائي. و على هذا فانه لا بد و أن ينظر لهذه الأدلة الإرشادية على أنها وسيلة اضافية لتعزيز الأنفاذ لأدارة المخلفات الخطرة بشكل سليم بواسطة الهيئات و المحليات، هذا و لا يجب استخدامها كبديل للاستشارات التي يمكن ان تؤديها الجهات المتخصصة و الأستشاريين الفنيين.

و تحمل البيانات التقنية و التوصيات المدرجة بالأدلة الإرشادية الحالية صفة النهائية بمعنى أنها تمت مراجعتها من قبل هيئة من الخبراء تم ترشيحهم من قبل المركز الأقليمي للتدريب و نقل التكنولوجيا و الخبراء العرب الذين شاركوا في أجتتماعات الخبراء التي عقدت في اطار المشروع هذا بالاضافة الى المساهمة الفنية من سكرتارية الأنفاقية. و مع ذلك فأن هذه الأدلة الإرشادية سوف تخضع للتحديث بشكل مستمر كلما جد جديد و توافرت معلومات و استحدثت تقنيات و اصبحت متاحة للاستخدام بجدوى اقتصادية مناسبة في منطقتنا العربية.

انه لمن دواعي سرورى أن يتم توزيع هذه النسخة لتحل محل المسودات التي أطلقت من قبل أثناء أجتتماعات الخبراء.

أ.د. مرتضى مراد العارف

مدير المركز الأقليمي للتدريب و نقل التكنولوجيا للدول العربية

تمهيد

مازالت السياسات والاستراتيجيات الخاصة بإدارة النفايات الخطرة رهن التطوير في العديد من بلاد المنطقة العربية. ورغم أن معظم تلك البلاد تركز في تعاملها مع النفايات الخطرة على خيار التخلص بالدفن الأرضي (Land disposal option) إلا إن قلة منها فقط تأخذ في الاعتبار البدائل التكنولوجية الأكثر نظافة، فغالباً ما تكون الغلبة لمشكلة التمويل عندما يتعين على المؤسسات والأجهزة التنظيمية تنفيذ إجراءات أو توجيهات سياسية فورية. ويقدم العديد من الدول المانحة مساعدات قيمة باتجاه تطوير سياسات واستراتيجيات فضلاً عن التدريب بغرض بناء القدرة الفنية وأحياناً إدارة النفايات الخطرة بما في ذلك البنية التحتية الأساسية. وتتمثل المشكلة في تنفيذ سياسات واستراتيجيات فعالة و / أو ناجحة لإدارة النفايات في المنطقة العربية في ثلاث قضايا رئيسية :

- ١ - الافتقار إلى الموارد المالية
- ٢ - الافتقار إلى الدراية الفنية والموارد التقنية
- ٣ - الإرادة السياسية مقابل الوعي / وترتيب الأولويات

وتباين المشكلة المتعلقة بالموارد المالية من بلد إلى آخر فيمكننا مثلاً أن نجد التقنية الراقية والوحدات الصناعية التي تلتزم بالمقاييس البيئية الدولية في بعض الدول الخليجية نظراً لوضعها الإقتصادي الجيد إلا أن تخصيص الأموال المناسبة لتنفيذ سياسات حماية البيئة بما في ذلك الإدارة السليمة للنفايات الخطرة مازالت تشكل مشكلة بارزة في البلاد التي تعاني مشاكل اقتصادية في المنطقة وما أكثرها !

والتقنية كلمة زاهية وبراقة تجتذب اهتمام صنّاع القرار في البلاد النامية خاصة فالعديد منهم يعطى الحوافز للمستثمرين بغرض تشجيعهم على استيراد التقنية وذلك تحت إغراء التحسين الكيفي والكمي بحثاً عن التنمية الاقتصادية. إلا أن تقييم مدى نظافة التقنية المستوردة مازال قضية مستعصية تطرح تحديات عدة في البلاد النامية.

وجدير بالذكر أن فشل تلك التقنيات ومآصحبها من حوادث تم تسجيلها على مدى العقدين الماضيين في كل من البلاد النامية والمتقدمة قد ألحق آثاراً بيئية سلبية. وكنتيجه لذلك لاحظنا تكلفة بشرية باهظة وأحياناً خسائر مادية شاملة. دائماً ما ترتبط التقنية والدراية الفنية بالموارد المالية والمالية وغالباً ما ترتبط بالاحتكار monopolization ولكن حتى البلاد (العواصم) التي تتمتع بالموارد المالية في المنطقة يجب أن تتعامل مع التقنيات الصناعية بحذر بالغ نظراً للافتقار إلى الموارد الفنية. وتنبع تلك المخاوف من أن تكلفة تشغيل وصيانة التقنية في غياب الدراية الفنية يمكن أن تكون مبالغاً فيها بدرجة كبيرة مما يرهق الميزانيات بدرجة تؤدي في بعض الحالات إلى إغلاق أو تعليق النشاط وفقدان المبالغ المستثمرة.

وفي ظل تفهم المتغيرات المختلفة التي تعيق التحول الحماسي نحو التقنية المتقدمة والإدارة السليمة للنفايات الخطرة قدم المركز الإقليمي لإتفاقيه بازل بالقاهرة حلاً وسطاً فيما يتعلق بإدارة النفايات الخطرة من خلال تناول خيار التخلص من النفايات عن طريق الدفن الآمن. ويشجع المركز خيار التخلص من النفايات كسياسة قصيرة أو متوسطة الأمد وهو خيار يلقي شعبية في المنطقة في ظل الظروف السابق ذكرها.

وقد قرر مركز إتفاقيه بازل بجامعة القاهرة BCRC-Cairo بالتعاون مع أمانة إتفاقيه بازل SBC، بعد أخذ ظروف المنطقة والممارسات الحالية غير المحددة في التعامل مع أنواع النفايات المختلفة - تطوير الخطوط الإرشادية الخاصة بالتخلص من النفايات الخطرة عن طريق الدفن الصحي وذلك سعياً لتحسين الممارسات الحالية للتخلص من النفايات ومساهمة في الإدارة السليمة للنفايات الخطرة كهدف أسمى لإتفاقيه بازل. ويعد العمل المقدم في هذه الوثيقة نتاجاً للمشروع الذي كلفت به أمانة إتفاقيه بازل المركز الإقليمي للتدريب ونقل التكنولوجيا الذي تستضيفه جامعة القاهرة.

ويتعامل المشروع مع مشكلة الافتقار إلى الخطوط الإرشادية الفنية الملائمة لظروف المنطقة الاقتصادية والجغرافية. وقد عبرت عدة دول أعضاء من المنطقة - كما أوردت دراسة الجدوى التي أجرتها سكرتارية إتفاقيه بازل (١٩٩٦) لإقامة المركز الإقليمي للتدريب ونقل التكنولوجيا BCRC-Cairo عن الحاجة لتطوير خطوط إرشادية فيما يتعلق بخيار الدفن الصحي كسياسة قصيرة الأمد.

وبعد أخذ ظروف المنطقة الجغرافية والسكانية (الديموغرافية) و التحت سطحية والجيومورفولوجية (شكل الأرض) ركز المشروع على تطوير مقاييس لخيار الدفن الآمن في المناطق الشديدة الجفاف بصفتها الصفة الطبيعية الرئيسية المميزة للمنطقة.

وقد تم إعداد وتقديم تصور للمشروع للتمويل إلى مجموعة العمل الفني التابعة لإتفاقيه بازل في الجزء الأخير من عام ٢٠٠٢. وقد تمت الموافقة عليه في الجزء الأخير من عام ٢٠٠٣، وبدأ تنفيذه في مطلع مارس ٢٠٠٤.

وكان المشروع يهدف إلى تطوير خطوط إرشادية لخيار الدفن الآمن في المناطق الشديدة الجفاف بما في ذلك:

- § خطوط إرشادية لاختيار الموقع وتقييم الأثر البيئي للمدافن
- § خطوط إرشادية لتصميم المدافن
- § خطوط إرشادية لتشغيل المدافن ومراقبتها والعناية بها فيما بعد الإغلاق

وقد تم إعداد هذه الخطوط الإرشادية والموافقة عليها في ثلاث مؤتمرات للخبراء عقدت على مدى ١٤ شهر وقد أسهمت تلك المؤتمرات بشكل كبير في بناء القدرات و تبادل المعلومات بين دول المنطقة التي شاركت في هذه الاجتماعات. كما ساعدت هذه الاجتماعات أيضاً على رفع مستوى الوعي فيما يتعلق بإدارة النفايات الخطرة. وتمثل الخطوط الإرشادية التي بين أيديكم وثيقة ضمن من ثلاث وثائق يتم نشرها من خلال المشروع.

والمقاييس التي تبناها تلك الخطوط الإرشادية هي نتيجة عمل شاق متواصل من جانب فريق عمل المشروع منذ بدايته والمناقشات الحامية خلال مؤتمرات الخبراء التي عقدت أثناء تنفيذ المشروع. وأخيراً نتيجة للتدقيق والتمحيص من جانب الاستشاريين المرموقين.

وقد قصد أن تكون هذه الوثائق شاملة في بساطة بحيث يمكن استخدامها من قبل الفنيين وغير الفنيين وأيضا لأغراض التدريب. ومن الجدير بالذكر هنا أن هذه الوثائق ستظل ملفات مفتوحة للتحديث والتحسين والتنقيح مع تزايد المعلومات والمعرفة. كما إن مركز القاهرة الإقليمي BCRC يرحب دائماً بتلقى أى ملاحظات مرتدة من قبل مستخدمي تلك الخطوط الإرشادية بحيث تكون الطبعات المستقبلية أكثر إفادة.

و قد قسمت كل وثيقة من وثائق الأدلة الإرشادية الى فصول مستقلة تبدأ بالمفاهيم و تعبر الى الأساليب ثم المعايير الفنية و ذلك لتسهيل عملية القراءة و الفهم. و قد احتوت جميع الوثائق على قائمة مراجع لمن يرغب في التوسع في البحث في الموضوعات ذات الصلة.

د. سعيد دحروج

مدير المشروع

ACRONYMS

ACAP	Alternative Cover Assessment Program
AFC	Alternative Final Cover
ALCD	Alternative Landfill Cover Demonstration
BCRC	Basel Convention Regional Centre
BOD	Biological Oxygen Demand
CB	Capillary Barrier
CERCLA	Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act
CCL	Compacted Clay Liner
CL	Clay Liner
COD	Chemical Oxygen Demand
CQA	Construction Quality Assurance
CQC	Construction Quality Control
EIA	Environmental Impact Assessment
EIA-R	Ethylene Interpolymer Alloy-reinforced
EPA	Environment Protection Agency
ET	Evapotranspiration
EPS	Expanded Polystyrene
FIDs	Flame Ionization Detectors
FML	Flexible Membrane Liner
GC	Geocomposite
GCL	Geosynthetic Clay Liner
GM	Geomembrane
GN	Geonet
GT	Geosynthetic Textile
HDPE	High-density Polyethylene
HELP	Hydrologic Evaluation of Landfill Performance
HW	Hazardous Waste
LCRS	Leachate Control and Removal System
LFG	Landfill Gas, Including any Volatile Organic Compounds.
MSWLF	Municipal Solid Waste Landfill
MSW	Municipal Solid Waste
NA	Natural Attenuation
NMOCs	Non-Methane Organic Compounds
PCB	Polychlorinated Biphenyl
PET	Potential Evapotranspiration
PIDs	Photoionization Detectors
PI	Soil Plasticity Index
PVC	Polyvinyl Chloride
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act
SBC	Secretariat of the Basel Convention
TDS	Total Dissolved Salts
TOC	Total Organic Carbon or Total Organic Compound
VOC	Volatile Organic Compound

١ - مقدمة

تشير الخطوط الإرشادية الحالية إلى الحد الأدنى من المتطلبات للتصميم السليم بيئياً الذي يأخذ في الاعتبار جميع الظروف الخاصة بالموقع تحديداً (وخاصة الجيولوجيا والجفاف). ورغم أن إنشاء مدافن صحية باللغة التقدم التقني للنفائات الخطرة (بمعنى تلك التي تستخدم المبطنات الاصطناعية الراقية) ليس ضمن نطاق الوثيقة الحالية إلا أن معايير التصميم والخطوط الإرشادية المقدمة في هذه الوثيقة تولى تركيزاً خاصاً لتصميمات الأنظمة التي لا تحقق الحد الأدنى من المتطلبات التنظيمية فحسب بل تضيف حماية بيئية بأدنى تكلفة إنشائية وتشغيلية وتتناول هذه الوثيقة المعايير التي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم مدفن صحي للنفائات الخطرة في موقع مجذب تابع للإقليم العربي ولذلك فإن الهدف الرئيسي للخطوط الإرشادية المقدمة هنا هو تحسين القدرة على التعرف على و إتباع تصميمات وبدائل أكثر بساطة بدرجة ملحوظة ولكنها مع ذلك أقل كلفة بالمقارنة مع التصميمات والبدائل النمطية.

والخطوة الأولى في إستراتيجية التصميم هي تحديد الأسس التصميمية التي سيتم إنشاء المدفن بموجبها. والأسس التصميمية هي عبارة عن جدولة للمتطلبات العامة للأداء التي يجب أن تحققها المنشأة بشكل مرضى لكى تنجز أهداف المشروع وهو ما يمكن أن نطلق عليه التصميم التصوري (الإدراكي) ويشمل سعة المنشأة ومعدلات تدفق النفائات والإحصاءات المرورية والتحكم في البيئية.

وجدولة الأسس التصميمية بهذا الشكل يوفر لفريق تصميم المشروع وغيرهم (مثل إحصائي المراجعة التنظيمية) معلومات قيمة عن طبيعة وحجم المدفن الصحي المقترح. وقد تتطلب الأسس التنظيمية إعادة النظر في حالة تسبب ظروف غير متوقعة في تغيرات ملحوظة في خطة تطوير المدفن.

تقدم هذه الوثيقة توجيهاً قيماً للمهندسين فيما يتعلق بتصميم منشآت التخلص من النفائات الخطرة والأنظمة المرتبطة بها في المناطق شديدة الجفاف. هذه الوثيقة أداء عمل أساسية ولا غنى عنها بالنسبة لمهندسي مدافن النفائات فهي تعرف على المكونات الرئيسية لمدافن النفائات الخطرة وتقدم الوسائل والإجراءات اللازمة للتصميم التفصيلي لكل جزء من أنظمة الاحتواء تلك.

تنقسم هذه الوثيقة إلى خمسة أقسام رئيسية تسمح للقارئ بالقراءة السريعة وهي المقدمة وخطوات التصميم وسمات التصميم والمفاهيم البديلة والمواد وتقرير التصميم. ويتكون كل قسم من مجموعة من الأقسام الفرعية.

وقد صممت هذه الوثيقة لكي تستخدم بواسطة العاملين في المجالات المهنية المهتمة بالنفائات الخطرة مثل مصممي المدافن الصحية و المؤمنة فضلاً عن المهندسين العاملين بالصناعات الكيماوية والمعالجة ومديري أنظمة معالجة النفائات ومصمميها والمسؤولين الحكوميين المهتمين بتخطيط أو تصميم أو إنشاء أو إدارة منشأة لإدارة النفائات بشكل سليم.

ورغم أن المعلومات المقدمة في هذه الوثيقة تعتبر دقيقة وموثوق بها إلا أنها مقدمة بدون أى ضمانات من أى نوع سواء صريحة أو ضمنية. بما في ذلك على سبيل المثال لا الحصر ضمانات اكتمال ودقة المعلومات التي تحتويها هذه الوثيقة.

وقد تتباين الملابسات والنتائج الفنية المقدمة لأى معلومات أو توجيهات في هذه الوثيقة بشكل واسع تبعاً للحقائق المحددة المعنية ولا ينبغي استخدامها كبديل للرجوع إلى المستشارين المحترفين من ذوى الكفاءة.

١-١ أهداف التصميم

الخطوط الإرشادية المقدمة هنا لتصميم مدافن آمنة للنفايات الخطرة تمثل الحد الأدنى للمتطلبات إلا أنه لا بد من الالتزام بها لتحقيق الأهداف التالية:

- § التخلص السليم من النفايات لنطاق محدد
- § إمكانية التوصيف والتصنيف النموذجي والتحليل والمراقبة
- § استخدام حيز المدفن بكفاءة وإطالة عمر الموقع بقدر الممكن
- § حماية الجودة النوعية للمياه الجوفية بإزالة الرشيح (التفريغ الرشيحي)
- § حماية الجودة النوعية للهواء
- § التقليل للحد الأدنى من زمن الإلقاء (الطمر) لمستخدمي الموقع وذلك للتخفيف من الظروف المضايقة المحتملة بالنسبة للجيران
- § جعل الإنشاء والتشغيل والإغلاق أقل صعوبة فنياً وأقل كلفة
- § توفير المرونة اللازمة للتطوير والبدائل
- § تقديم خطة لاستخدام الأرض بمجرد إغلاق الموقع

٢-١ المناهج التصميمية

في بادئ الأمر بُدلت محاولات لتحديد مواقع دفن في مناطق تتولى فيها آليات طبيعية إما التخفيف من أو معالجة الرشيح ولكن بحلول الثمانينات من القرن الماضي تحولت فلسفة إدارة مدافن النفايات بشكل أكبر نحو الاحتواء بدلاً من أى شكل من أشكال الإطلاق المحكوم. وينطوي المدفن الحديث (أو المعطس الجاف) وهو نظام على التقنية الهندسية على مراحل متعددة من التخطيط المكثف التصميم قبل الإنشاء. فطالما أنشئت المدافن الصحية من طراز المعطس الجاف لدفن النفايات الخطرة فسيكون من الضروري عند تصميمها وإنشائها وتشغيلها وخاصة بعد إغلاقها الأخذ في الاعتبار الفشل المحتمل لنظام احتواء نفايات المدفن (Lee and Jones-LeE 1993).

ويمكن تقسيم المناهج التصميمية إلى اتجاهين رئيسيين وهما مقاييس التصميم الهندسي ومقاييس التصميم القائمة على الأداء (Stephens and Coons 1994). وعلى الرغم من أن المقاييس الهندسية تقدم أداءً متقدماً تقنياً إلا أنها عادة ما تكون فرضية ولا تقدم أى مرونة تذكر بالإضافة إلى إنها تكلفتها عالية. وقد أصدرت اتفاقية بازل وهى

معاهدة عملاقة في مجال التحكم في و الإدارة السليمة للنفايات الخطرة أدلة إرشادية فنية حول مدافن النفايات الخطرة ذات الهندسة الخاصة (أمانة سكرتارية بازل ٢٠٠٢) تهدف إلى تقديم الإرشاد والتوجيه للبلاد التي تبني قدرتها على إدارة النفايات بطريقة كفئة وسليمة بيئياً.

وعلى الناحية الأخرى فإن المقاييس التصميمية القائمة على الأداء تسمح بمرونة التصميم بشرط الالتزام بالمقاييس كما إنها أقل كلفة وتتطلب مستوى معين من التحكم البيئي فضلاً عن سماحها بإعادة استخدام بعض أنواع النفايات في الإنشاء ومواد التشغيل مما يوفر سوقاً لبعض إحتياطي المخزون من النفايات.

وعموماً فإن معايير التصميم يتم تكييفها تبعاً لطبيعة التربة و الصخور تحت سطحية الى عمق يتراوح بين ٢٥ إلى ٥٠ متر وظروف الرطوبة و الجفاف و مدى إمكانية تطبيق الأنظمة والتقنيات الهندسية والتصميمات العالية التكلفة. وبناء على ذلك و على الأسس التصميمية توجد ٣ أنواع من مدافن النفايات (Blight, 1996) وهي :-

§ مدافن ذات التحكم الطبيعي والتي تعتمد على الصفات الطبيعية للموقع (التربة منخفضة النفاذية على سبيل المثال) للتحكم في تدفق الرشيح والغاز من مدافن النفايات

§ مدافن النفايات المصممة هندسيا والتي تستخدم أنظمة هندسية (كأنظمة تجميع الرشيح والغازات) للتعويض عن أوجه القصور الموجودة في الخصائص الطبيعية للموقع للحد من التأثيرات البيئية خارج الموقع

§ مدافن المناطق الجافة المستنانه والتي قد تستثنى من العديد من المتطلبات، فمدافن النفايات الخطرة الآمنة في المناطق شديدة الجفاف لا تتبع أي من هذين النوعين تحديداً ولكنها تشمل مكونات من كل منهما

هذا ولا يأخذ تصنيف مدافن النفايات الخطرة الحجم في الاعتبار ولكنه يستند إلى تصنيف درجة الخطورة للنفاذية (إدارة الشئون المائية والغابات بجمهورية جنوب أفريقيا ١٩٩٤) - أيضا راجع وثيقة الأدلة الإرشادية لاختيار المواقع و دراسة تقييم الأثر البيئي

١-٢-١ المدافن ذات التحكم الطبيعي

وهي مدافن لا تعتمد على أنظمة للاحتواء والتجميع والتخلص من الرشيح. وتقع خلية النفايات القاعية على ارتفاع ١,٥ متراً على الأقل من أعلى منسوب موسمي للماء على أن تؤخذ في الاعتبار أعماق فاصلة أكبر تبعاً لنفاذية التربة وقابلية التجدد للرشيح. فلا بد من وجود طبقة يبلغ سمكها ٢ متر على أقل تقدير من التربة المنخفضة النفاذية ذات نفاذية تقدر بـ (١٠) سم^٦/ثانية أو أقل (مثل الطفل أو الطمي) أسفل كل من خلايا النفايات القاعية. وقد يمكن الموافقة على سمك طبقي أقل للتربة المنخفضة النفاذية أو الاستغناء عنها كلية بناء على إمكانية توليد الرشيح والعمق غير المشبع والنفاذية وقدرة الرشيح على التجدد في التربة الموجودة والجودة النوعية للمياه الجوفية واستخداماتها.

٢-٢-١ مدافن النفايات في المناطق الجافة المستنثة

هناك افتراض سائد بأن كمية الأمطار التي يمكن أن تتخلل إلى النفايات المدفونة بموقع في منطقة جافة قليل أو منعدم إذا كان الموقع مناسباً. كما يعتقد أن المناطق التي تحتوي على نطاق رطوبى غير مشبع سميك و التي تكون شائعة في الأقاليم شديدة الجفاف تبطئ حركة الماء و تحد من خطر انتقال الرشيح أو الملوثات إلى المياه الجوفية. واستناداً إلى هذين الافتراضين فمن الممكن ألا ينتج مدفن للنفايات الخطرة يقع في منطقة مناخية جافة رشيحاً من مصادر المياه (كهطول المطر) بخلاف ذلك الموجود داخل النفايات في زمن التخلص. ففي بيئة كذلك قد يتبخر الماء بسرعة كافية بحيث لا ينتج كميات مؤثرة من الرشيح وبالتالي لا تتطلب معالجة. وقد زعم كل من (Fouri and Blight 1999) أن الحسابات الهندسية في المناخ الجاف والشبه جاف تبين أن إمكانية توليد الرشيح يمكن أن تكون منخفضة للغاية أو منعدمة إلى درجة الصفر مما لا يستدعى معه إنشاء أنظمة مكلفة لإدارة الرشيح.

كما أوضح المؤلفان كيفية إيقاف تدفق رشيحى صغير بشكل كامل بزيادة السعة المائية (الرطوبية) للمدفن بدرجة طفيفة. ويوجد حالياً العديد من الاقتراحات التي تؤيد أسلوباً أو منهجاً أكثر عملية وفعالية يتم بموجبه التساهل فيما يتعلق بالمقاييس الخاصة بالمبطنات وأنظمة إدارة الرشيح في تلك المناطق مع الاعتماد على النظام الطبيعي (الخصائص الجيولوجية للموقع) لعزل الملوثات في مواقع دفن النفايات بالمناطق شديدة الجفاف.

٣-٢-١ المدفن الهندسى للنفايات (المدافن الهندسية)

وهى مصممة لكي يكون بها أنظمة لاحتواء الرشيح وتجميعه والتخلص منه. أما المواصفات الدنيا لمبطنات أنظمة احتواء الرشيح فهى مبطن من التربة المدكوكة بسبك ١٠ و نفاذية قدرها $(١٠)^{-٧}$ سم/ثانية أو أقل. أما الحد الأدنى للانحدار القاعى للمبطن فهو ٢% للمنحدرات الحاكمة و ٥,٠ % بالنسبة لباقي المنحدرات.

أما التربة الطبيعية منخفضة النفاذية والأغشية المصنعة من مواد أرضية والمبطنات المركبة التي تتكون من غشاء أرضى (جيولوجى) وطبقة تربة والتي توفر نفس مستوى احتواء الرشيح فبدائل مساوية ومقبولة. هذا ويمكن الموافقة على المبطنات ذات النفاذية الأعلى تبعاً لإمكانية توليد الرشيح والعمق غير المشبع والنفاذية وقدرة الرشيح على التجدد في التربة الموجودة. والمواصفات الدنيا لأنظمة تجميع الرشيح هى طبقة صرف رملية بسبك ٣,٠ متر ونفاذية قدرها $(١٠)^{-٢}$ سم/ثانية أو أكبر وتعد شبكات الصرف الاصطناعية التي تقدم نفاذية مساوية بديلاً مقبولاً.

وفي حالة ما إذا كان هناك أى احتمال من أن تسبب ترسيب مكونات الرشيح في مشكلة انسداد فلا بد من تصميم نظام تجميع الرشيح بحيث يمنع حدوث هذا الترسيب أصلاً. ولا بد من تصميم طبقة الصرف بدرجات انحدار وأنايبب تجميع مناسبة بحيث لا يتجاوز العلو (المنسوب) الهيدروليكي للرشيح على المبطن ٣,٠ متر في أى وقت.

٣-١ الاستراتيجيات الخاصة بتصميم مدافن النفايات في البلاد النامية بالمناطق الجفاف

يواجه معظم المسؤولين عن إدارة النفايات صعوبات كبيرة نتيجة لنقص المعلومات الموثقة فضلاً عن غياب معايير أو خطوط إرشادية متاحة عن الموضوع. وفي بعض الأحوال نجد ميلاً لتطبيق خطوط إرشادية أو تنظيمية ولوائح من قبل الدول الصناعية دون تعديل أو تكييف للظروف المحلية مما يتسبب في معظم الأحوال في تعسر المشروعات. وحتى الآن يعد التخلص الغير آمن في المقالب و المكبات المكشوفة هو الشائع. بمنطقتنا العربية للتخلص من النفايات المحلية والنفايات الصلبة و الخطرة على حد سواء. وعادة ما تكون مواقع الطمر أو المدافن غير الصحية سيئة الاختيار قاصرة التصميم ومفتقرة إلى التقنية الهندسية و تؤدي الى آثار بيئية وصحية سلبية.

وقد بُذلت مجهودات عديدة في محاولة لبناء مدافن آمنة للتخلص من مختلف النفايات وخاصة في البلاد النامية شديدة الجفاف (Al-Yaqouti and Townsend 2001).

وقد اشتملت تلك المجهودات على تصنيف مدافن النفايات وإجراء اختبارات معملية وميدانية على التربة الطبيعية لتحديد إمكانية الانتفاع بها كمبطنات وكأنظمة تغطية وأخيراً اختبار نماذج التصميمية للأدوات الأولية باستخدام برامج حاسوبية مختلفة (مثل v Pollute) و (HELP) ويعنى التقييم الهيدرولوجي أو المائي لأداء مدافن المخلفات (الحج، وهي شائعة الاستخدام حالياً).

وقد أظهر اختبار وتقييم إمكانية استخدام البولي - إيثيلين العالى الكثافة (HDPE) والطفل المصمت (المدكوك) كمبطنات وأغطية، أن تلك الاختيارات لا يوصى بها بصفة عامة في تصميم مدافن النفايات بالمناطق شديدة الجفاف (Lee and Jones-Lee 1995)، على أن تستخدم خيارات وبدائل أخرى مجدية اقتصادياً تستغل التحكم الطبيعي كأدوات لإنشاء مواقع آمنة. وستساعد تلك البدائل في تخفيض التكلفة العالية لأنظمة حاوية للنفايات، كما ستشجع البلاد ذات الاقتصاديات التي تمر بمرحلة انتقالية على أن تتحول من المكبات المكشوفة إلى المدافن الآمنة و الصحية المحكومة.

٤-١ التصميم العام Conceptual Design

لابد من إدراج تصميم تصورى ضمن إطار خطة تنمية الموقع التي تضع الأهداف الشاملة لتصميم المدفن. ولا بد أن يصف التصميم التصورى الوسائل والإجراءات اللازمة لوضع معايير مناسبة واختيار التقنيات التي تستوفي متطلبات الإنشاء والتشغيل والمراقبة البيئية السليمة وتحقق أهداف الأداء. ولهذا يتطلب التصميم العام إعداد رسوم مفصلة لجميع مكونات المدفن.

ولا بد أن تبين الرسوم قطاعات عرضية نمطية لنظام التبطين المقترح. بما في ذلك أنواع الطبقات والسلك والحد الأدنى للميول وحركية المياه لكل طبقة من التربة.

ولا بد أن تقوم الرسومات أيضاً بوصف مكونات نظام التبطين (أو النظام المبطن). بما في ذلك التربة والمواد الجيو-صناعية (geotextiles) والمصادر المحتملة لتلك المواد وأساس التصميم ككل. كما ينبغي أن يقوم التصميم العام

بوصف نظام تجميع وإزالة الرشيح (LCRS) من حيث الأسس التصميمية بما في ذلك الفرضيات الجوهرية ومعايير التصميم فيما يتعلق بكيفية تحكم نظام (LCRS) للوصول إلى أعماق تكون الرشيح. ولا بد من إعداد تصميم عام لنظام (LCRS) ويتضمن رسوم تبين قطاعات عرضية نمطية ومسقط أفقى لمخطط النظام وكوعات بالوعائهُ وأنابيب التنظيف والمضخات وأحواض التجميع.

ولا بد أن يشتمل التصميم العام على الرسوم الهندسية المبدئية التي تبين سمات نظام التحكم في غازات المدفن مثل مواقع آبار استخراج الغاز والمسافات الفاصلة بينها وأنابيب صرف الكثيف فضلاً عن وسائل التخزين والمعالجة ومجمع المعدات الميكانيكية.

٢ - خطوات التصميم

لا بد من إعادة تقييم وتنقيح فرضيات ومعايير التصميم الرئيسية الموضوعية أثناء العام التصوري في مستهل مرحلة التصميم التفصيلي وهي المرحلة التي يتم فيها تضمين التصميم بيانات توصيفيه إضافية عن الموقع ونتائج اختبار المواد والمدخلات الواردة من أجهزة المراجعة ومتطلبات الترخيص فضلاً عن المعلومات المتاحة الأخرى.

١-٢ معدل تولد وكميات وصفات وخصائص النفايات الخطرة

الغرض من هذا البيان هو مراجعة البيانات الموجودة والمتوقعة عن تولد النفايات الخطرة وكمياتها وخصائصها في المنطقة التي سيستخدمها المدفن المقترح. ومن بالغ الأهمية أن تستند الأرقام المبينة على نفس تعريفات وتصنيفاته فئات النفايات الخطرة. والتصنيف الشائع الاستخدام هو قائمة النفايات الخطرة الذي هو جزء من فهرس النفايات الأوروبي (EU Environment Agency 2003) وبصفة عامة فإن التطور الصناعي عامل هام في تفسير التنوع في كميات النفايات الخطرة في مختلف البلاد والمناطق وبعد التعرف على نوع النفاية يمكن توصيف وتصنيف النفايات الخطرة حسب درجة الخطورة التي تشكلها.

وتنقسم تلك النفايات إلى ٣ فئات (حسب Misra and Pandey 2004) وهي :-

- § نفايات عالية الخطورة وتحتوي على تركيزات مؤثرة من المكونات عالية السمية أو المتحركة أو المتراكمة حيوياً مثل المذيبات المعاملة بالكلور والنفايات السيانيدية والنفايات الناتجة عن إزالة الشحوم المعدنية والنفايات ذات الأصل الديوكسيني ونفايات الفينول الثنائي المتعدد الكلورة (PCB)
- § نفايات متوسطة الخطورة وتشمل الحمأة الراسبة للهيدروكسيدات المعدنية (فيما عدا هيدروكسيد الكروم الذي يندرج تحت فئة النفايات عالية الخطورة لسميته البالغة) والمعادن السامة من هذه الفئة غير قابلة للذوبان نسبياً فضلاً عن ضعف تنقلها
- § نفايات منخفضة الخطورة وتشمل النفايات منخفضة الخطورة بأحجام كبيرة وبعض النفايات القابلة للتعفن (راجع قوائم المخلفات الخطرة الصادرة عن إتفاقية بازل الدولية)
- § ويمكن إضافة النفايات بالغة الخطورة لهذا التصنيف

وتقدم خصائص النفايات معلومات تصميمية هامة مثل:

- § متطلبات التخلص والتي تختلف باختلاف درجة خطورة النفاية
- § مناطق تخزين خاصة لأنواع معينة من أنواع النفايات والتي قد تستخدم في عمليات التغطية اليومية أو النهائية
- § إعداد النفايات لتناسب طرق التخلص بالدفن
- § يؤثر نوع النفاية على أساليب التداول
- § يؤثر نوع النفاية على إجراءات التشغيل اليومية
- § يؤثر حجم تدفق النفاية على حجم التشغيل وبالتالي على التصميم
- § تحدد سعة الاستيعاب المطلوبة حيث أن معدل تولد النفايات حالياً ومستقبلاً يُحدد سعة المدافن المزمع إقامتها وأسلوب التشغيل

- § يؤثر نوع النفايات على متطلبات التغطية
- § قد تصبح معالجة الرشيح أكثر تعقيداً نتيجة للتنوع الواسع لأنواع ومكونات النفايات
- § قد تتطلب بعض المواد الخطرة تغطية فورية نتيجة لتطايرها أو لأسباب أخرى (مثل ألياف الإسبستوس)
- § يتم عزل النفايات عادة حسب النوع والخصائص الكيماوية لمنع حدوث تفاعلات غير مرغوب فيها بداخل المدفن
- § بعض النفايات التي لا تستجيب لإزالة السميات قد يتم تغليفها بكبسولة من مادة أساسية قبل التخلص منها في المدفن وتشمل مواد التغليف الخرسانة والاسفلت المصهور والبلاستيك (بولي - إيثيلين)

٢-٢ جمع المعلومات عن المواقع المقترحة

لابد من جمع ومقارنة جميع المعلومات التصميمية ذات الصلة عن المواقع المحتملة بالإضافة إلى وضع أولويات إختيار الموقع وذلك لتحقيق إختيار مرضى لأحد المواقع المرشحة إستناداً إلى قضايا إختيار الموقع والقضايا التصميمية والنموذج التصوري المقترح.

ولابد أن تحدد خريطة الأساس معايير إقصائية بالنسبة لموقع المدفن المقترح وهي معايير تؤثر خاصة على تصميم ثم تنفيذ النموذج العام.

ويُعرف المعيار الإقصائي على إنه معيار يستبعد أى منطقة مقترحة من المزيد من الدراسة كمنطقة مرشحة (لجنة المدفن الاستشارية ٢٠٠٣) وتعكس المعايير الإقصائية كل من المتطلبات والسياسات الدولية والمحلية (راجع الأدلة الإرشادية لاختيار المواقع).

وتشمل تلك المعلومات الأتى :-

١-٢-٢ إعداد خرائط مرجعية للظروف الموجودة في المواقع وحولها

عادة ما تظهر خرائط الأساس موقع المدفن بالنسبة لتولد النفايات المحيطة والتجمعات السكانية والطرق والسماوات الأخرى.

كذلك فلا بد من إعداد أو شراء الخرائط الكونتورية التي تُظهر أنماط الصرف المتاخمة لمواقع التخلص المقترحة والتي تمر خلالها. لابد أيضاً من التقييم المتأني للمناطق باللغة الانحدار أو التي قد تكون مسرحاً لتدفق سطحي مباشر محتمل من الموقع إلى المياه السطحية وتشمل خريطة أساس الموقع النمطية المعلومات والسماوات التالية :

- § خطوط كونتورية مرسومة على مسافات تتراوح بين ٥٠م و ١م
- § حدود عقارية واضحة الترسيم
- § ممرات المرافق والمباني والآبار والطرق وغيرها من السماوات الأخرى
- § قنوات الصرف
- § المياه السطحية والأراضي الرطبة

٢-٢-٢ جمع المعلومات الهيدروجيولوجية

إن حركة المياه في المنطقة غير المشبعة من التربة في المناطق شديدة الجفاف البالغة التعقيد ولا بد من متابعة المحتوى المائي والإمكانات المائية والرطوبة وغيرها من المتغيرات لكي نحدد معدلات واتجاهات حركة الماء. ويشير المحتوى المائي إلى اتجاهات حركة الماء ومدى تماسك التربة بالماء حيث يتحرك الماء خلال التربة في الحالتين السائلة أو كبخار أو كليهما معاً بشكل متزامن كنتيجة للإمكانية المائية أو للجهود المائي والرطوبة و معدلات التغير الحراري في التربة.

ويرجح تقييم الظروف المائية العامة في موقع مدفن النفايات وعلى مقربة منه في المناطق شديدة الجفاف والبالغة الجفاف أن متوسط سنوي منخفض لهطول الأمطار ومتوسط سنوي مرتفع للبخار يمنع الماء من التغلغل لأسفل لمسافة تزيد عن ١ متر أو نحوه (في غياب التشققات الرأسية والفوالق) تحت سطح الأرض إلا أن هذه الفرضية لم تأخذ في الاعتبار التباين المناخي البالغ على مدى السنة وما بين الفصول في المناخ الصحراوي. وقد بينت بعض نماذج التوازن المائي في المناطق شديدة الجفاف والبالغة الجفاف أن إمكانية التغلغل العميق موجودة بالفعل على الرغم من متطلبات البحر السنوية العالية وذلك تحت ظروف معينة من حيث المناخ ورطوبة التربة (Nichols 1987) وقد أظهرت مراقبة ومتابعة حركة الماء في المناطق شديدة الجفاف والبالغة الجفاف وخاصة على أعماق تتراوح بين ١٠ متر و ٥٠ متر أن حركة الماء سواء كسائل أو كبخار تتجه لأعلى بشكل ثابت.

وتشير الأدلة الميدانية إلى أن تدفق بخار الماء لأعلى خلال المنطقة السميكة غير المشبعة قد يعمل كمسار لإطلاق الملوثات (Striagl and Prudic, 1994 and Prudic, 1994) ولهذا فلا بد من الأخذ في الاعتبار أهمية تدفق بخار الماء لأعلى كآلية نقل محتملة وكمسار لإطلاق الملوثات عند عمل نماذج للتوازن المائي أثناء عملية تقييم موقع النفايات المقترح في منطقة شديدة الجفاف.

ويمكن استخدام عمليات المحاكاة العددية الحاسوبية للتنبؤ بالتوازن المائي. ولذلك يوصى بتطوير مجموعة واقعية من الإحداثيات المدخلة لعمليات المحاكاة بناء على قياسات من التربة الفعلية بالإضافة إلى قيم مستمدة من المراجع فضلاً عن آراء الخبراء. ويعد النموذج الحاسوبي EPA-HELP محاكاة عددية شائعة الاستخدام لإجراء تحليلات التوازن المائي بالإضافة إلى أنظمة تغطية الحاجز الهيدروليكي التقليدية (Schroeder et al 1994) ويتطلب تصميم مدفن آمن للنفايات الخطرة في موقع شديد الجفاف المعلومات الجيولوجية التالية وتشمل على سبيل المثال لا الحصر خصائص التربة والمياه الجوفية والأساس الصخري.

خصائص التربة

المناطق شديدة الجفاف جافة بلا نباتات أو حشرات وبالتالي فموادها العضوية ضعيفة ولذلك لا تتكون تربة. وغالباً ما تكون تربة الأراضي الجافة غير ناضجة مما يجعل من الصعب التعرف عليها في السجل الصخري. وكما هو الحال بالنسبة لأوجه عديدة للأراضي الجافة فإن التربة في محيط كهذا تكون أقل فهماً وتوثيقاً بكثير من نظيراتها في المناطق المعتدلة والرطبة ولذلك فلا بد من عمل حفرتي اختبار على الأقل لكل فدان من الموقع بعمق (١) م مع اختبار التربة للتأكد من صلاحيتها لتحمل المنشأة.

على الرغم من أن معامل لدانة التربة (PI) لا بد أن يتجاوز ١٠% إلا أنه عندما يزيد معامل لدانة التربة عن ٣٠% تصبح متماسكة ولزجة مما يصعب العمل الميداني فيها. وعندما تصبح التربة ذات معامل اللدانة المرتفع جافة أكثر مما

ينبغي فقد تُكون كئلاً يصعب تفتيتها أثناء عملية الدك وقد تتكون مسارات تدفق تفضيلية حول الكتل الطينية مما يزيد نفاذية المبطن كما يمكن أن تُكون ذرات التربة الكبيرة أو الفتات الصخري مسارات تدفق تفضيلية هي الأخرى.

الأساس الصخري

وتعد خواص الأساس الصخري مثل العمق والنوع ووجود التشققات و الفوالق محددات هامة في عملية التصميم وكلما ارتفع العمق إلى الأساس الصخري كلما كان الموقع أفضل من المنظور التصميمي وبمنح أى عمق يتراوح بين ١٠ إلى ١٥م مرتبة امتياز إلى الموقع عند تقييم العمق إلى الأساس الصخري (راجع أدلة اختيار المواقع).

المياه الجوفية

وتؤثر ظروف المياه الجوفية على الملامح التصميمية للمدفن فيما يتعلق بنظام تجميع الرشيح ومتطلبات المبطن فيبيانات المياه الجوفية كمتوسط العمق والتقلبات الموسمية والانحدار الهيدروليكي و اتجاه ومعدل التدفق (السريان)، فضلاً عن نوعية المياه الجوفية واستخداماتها، كل هذه البيانات تُعتبر بالغة الأهمية عند تصميم المدفن. ويعد أعلى مستوى للمياه الجوفية على مدى ١٠ أعوام فضلاً عن منطقة شحن المياه على مدى ١٠ سنوات لتنمية الإمداد المائي الحال والمستقبلي بيانات بالغة الأهمية لتحديد العمق إلى الخلايا القاعية الأكثر إنخفاضاً. و من الضروري أن يصمم المدفن بحيث يكون تأثير ميل تدفق المياه الجوفية واتجاه تدفق المياه الجوفية على القرى الواقعة عند مهبط التيار عند الحد الأدنى (في حالة فشل النظام المبطن) ورغم أن نوعية المياه الجوفية قد لا تؤثر بشكل مباشر على تصميم المدفن إلا أنه عندما لا تنطبق المقاييس الخاصة بجودة ماء الشرب أو مياه الري على المياه الجوفية فقد يمكن الموافقة على قدر من التساهل فيما يتعلق بالنظام المبطن.

٣-٢-٢ تجميع البيانات المناخية

تعد أحوال الطقس اعتبارات هامة في تصميم مدافن النفايات فالتحكم في المياه السطحية يعتمد بشكل مباشر على هطول المطر والترشيح والبخر كما يتأثر التحكم في الرشيح بشكل مباشر بهطول المطر جنباً إلى جنب مع البخر والتج. كما قد تتأثر إمكانية الوصول إلى الموقع بظروف الطقس المطير أو الملبد بالضباب ولا بد أيضاً من أخذ اتجاهات الرياح في الاعتبار عند إقامة مصدات هوائية للتحكم في المخلفات المتطايره. ويمكن الحصول على البيانات المناخية عادة من مراقبي الطقس سواء على المستوى الحلى أو القومى ومن المهم بصفة خاصة أن يتم الحصول على بيانات حديثة ودقيقة لهطول الأمطار بحيث تكون ممثلة لموقع المدفن ومعبرة عنه حيث يعتمد تصميم منشآت إدارة المياه السطحية والرشيح بشكل أساسى على هذه المعلومات وتشمل البيانات المناخية الهامة ما يلي :

§ هطول المطر (الترسيب)

§ البخر

§ درجة الحرارة

§ اتجاه الرياح

٢-٣ التعرف على اللوائح التنظيمية والمقاييس التصميمية المحلية

وتشمل اللوائح التنظيمية والمقاييس التصميمية لإنشاء المدافن على سبيل المثال لا الحصر التغطية والمسافة الفاصلة عن المساكن والطرق والمياه السطحية والمطارات ومراقبة مقاييس الجودة النوعية للمياه الجوفية وقوانين البناء ومحتويات طلبات الحصول على التراخيص مما يستدعى التشاور مع الوزارة (الإدارة) المعنية.

٢-٤ تطوير المخطط التصميمي للموقع Site Layout Development

ويتأثر المخطط التصميمي للموقع جيولوجية الموقع ويبدأ المخطط التصميمي للموقع بمعلومات جيوتقنية وتشمل بيانات عن جيولوجية الموقع المحيط فضلاً عن دراسة مياه وتربة الموقع المحيط. ويتم جمع هذه البيانات عادة خلال عملية انتقاء الموقع مع استيفائها خلال التحقيق التالي ويتم عمل رسم تخطيطي يشمل بيانات حفر التربة وغيرها من البيانات التي تصف التكوينات تحت السطحية وظروف المياه الجوفية وذلك لتفسير الظروف تحت السطحية في الموقع موضع التخطيط.

وتساعد بيانات حفر التربة على تبيان مدى استكمال كل تكوين ما بين ثقب الحفر فضلاً عن الأعماق إلى الأساس الصخري ومنسوب المياه الجوفية. كما يتطلب الأمر العديد من الحفر والمقاطع العرضية الإضافية على مسافات إحدائية منتظمة في عدة اتجاهات (اتجاهين بحد أدنى) لتحديد موقع منطقة التخلص بشكل مناسب بداخل الموقع قيد التطوير.

٢-٥ تصميم منطقة الدفن

ويتطلب تصميم جبهة العمل أخذ التالي في الاعتبار:

- § أسلوب الدفن
- § طول وعمق وعرض الخلية وعمق المدفن وسمك الطبقة المبطنة والغطاء المؤقت وسمك التربة وسمك غطاء التربة النهائي
- § سمات التشغيل مثل استخدام تربة التغطية وأسلوب وضع الغطاء والحاجة إلى تربة من خارج الموقع والمعدات المطلوبة ومتطلبات الأفراد.
- § الكمية اليومية (طن / يوم) وحجم حركة المرور (مركبة / يوم) ومعدات المدفن

وتحسب (B) عن الموسم المطير في السنة الأكثر مطراً فإذا كانت قيمة (B) موجبة لأقل من سنة على مدى الخمس سنوات التي يوجد عنها بيانات متاحة نعتبر أن المدفن يولد الرشيح بشكل متفرق ومنتثر ويصنف الموقع (B⁻). أما إذا كانت (B) موجبة لأكثر من عام على مدى الخمس أعوام التي يوجد عنها بيانات متاحة نعتبر أن المدفن يولد كميات مؤثرة من الرشيح ويصنف الموقع (B⁺). (راجع البرنامج الحاسوبي لتقييم الميزان المناخي المائي وحسابات أخرى)

٣-١-١ إمكانيات تكون الرشيح في مدافن نفايات شديدة الجفاف

نظراً لأن كمية الرشيح المتولد في المدافن الواقعة في المناطق شديدة الجفاف هو أقل بشكل عام من المناطق الأكثر مطراً، يعد مصممو المدافن نماذج تصميمية بناء على افتراض إمكانية الاستغناء عن تركيب نظام تجميع الرشيح وحتى عن المبطن القاعي و يزعم مصممو المدافن -عن خطأ- أن المدافن الواقعة في المناطق شديدة الجفاف لا تولد رشيحاً وهي مزاعم كثيراً ما تقوم على تحليل غير سليم للتوازن المائي بالنسبة للمدفع الذي يتم فيه حساب صافي التدفق المائي السنوي وعادة ما يكون اتجاه التدفق المائي السنوي الصافي في المناطق شديدة الجفاف من الطبقات السطحية للتربة إلى الغلاف الجوي (Lee et al 1995) ومع ذلك فحتى المناطق التي تتلقى في المتوسط بضعة مليمترات من المطر في العام تمر بفترات زمنية تسقط عليها فيها كميات كبيرة من المطر على مدى فترة زمنية قصيرة وخلال هذه الفترة الزمنية نجد انتقالاً لكميات مؤثرة من المطر الساقط على سطح التربة إلى المياه الجوفية وهو أمر يمكن أن يكون سبباً مؤثراً للغاية في حدوث تلوث في المياه الجوفية (Lee et al 1995).

وهناك خطأ آخر يرتكب كثيراً خلال تحليل إمكانية تسبب مدفن نفايات خطرة في تلوث المياه الجوفية بالمناطق شديدة الجفاف هو افتراض ضرورة تجاوز سعة استيعاب أو احتواء الماء بالنسبة للنفايات قبل حدوث توليد للرشيح وهو منهج يتجاهل هطول الأمطار العرضي والنقل غير المشبع لمكونات مشتقة من الرشيح بداخل النفايات ونظام مستودعات الماء الجوفي فوق منسوب المياه إذ يمكن أن يحدث انتقال لمكونات النفايات الخطرة بسرعة في النفايات وفي مستودعات المياه الجوفية دون تجاوز سعة استيعاب الماء بالنسبة للنفايات المرتبطة بالنقل غير المشبع (Lee et al 1995).

٣-١-٢ معايير تصميم نظام تجميع وإزالة الرشيح (LCRS)

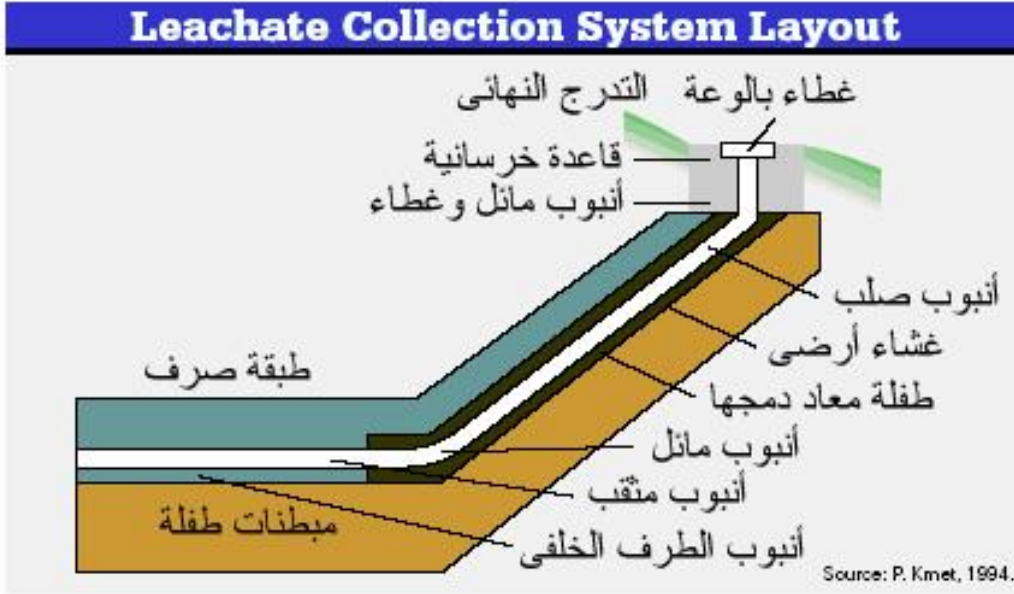
عندما يكون تركيب نظام تجميع وإزالة الرشيح ضرورياً فلا بد أن تُحدد سعته تبعاً لحساب التوازن المائي المناخي أو لأي أسلوب هندسي مقبول آخر. ولا بد أن يشمل نظام إدارة الرشيح على نظام رصد ومراقبة بحيث يقع على أقل ارتفاع في منطقة المدفن وخلالها لمراقبة أي تصاعد أو تراكم للرشيح كما ينبغي بالإضافة لذلك أن تكون وحدات التنظيف جزءاً من النظام. ولا بد أن يشمل تصميم النظام إعداد توازن مائي ومضخات وأنايب ذات أقطار كافية لإزالة الرشيح والسماح بالتنظيف كما ينبغي تصنيع الأنايب والتجهيزات من مادة مقاومة للإجهادات الميكانيكية والحيوية والحرارية والكيميائية والتي قد تحدث في بيئة المدفن (بما في ذلك الهبوط) أو التي قد يتسبب فيها الرشيح كما ينبغي استخدام المرشحات (الفلاتر) لتفادي انسداد الأنايب. ولا بد أن يستوفي نظام تجميع وإزالة الرشيح المعايير التالية :-

§ طبقة صرف حبيبي نسبة الدقة أو الدقائق المئوية ٥% تمر خلال منخل ٢٠٠.

- § النفاذية الهيدروليكية لطبقة الصرف الحبيبي : 1.0×10^{-2} سم/ ثانية
- § ينبغي أن تتكون مادة الصرف الحبيبي من حصى مستدير أو صخر غير حاد الأحرف خالي من الكربونات
- § أنبوب جمع الرشيع بقطر ٦ بوصة كحد أدنى
- § الحد الأدنى لميل أنابيب التجميع : ١% بعد الهبوط المتوقع ويتطابق مع المواصفات الخاصة بتصميم أنابيب المجارى (ميل كافى للمحافظة على سرعة التدفق)
- § الحد الأدنى من الانحدار لطبقة صرف الرشيع ٢% بعد ثبات هبوط الأساس
- § غرفة التنظيف (التفتيش) لابد أن تكون متوافقة مع معدات التنظيف المتاحة وكحد أدنى ولا بد من توفير حيز تنظيف عند نهايتى جميع أنابيب تجميع الرشيع وكيعان الكنس لسهولة تنظيفها

وقد أوصت إدارة الجودة النوعية للبيئية بولاية أوريجون بالإجراءات التصميمية التالية لنظام تجميع وإزالة الرشيع (DEQ 1998):

- § إعداد رسوم مصغرة حسب مقياس رسم محدد لمخطط نظام تجميع الرشيع شكل (٢) وتفاصيل الإنشاء
- § تُحدد خواص وخصائص ومعايير أداء طبقات الصرف الحبيبي بما فى ذلك التجانس و نوعية التربة والتوزيع الحجمى للحبيبات والحد الأقصى لحجم (مقاس) الحبيبات والنسبة المثوية القصوى التى تمر خلال منخل رقم ٢٠٠ والسلك والنفاذية الهيدروليكية المقاسة ميدانياً
- § تُحدد خواص وخصائص ومعايير أداء طبقات الصرف الصناعية بما فى ذلك نوع البوليمر (polymer) أو اللدائن المستخدمة و مدى سماحتها لانتقال السوائل ودلائل التوافق الكيماوى
- § تُحدد المتطلبات الخاصة لمادة الصرف الجيو صناعية (Geosynthetic) لتحديد الخواص المسموح بها
- § تُحدد خواص وخصائص أى طبقات صرف حبيبية بما فى ذلك تصنيف التربة الموحدة وتوزيع أحجام الحبيبات والسلك
- § تُحدد خواص وخصائص الطبقات الجيو صناعية (Geosynthetic) المستخدمة سواء فى التحكم فى الصرف أو حماية المبطن ثم بواسطة التحليل يتم تحديد الخواص المسموح بها للحماية أو طبقات الصرف
- § يُوصف الترتيب و الوضع الشكلى والأبعاد والخواص الخاصة بأنابيب تجميع الرشيع ثم يُحلل سعة الأنابيب وقوتها التكوينية (البنوية)
- § التعرف على الحد الأدنى لمواصفات الانحدار (الميل) بالنسبة لطبقات الصرف والتجميع
- § إعداد تصميم وحساب سعة حوض تجميع الرشيع
- § إعداد تفاصيل تصميم فتحة دخول غرفة التفتيش طبقاً لقدرات معدات التنظيف
- § التعرف على مكان فتحة دخول البالوعة والحد الأدنى لحيزها
- § إجراء تحليل لتقييم كفاءة نظام تجميع وإزالة الرشيع



شكل (٢): مخططاً غطياً لنظام تجميع الرشيع (المصدر: Kmet, P. ١٩٩٤)

٣-١-٣ خزانات احتواء الرشيع وأنابيب النقل

خزانات احتواء الرشيع هي خزانات تحفظية (احتجازية) متصلة بنظام أنابيب الرشيع حيث يجمع حيناً من الوقت قبل أن يتم نقله ثانية إلى وحدة معالجة الرشيع حيث التخلص النهائي أو إعادة الاستخدام. وتتمتع خزانات تجميع الرشيع بالمزيد من المزايا مقارنة ببحيرات تبخير الرشيع التقليدية أو برك تجميع الرشيع وتمثل هذه الأخيرة تهديداً للجودة النوعية للهواء والتربة والمياه الجوفية.

كما يمكن أن يكون لبحيرات تبخير الرشيع وبرك تجميعه آثار سلبية على التنوع الحيوى وخاصة الطيور. وعادة ما تصمم أنابيب النقل وفقاً لنفس الخطوط الإرشادية الخاصة بتصميم أنابيب المجارى التقليدية.

تصمم خزانات احتواء الرشيع وأنابيب النقل بحيث تكون:-

- § مانعة لنفاذ الماء (محكمة)
- § مكونة من مواد متوافقة مع كل من المدفن والرشيع
- § واقعة على أساس مستوى ومستقر و ثابت
- § ذات حجم كاف لتحميل نظام LCRS وممارسات إدارة الرشيع
- § متماشية مع المواصفات القياسية لأنابيب المجارى وكيفية إدارتها
- § يجب أن تكون الأنابيب قادرة على تحمل ظروف الخدمة والأشغال والإجهادات

٣-١-٤ معالجة الرشيح و حيز التخزين

تصمم وحدة معالجة الرشيح و حيز التخزين لاستيفاء المعايير التالية:-

- § يؤخذ في الاعتبار السعة التخزينية المتاحة التي تعكس ممارسات إدارة الرشيح المتبعة (التي تم تبنيها)
- § لا بد أن تكون بطانة خزان الرشيح ماثلة لتصميم مبطنات المدفن أو تفوقها من حيث إجراءات التأمين
- § لا بد من تركيب نظام لاكتشاف التسرب تحت بطانة خزان الرشيح لمراقبة السوائل التي تتواجد بأعماق كبيرة بداخل تلك المخازن الاحتجازية
- § لا بد أن تتمتع خزانات الرشيح بخلوص كافى فوق سطح السائل (Freeboard) لاحتواء ومنع أى طفح نتيجة للعواصف العرضية

٣-١-٥ نظام معالجة الرشيح

يمكن أن يكون نظام معالجة الرشيح إما بداخل الموقع أو خارجه.

- § لا بد أن يصمم نظام التخلص والمعالجة لتحقيق الأهداف المرجوة طبقاً لمدى تلوث السائل الخارج (effluent). بما يلائم التصريف الطردى (التفريغ) المباشر أو المعالجة الأولية قبل التصريف إلى منشأة معالجة أخرى. يتم تصميم عملية معالجة الرشيح بناء على نتائج دراسات تصنيف الموقع ودراسة الجدوى وتقرير التصميم العام.
- § وعلى تصميم نظام التخلص والمعالجة الخاص بالرشيح مراعاة التالى:-

- § مكونات الرشيح و معدلات التدفق
- § إجراء دراسات قابلية المعالجة على رشيح خاص بالموقع تحديداً قبل الالتزام بأى عملية أو تقنية بعينها لمعالجة الرشيح
- § لا بد لأهداف معالجة الرشيح والمعايير التصميمية (ككفاءة السائل الخارج وكفاءة المعالجة) متفقه مع متطلبات التخلص النهائى و الصرف على الشبكات العمومية
- § الحاجة إلى اختبارات إضافية لتقييم تنوع الرشيح وقابليته للمعالجة

٣-٢ نظام التبطين Liner System

تصمم مبطنات المدافن لكى تقلل للحد الأدنى تسرب الرشيح إلى التربة و المياه تحت السطحية الواقعة أسفل المدفن وبهذا نستبعد إمكانية تلوث المياه الجوفية وفي ذات الوقت تحد من حركة غازات المدفن إلى خارج الموقع (Tchobanoglous and et al).

كما يجب أن تزود الوحدات الجديدة لمدفن النفايات الخطرة والتوسعات الجانبية للوحدات القائمة فعلاً إما بمبطن مركب أو تصميم بديل معد خصيصاً للموقع ويستوفى معايير الأداء البيئى. ولا بد أيضاً أن تراعى فى وثائق تصميم نظام التبطين الاعتبارات الفنية التالية :

- § معايير الأداء
- § تفاصيل الإنشاء (التثبيت والاختراقات)
- § خواص المواد
- § الأبعاد

- § المنحدر القاع والجدران الجانبية
- § عمليات الموقع خاصة تسلسل ملء الخلايا والترتيب الوضعي
- § خواص الاحتكاك البيئي لمكونات نظام المبطن
- § الظروف المتوسطة مثل مستويات المياه الجوفية وخواص التربة. ولا بد أن تشمل أنظمة التبطين التقليدية على مكون طبيعي (تربة) ومكون (إصطناعي) غشائي - أرضي



الشكل (٣): الأوجه التصميمية لأنظمة التبطين التقليدية

(Philip O'Leary and Patrick Walsh: 2002)

١-٢-٣ نظام المبطن: مكون البطانة الترابي Soil Liner Component

لا بد أن تنشأ المبطنات الترابية من سلسلة من الطبقات المدكوكة ولتحديد سمك الطبقة فلا بد من مراعاة خصائص التربة ومعدات الدك وخصائص الأساس ومتطلبات الدك ونفاذية المبطن ولا بد أن يصل الدك إلى الأجزاء السفلية (الأكثر انخفاضاً) من الطبقة لإقامة ارتباط جيد متجانس. وتعد أساليب الاختبار مثل التوزيع الحجمي للحبيبات وحدود " آتبرج " والعلاقة بين الرطوبة والكثافة ضرورية لتصنيف التربة المبطنة. ويتم تصميم المبطن الترابي طبقاً للمعايير التالية :

- § النفاذية القصوى (١٠) ٧^{-} سم / ثانية
- § يمكن التساهل بالنسبة للمناطق شديدة الجفاف
- § السمك المدمج الأدنى ٦٠ سم على الأقل
- § حدود " آتبرج " معامل المرونة ١٠%

- § النسبة المئوية للحببيات : ٥٠% تمر خلال غربال رقم ٢٠٠
- § النسبة المئوية للمادة الخشنة : يحتجز غربال رقم (٤) ١٠% منها
- § الحجم الجسيمي الأقصى بما في ذلك الكتل الطينية يتراوح من ٢,٥ إلى ٥ سم

٢-٢-٣ مكون الغشاء الأرضي (الجيولوجي) للمبطن Geomembrane Liner Component

تعد مواصفات الغشاء الأرضي (الجيولوجي) متطلباً ضرورياً للتعرف على وظيفة الغشاء الأرضي ولتحديد الخواص المطلوبة في الغشاء الأرضي لكي يؤدي وظيفته المقصودة ولتحديد أثناء الخدمة (مقاومة تغيرات درجة الحرارة والإشعاعات فوق البنفسجية والرشح والإجهاد الميكانيكي).

و يجب أن يُصمم الغشاء الأرضي (الجيولوجي) لمبطن المدفن بحيث يستوفي المعايير التالية :-

§ يُركب غشاء البولي - إيثيلين العالى الكثافة (HDPE) بسمك (١,٥ سم) كحد أدنى بحيث تكون

على اتصال مباشر و منتظم مع المبطن الترابي الواقع أسفلها. يمكن النظر في مبطنات غشائية أرضية أقل سمكاً أو حتى الاستغناء عنها بالنسبة للمدافن بالمناطق شديدة الجفاف تبعاً لإمكانية تكوين الرشح

§ لا بد أن يكون الغشاء الأرضي متوافقاً كيميائياً مع الرشح وغاز المدفن وغيرها من الظروف البيئية المتوقعة داخل المدفن

§ لا بد أن يكون الغشاء الأرضي متوافقاً فيزيائياً مع خواص التربة الوسيطة المقترحة وخواص الماء و الردم

§ لا بد أن يكون الغشاء الأرضي قادراً على تحمل ومقاومة الاجهادات المتوقعة على المدى القصير والطويل نتيجة لإنشاء وتشغيل المنشأة

§ لا بد من التقليل لأدنى حد ممكن من عدد اختراقات الأنابيب و آبار الرصد خلال الغشاء الأرضي

§ لا بد أن تكون الخواص الاحتكاكية للغشاء الأرضي متوافقة مع غيرها من مكونات النظام المبطن وذلك للتقليل إلى الحد الأدنى من الإجهادات الميكانيكية على أى مكون

ونورد فيما يلي الإجراءات الشائع لتصميم مبطنات الأغشية الأرضية:-

§ تحدد معايير الأداء والخواص الطبيعية (الفيزيائية) للأغشية الأرضية والأغشية الأرضية الصناعية المرتبطة بها.

§ تحديد خواص الغشاء الأرضي المقبولة

§ تحليل استقرار وثبات النظام المبطن في المناطق المنحدرة جانبياً

§ تحليل انسياب الغشاء الأرضي أو متطلبات إنحناءة أو تثبيتة مع إعداد تفاصيل التصميم

§ إعداد تفاصيل تصميم أحواض التجميع واختراقات الأنابيب والوصلات الميكانيكية..... الخ

§ تحديد متطلبات تأكيد الجودة الإنشائية (CQA) ومراقبة الجودة الإنشائية (CQC)

٣-٢-٣ إمكانية الانتفاع بالمبطنات الغشائية المرنة (FML) في منطقة شديدة الجفاف

قد يتسبب ارتفاع درجات الحرارة غير الاعتيادي خلال فصل الصيف (أكثر من ٥٧° مئوية) في المناطق شديدة الجفاف فضلاً عن التغير في الطقس خلال فصل الشتاء في تحولات تطراً على خواص الغشاء الأرضي ولهذا فلا بد من الحفاظ على سلامة الغشاء الأرضي على مدى العمر التصميمي للمدفن. وتتكون المبطنات الغشائية المرنة (FML) من بلاستيك تم تطويره من عدة أنواع من البوليمرات وتشكيلة واسعة من الإضافات لإضفاء خواص خاصة على المبطن.

وفيما يلي سنورد الأنواع الرئيسية للمبطنات الغشائية المرنة (Forseth and Kmet, 1983) :-

- § مطاط البيوتيل (Butyl Rubber)
- § البولي - إيثيلين الكلور Chlorinated Polyethylene (CPE)
- § كلورو سلفونيتيد بولي - إيثيلين Chloro-Sulphonated Polyethylene (CSPE)
- § البولي أليفين المرن (ELPO) Elasticized Polyolefin
- § مطاط إيثيلين - بروبيلين
- § نيوبرين Neoprene
- § بولي - إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE)
- § بولي - - إيثيلين عالي الكثافة (HDPE)
- § بولي فنيل كلوريد (PVC)

وفيما يلي العوامل الرئيسية التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند إختيار الغشاء

- § مقاومة التعرية
- § توافق التربة
- § مقاومة الهجوم الحيوي
- § الملائمة الفيزيائية
- § التوافق مع النفاية

يعد مصدر القلق الرئيسي فيما يتعلق بالمبطنات الغشائية هو ما إذا كانت تستطيع الحفاظ على نفاذيتها المنخفضة طوال عمر المدفن إذ يمكن أن تزداد النفاذية بسبب تمزق أو تهاك (تكسر) الغشاء وهو ما يتفق مع بيان Merry Bray (١٩٩٧) ومفاده أن من المتوقع تشوه المبطنات الغشائية نتيجة هبوط المادة الواقعة أسفلها فضلاً عن تعرضها لظروف التعرية أثناء الإنشاء وهي أيضاً عرضة للضوء فوق البنفسجي ودرجات الحرارة القصوى المحتملة وهو الأمر الذي يمكن أن يسبب تهاك المبطن وعلى مواد المبطن المختارة أن تقاوم تلك الآثار أو يتم تغطيته بطبقة من التربة. وقد تتسبب بعض مكونات التربة في تهاك وانحطاط المبطنات الغشائية (Forseth, and Kmet 1983) وتشمل تلك المكونات أكاسيد الفلزات والمركبات الكلوريدية والكبريتية والمركبات العضوية والتربة الحمضية والمركبات المصنعة أو المخلقة من المنتجات البترولية (النفطية)

فإذا كانت تربة الموقع تحتوي تلك المركبات بمستويات غير عادية أو إذا كان الأس الهيدروجيني $pH < 5$ فلا بد من إزالتها أو تغطيتها كما يمكن استخدام أغشية مقاومة لتلك التأثيرات.

وتشمل الخواص الفيزيائية التي لا بد أن يتمتع بها المبطن الغشائي ما يلي :-

- § قوة توتر (شد) كافية
- § مقاومة التمزق والتثقيب التسييل/التمدد
- § سمك كافي
- § خواص استتالة كافية
- § قوة عالية عند خطوط الالتئام (التدرز)
- § نفاذية منخفضة
- § أساس خطوط الالتئام الميدانية

الحد الأدنى المطلوب بالنسبة لسمك المبطنات الغشائية هو ٢ ملم لأن الأغشية الأكثر سمكاً رغم كونها أقوى وأكثر مقاومة للانحلال الكيماوي إلا أنها أكثر تكلفة وبالتالي فلا بد من اتخاذ القرارات الخاصة باستخدام مبطنات أكثر أو أقل سمكاً من الحد الأدنى المطلوب في كل حالة على حدة وبعد دراسة كل موقع تحديداً. وقوة خط الالتئام بالغلة الأهمية حيث أنها هي غالباً الحلقة الضعيفة في بنية المبطن. ولا بد أن يشتمل إختيار مبطن النظر في الأساليب الفنية لخطوط الالتئام الميدانية ففيما يوصى المصنعون بالأساليب الفنية لربط الصفائح (الألواح) الغشائية إلا أنها أساليب لا بد من تقييمها للتأكد من توافقها مع الظروف الميدانية المتوقعة. وتشمل المشاكل الشائعة الحدوث القيود الخاصة بدرجات الحرارة ووجود الأتربة والغبار في موقع العمل (الميدان).

٣-٣ نظام التغطية النهائي

تصمم أنظمة التغطية للتقليل إلى الحد الأدنى من تولد الرشيح وذلك بالتقليل إلى الحد الأدنى من ترشح الماء من المطر الساقط وبالحد من الإطلاق غير المحكوم لغازات المدفن والحد من تولد حاملات الأمراض من الحشرات (Sharma and Sangeeta).

وتتكون أنظمة المبطن والتغطية من مكونات مختلفة تخدم أسلوب تصميم المدفن. وتشمل القضايا التصميمية الهامة الأخرى المتعلقة بتصميم الغطاء النهائي احتواء غازات المدفن والسيطرة عليها بالإضافة للهبوط والتآكل ومتطلبات الصيانة طويلة المدى وثبات (استقرار) المنحدر. ولا بد أن يستوفي تصميم نظام التغطية النهائي المعايير التالية :-

- § الانحدارات الدنيا ٢% والقصى ٣٠%
- § التكيف مع الهبوط المتوقع
- § احتواء غاز المدفن ودعم جهود جمع واستعادة الغاز
- § التقليل من التآكل إلى الحد الأدنى
- § التقليل إلى الحد الأدنى من ترشح الماء السطحي
- § الحفاظ على الثبات (الاستقرار) على المنحدرات الجانبية
- § تجميل الموقع
- ✓ يصمم نظام التغطية النهائي باتباع الإجراءات التالية
- § إعداد مقاطع عرضية نمطية لتصميم نظام التغطية بالنسبة للقمة والمنحدر الجانبي

- § استخدام (كلما كان ذلك متاحاً) النسخة الأحدث لبرنامج الحاسوب للتقييم المائي لأداء المدفن (HELP) الصادر من وكالة حماية البيئة الأمريكية وذلك لتقدير الترشح
- § تحليل ثبات المنحدر
- § تحليل الهبوط المحتمل
- ✓ توصيف كل طبقة من نظام التغطية بما في ذلك
- § طبقة الأساس
- § الطبقة منخفضة النفاذية
- § طبقة الصرف
- § الطبقة الحامية (الواقية)
- § طبقة التربة السطحية
- § الطبقة الخضراء

٣-٣-١ طبقة الأساس

تعمل طبقة الأساس كقاعدة إما لطبقة تربة منخفضة النفاذية وإما لطبقة غشائية أرضية ولا بد لطبقة الأساس أن تتحمل وتحمل الغطاء خلال مرحلة الإنشاء وبعدها.

٣-٣-٢ طبقة منخفضة النفاذية

تصمم الطبقة منخفضة النفاذية لتقلل للحد الأدنى من ترشح الرطوبة (الماء) ولتحسن من احتواء غاز المدفن والسيطرة عليه وللتكيف مع ظروف بيئية وفيزيائية خاصة بالموقع تحديداً. ويبدو تخزين رطوبة (ماء) التربة واستخدام البحر والنتح لتخفيض تولد الرشح أمر بالغ القيمة في المناطق شديدة الجفاف خصوصاً كما أن لزيادة عمق التربة والسعة المائية المتاحة آثار ملموسة على التوازن المائي لأنها تجعل النتح والبحر الفعليين يقتربان من المعدلات العالية المعتادة بالنسبة لهذا المناخ.

٣-٣-٣ الطبقة الحاملة لصرف المياه السطحية Drainage Layer

تصمم طبقة الصرف لتقلل إلى الحد الأدنى من الترشح وتولد الرشح ومشاكل ثبات المنحدرات والتآكل ولتحسين إمكانية حركة معدات الصيانة. وتصمم طبقة صرف نظام التغطية النهائي بإتباع الإجراءات المذكورة التالية:

- § تُحدد خواص ومعايير أداء طبقات الصرف الحبيبي بما في ذلك تصنيف التربة الموحد والتوزيع الحجمي للحبيبات وأقصى حجم للحسيمات والنسبة المثوية القصوى التي تمر خلال منخل رقم ٢٠٠ والسماك والنفاذية الهيدروليكية
- § تُحدد خواص ومعايير أداء طبقات الصرف الأرضية الاصطناعية بما في ذلك نوع البوليمر وقابلية النقل
- § تحديد خواص طبقات المرشح الحبيبي بما في ذلك تصنيف التربة الموحد والتوزيع الحجمي للحبيبات والسماك
- § تُحدد خواص الاغشية الأرضية الصناعية المستخدمة في الطبقات الواقية وطبقات الترشح
- § يُحلل أداء طبقة الترشح
- § تُحدد تشكيل وأبعاد وخواص نظام أنابيب التجميع

- § يُطور تصميم المصرف الخارج
- § يُحلل أداء طبقة الصرف

٣-٤-٣ الطبقة الواقية Protective layer

قد تستخدم طبقة تربة إضافية لحماية الطبقات منخفضة النفاذية من التلف الفيزيقي (الطبيعي) أو البيئي. يتم تحديد أبعاد وخصائص الطبقة الواقية بما في ذلك تصنيف التربة الموحد والتوزيع الحجمي للحبيبات والسلك والنفاذية والحجم الأقصى للحبيبات. إذا وضعت الطبقة الواقية فوق طبقة الغشاء الأرضي مباشرة فلا بد أن تستوفي الطبقة الواقية المعايير التالية :

- § توفير عمق للجذور النباتية وتخزين مائي كافيين للنباتات المختارة.
- § حماية الطبقة منخفضة النفاذية من اختراق الجذور والتحفيف والجفاف.
- § حماية الطبقات الأرضية الاصطناعية من الثقب والتلف الفيزيقي أو الطبيعي.

٣-٥-٣ طبقة التربة السطحية Topsoil layer

الوظيفة الأولية لطبقة التربة السطحية تتمثل في توفير وسط نموذجي أو مثالي لنمو النباتات المرغوبة. ويمكن تعديل طبقة التربة السطحية بنفايات الخشب أو الحماة أو بالسماذ في حالة وضعه بمعدلات زراعية سليمة و بطريقة ملائمة و على ألا تُسبب تعديلات التربة تلك روائح كريهة أو ملوثات محمولة جواً ومشاكل تمس نوعية المياه السطحية ولا بد من تحديد خصائص التربة السطحية بناء على تحليل دقيق و متمهل للبدائل النباتية والمتطلبات التسميدية.

٣-٦-٣ طبقة الإستنبات Vegetative layer

والوظائف الأساسية للغطاء النباتي هي التقليل إلى الحد الأدنى من تعرية التربة والصيانة طويلة المدى وزيادة البحر والنتج إلى الحد الأقصى. ولا بد أن تكون الطبقة الخضراء متوافقة مع مكونات نظام التغطية الأخرى وسهلة الصيانة. ولا بد أن تتوافر في النباتات المراد زرعها المعايير التالية :-

- § أن تكون قصيرة و سطحية الجذور
- § متوافقة محلياً
- § مقاومة للجفاف ودرجات الحرارة القصوى
- § قابلة للازدهار أو النمو في تربة منخفضة العناصر الغذائية مع الحد الأدنى من الإضافة الغذائية
- § كثيفة النمو بحيث تقلل إلى الحد الأدنى من تعرية التربة (الحد المقبول لا يزيد عن ٢ طن / فدان / عام)
- § قابلة للبقاء والقيام بوظيفتها في ظل صيانة محدودة أو معدومة

٣-٧-٣ بديل الطبقة الاستنباتية (الغطاء النباتي) Alternative to vegetative layer

قد لا تكون الطبقة الاستنباتية متوافقة مع الظروف المناخية للموقع أو مع خطة استخدامه النهائية. فإذا بدأ التخطيط لطبقة بديلة لا بد من تقييم تعرية التربة ومتطلبات الصيانة طويلة المدى والتوافق مع مكونات نظام التغطية الأخرى. ولا بد للمادة المحددة أن :

- § تتكيف مع الهبوط دون تأثر وظيفتها سلباً

- § تعمل على تحسين الانحدار الإيجابي لدعم الصرف السطحي بعيداً عن الغطاء
- § أن تكون ثابتة ومقاومة للتعرية أثناء المطر البالغ الغزارة و الرياح البالغة القوة
- § تحد من تعرية التربة بحيث لا يزيد عن ٢ طن / فدان / عام

٨-٣-٣ التصميم النمطي لنظام التغطية

ويتكون نظام تغطية مدافن النفايات الخطرة الذي أوصت به وكالة حماية البيئة الأمريكية في توجيهها الصادر عام ١٩٨٩ من التالي :-

§ طبقة سطحية ذات مكونين هما :-

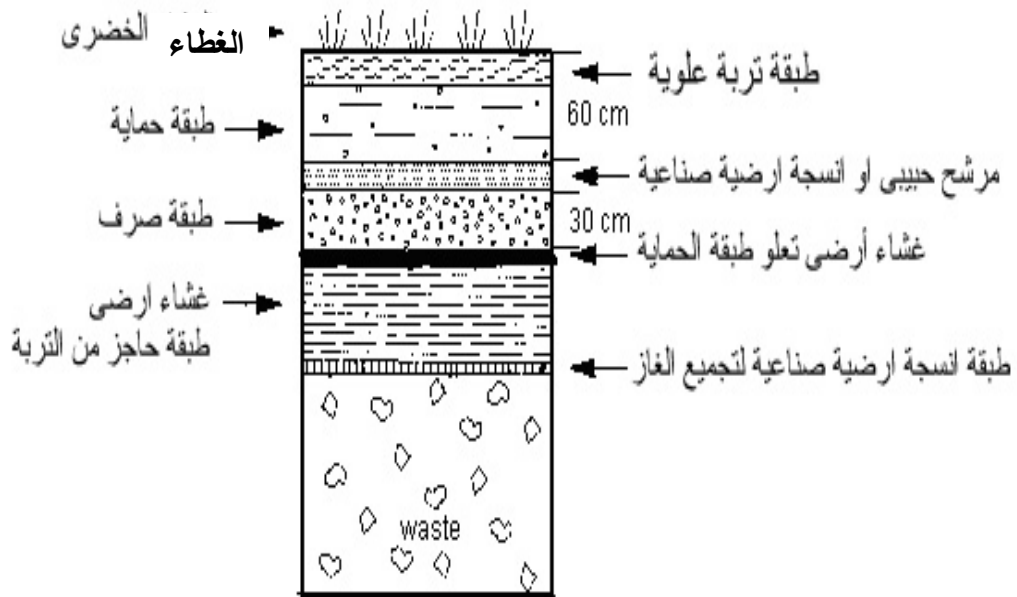
١. سطح استنباتي يتم اختياره للتقليل إلى الحد الأدنى من تعرية التربة ولتحسين الصرف بعيداً عن الغطاء (قدر الإمكان)

٢. طبقة ترايبية بسلك لا يقل قدره عن ٦٠ سم (٢٤ بوصة) يشتمل على تربة سطحية أو تربة حشو (ملء) حسبما اتفق - بحيث ينحدر سطحها بانتظام بمقدار ٣% على الأقل على ألا يزيد عن ٥ %

§ إما طبقة صرف حصوى (ومبطن غشائي مرن كطبقة واقية) بسلك لا يقل عن ٣٠ سم (١٢ بوصة) ونفاذية هيدروليكية دنيا قدرها (١٠) ٢^{-} سم / ثانية مما يقلل عملياً الحد الأدنى من الرشح المائي داخل الطبقة المنخفضة النفاذية وانحدار نهائي قدره ٣% على الأقل بعد الهبوط والرسوب أو طبقة صرف مكونة من مواد أرضية اصطناعية بخصائص أداء معادلة

§ طبقة منخفضة النفاذية مركبة من طبقتين وتقوم بالتقليل للحد الأدنى من رشح الماء إلى النفايات الواقعة بأسفل وتتكون من :-

١. طبقة مبطن غشائي مرن بسلك لا يقل عن ٢٠ مل (٠,٥ ملم)
٢. طبقة ترايبية مدكوكة بسلك أدنى قدره ٦٠ سم (٢٤ بوصة) وبنفاذية موضعية مشبعة قدرها (١٠) ٢^{-} سم / ثانية



شكل (٤): قطاع يبين الطبقات المختلفة في نظام نموذجي لغطاء المدفن

المصدر: Landfill Cap: Environmental Expert article نشر في أكتوبر ١٩٩٧

ويلخص الجدول رقم (١) سمك وانحدار ومواصفات تصميم نظام تغطية نهائي غمطي (DEQ 1998)

المواصفات	الانحدار	السمك	المادة الإنشائية	الطبقة
مقاومة للجفاف (القحط) ومتكيفة مع الظروف المحلية وقصيرة الجذور	---	١٥ سم	عضوية	الطبقة السطحية
معدل التعرية > ٢ طن / فدان / عام)	$\geq 2\%$	٤٥ سم	تربة داعمة علوية	
نفاذية التربة > ١٠ ^{-٢} سم/ثانية	$\geq 2\%$	≤ 30 سم	تربة (خليط من رمل وحصى)	طبقة الصرف
الأداء معادل النفاذية الهيدروليكية للتربة < ٣ X ١٠ ^{-٥} م ^٢ /ثانية	$\geq 2\%$	متغير	أرضية اصطناعية	
لأنواع أخرى للمبطنات الغشائية المرنة على أن يكون سمكها ٠,٥ ملم على الأقل.	$\geq 2\%$	$\leq 1,5$ ملم	غشاء أرضي	طبقة منخفضة النفاذية
النفاذية المؤثرة أقل من ١٠ ^{-٦} سم/ثانية.	$\geq 2\%$		تربة منخفضة النفاذية	

٣-٤: التحكم في الغازات Gas Controls

نظراً لأن مدافن النفايات الخطرة تعريفاً تحوى قدرًا يمكن تجاهله (لا يذكر) من النفايات العضوية فإن إمكانية حدوث إنبعاثات غازية محدود، ومع ذلك فإن خلط فئات النفايات المختلفة ممارسة شائعة. إذ تختلط النفايات الخطرة سواء عن قصد أم عن غير قصد بالنفايات البلدية الصلبة في العديد من ممارسات التخلص من النفايات وخاصة في البلاد النامية. وقد تختلط النفايات البلدية بدرجة أقل مع النفايات المصنفة كنفائيات خطرة ولهذا السبب فإن استبعاد النفايات البلدية و/أو العضوية ليس مضموناً وبالتالي فإن الإنبعاثات الغازية احتمال وارد. ولا بد لأي مصمم ومدفن للنفايات الخطرة في بلد نامي أن يأخذ في اعتباره هذه الممارسة الشائعة. وفي ضوء هذا الفرض فلا بد من إقامة نظام لاستعادة وإدارة الغازات لأغراض تحفظية وخاصة في حالة تجاوز سعة المدفن الكلية ١٠٠,٠٠٠ طن. وبالنسبة للمدافن التي تتجاوز سعتها الكلية هذه القيمة يتم إجراء تقييم للإنبعاثات المحتملة لغاز الإستصباح (الميثان) والمركبات العضوية الإستصباحية (الغير - ميثانية) (NMOC.S) وفي حالة انبعاث المركبات العضوية الغير إستصباحية بمقدار يتجاوز أو يتوقع تجاوزه ١٥٠ طن/سنة يصبح إقامة وتشغيل أنظمة لاستعادة وإدارة غازات المدفن أمراً واجباً.

وحيثما أقيم نظام لاستعادة وإدارة الغازات فلا بد من تجنب تسريب الغازات التي تم جمعها إلى الهواء مباشرة مع تشجيع الاحتراق حتى ولو بالترמיד أو الإشعال وتفضيله على التسريب المباشر إلى الغلاف الجوي وذلك لتخفيض الروائح الكريهة وإنبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

ولا بد أن يتكيف أي تصميم لنظام تحكم في غازات المدفن مع نطاق واسع من المتغيرات البيئية والتشغيلية ومقاومة وتحمل الظروف الطبيعية والبيئية القاسية بحيث يؤدي وظيفته طالما كان ذلك ضرورياً. ولا بد أن تكون التقنيات المطبقة في نظام التحكم في غازات المدافن ملائمة ومحقة للمتطلبات التالية:-

§ مرنة من حيث التشغيل

§ سهولة الإنشاء والتعديل

§ متينة (فيزيقياً وكيمياوياً)

§ سهولة المراقبة

§ سهولة الصيانة والإصلاح

ولا بد أن يستوفي تصميم نظام التحكم في غازات المدفن المعايير التالية:-

§ التعامل مع أقصى معدل للتدفق الغازي تم التنبؤ به بالنسبة للمدفن

§ التكيف مع التنوع في تولد الغازات ومركباتها وغيرها من المتغيرات

§ التوسع حسب الحاجة لتجميع الغاز من الخلايا المستقبلية

٣-٥: التحكم في المياه السطحية

لا بد أن يستوفي تصميم نظام التحكم في الماء السطحي المعايير التالية:-

§ منع التدفق السطحي مع بداية التشغيل على الأجزاء المستغلة أو غير المستغلة من المدفن

(بافتراض حساب أعلى كمية مياه من السيول العاصفة التي يمكن أن تحدث مرة واحدة كل خمسين سنة)

- § جمع الماء المتدفق من الأجزاء العاملة وغير العاملة من المدفن والسيطرة عليه (بافتراض حدوث سيول عاصفة تدوم ٢٤ ساعة و التي يمكن أن تحدث مرة واحدة كل خمسين سنة)
- § التطابق مع أدلة صرف مياه العاصفة
- § التحكم في نقل الرواسب وإزالة المواد الصلبة العالقة كلما كان ذلك ضرورياً
- § جمع مياه العاصفة الملوثة بالرشح التي تتراكم في مناطق المدفن النشطة والتحكم فيها
- § التخزين المؤقت للماء المتدفق الزائد من تدفقات الذروة حتى يتسنى طرده بمعدل محكم و أكثر إنخفاضاً.
- § التقليل للحد الأدنى من تعرية الموقع
- § حماية سلامة وفعالية نظام تغطية المدفن
- § التقليل للحد الأدنى من متطلبات الصيانة بعد الإغلاق

٣-٦ طرق الوصول المؤدية

يعتبر وجود طريق ملائم جيد الإنشاء والصيانة للدخول و الخروج من وإلى الموقع بالإضافة إلى نظام طرق داخل موقع المدفن قادر على تحمل واستيعاب جميع المركبات التي تقوم بنقل النفايات من المتطلبات الهامة أثناء العمر التشغيلي للمدفن. ولا بد من أن تكون المواصفات المختلفة والأدلة الإرشادية الصادرة عن جهاز النقل المحلي متاحة للمساعدة في تصميم وإنشاء طرق وصول صالحة لجميع الأحوال المناخية. كما ينبغي توفير طريق وصول صالح لجميع الأحوال الجوية من الطريق العام إلى الموقع. وأن يكون ذلك الطريق مصمم ليناسب، بشكل آمن، الحجم المتوقع لحركة مرور المركبات من حارتين ذات عرض وقوة كافيين لحمل مركبات التوصيل.

يجب المحافظة على نسبة إشغال الطريق عند ٨% أو أقل كما يجب تصميم تقاطعه مع الطريق العمومي القائم بحيث يعكس متطلبات الأمان وأحجام الحركة المرورية (الدليل الإرشادي لتصميم مدافن النفايات الصلبة الصادر عن إدارة واشنطن لعلوم البيئة ١٩٨٧) كما يجب تخطيط الطرق لاستبعاد تقاطع الحركة المرورية وما ينتج عنها من اختناقات كما ينبغي توفير حيز انتظار بالقرب من أماكن الوزن وساحات انتظار لاستقبال مركبات الموظفين ومعدات المدفن.

وينتهي طريق الوصول بصفة عامة عند مواقع الوزن أو منشأة أخرى لمراقبة التوصيل. وربما يتم إنشاء طرق مؤقتة لتستغل في نقل النفايات من هذه النقطة إلى منطقة التفريغ على أن يتم الإنشاء باستخدام تربة من الموقع مع طبقة سطحية من مادة ملائمة كالحصى أو الركام (الدبش) المهشم أو الرماد أو الخرسانة المكسورة أو نفايات الهدم كما يمكن استخدام الجير أو أسمنت بورتلاند أو الأسفلت كمادة لاصقة للحفاظ على الثبات والسيطرة على الغبار والأتربة.

٣-٧ الإحاطة بسيياج (التسويج) ووضع اللوحات الإرشادية Fencing and Sign

يجب عمل سياج حول محيط المدفن للحد من إمكانية الوصول إلى موقع المدفن أما نوع وامتداد السياج فيعتمد على السمات الطبوغرافية وإن كان من الشائع استخدام السياج المجدول أو السلاسل (جزير) لهذا الغرض. كما يجب تزويد جميع نقاط الاقتراب ببيوابات ذات أقفال. يجب أن يكون المدخل مصمم بشكل جذاب فضلاً عن مساحات خضراء منسقة مع وجود لوحة إشارة في مكان بارز للتعريف بموقع المدفن وساعات التشغيل والرسوم فضلاً عن أي قيود على مستخدمي المدفن أو المواد التي يُقبل دفنها.

٣-٨ منطقة حرم الموقع Buffer Zone

لابد أن يشمل مخطط تصميم الموقع منطقة حول محيط موقع المدفن كعازل للعقارات المتاخمة وللحد من اقتراب الأشخاص غير المصرح لهم ولمنع تلوث الموقع بالقمامة أو الغبار أو الضوضاء كما ينبغي فصل منطقة العمل بالمدفن بشكل مرئي عن العقارات والأراضي المجاورة بواسطة الخضرة الطبيعية أو باستخدام الغرسات أو السواتر الترابية والتي تقوم أيضاً بتخفيض مشاكل القمامة والضجيج والغبار.

٣-٩ المنشآت

يجب توفير مبنى للإدارة ومرافق للموظفين في معظم المدافن إلا أن عدد ضئيل للغاية من المواقع قد لا يتطلب هذه المرافق والتسهيلات. لابد من توفير عنبر/مخزن-جراج للمعدات المستخدمة بالموقع وقد يستخدم مبنى أو سقيفة واحدة لصيانة وتخزين المعدات وكمكاتب أيضاً. ولا بد أيضاً من توفير مرافق صحية ملائمة لموظفي ومستخدمى الموقع ويمكن استخدام المراحيض الكيماوية لهذا الغرض. وقد تشمل المرافق الواجب توفيرها للموظفين في المواقع الأكبر حجماً حماماً (دوش) وغرفة طعام. قد تكون المباني في المواقع التي ستستخدم لأقل من ١٠ سنوات ذات طابع مؤقت وقد تكون متحركة. لابد أيضاً أن يراعى في تصميم وموقع جميع المنشآت حركة واتجاه الرياح.

٣-١٠ المرافق الخدمية Utilities

تزود مدافن النفايات الخطرة بالكهرباء والماء والخطوط الهاتفية فالكهرباء لازمة لصيانة وتشغيل المعدات الموجودة في الموقع ولأغراض الإضاءة. قد يتم تركيب مولد كهربائي بدلاً من مد خطوط الكهرباء إلى الموقع. والماء أيضاً ضرورى وبكميات كافية وتحت ضغط كاف للاستخدام في حالة الحريق وصيانة المعدات والسيطرة على الغبار فضلاً عن ماء الشرب الذي يجب أن يكون متاحاً لأفراد الموقع كما يجب توفير هاتف أو لاسلكي للاتصالات.

٤ - الفرضيات والمفاهيم البديلة والبدائل للمواد المستخدمة

أحد الأهداف الهامة لهذه الوثيقة هو تقديم مقترحات حول البدائل التصميمية وخيارات التشغيل القابلة للتطبيق في مدافن النفايات الخطرة في المناطق شديدة الجفاف وذلك لتحقيق الجدوى من ناحية التكلفة والأداء الناجح.

بمجرد الانتهاء من تطوير البدائل المحتملة قد يكون من الضروري استبعاد خيارات معينة وذلك لتقليل عدد البدائل التي سيتم تحليلها. وتنطوي عملية الاستبعاد الإنتقائي الإقتصادي تقييم البدائل من حيث الفعالية وقابلية التنفيذ والتكلفة وغالباً ما تتم هذه العملية بناءً على أسس عامة وبموارد محدودة لأن المعلومات اللازمة لتقييم البدائل بشكل كامل قد لا تكون مكتملة في هذه المرحلة من العملية.

وجارى الآن تطوير وتبنى مناهج بديلة تسمح باستخدام مواد إنشائية وتشغيلية بديلة لمكونات معينة لنظامي التغطية النهائية والتبطين وخاصة في المناطق شديدة الجفاف. هذا وقد قامت معامل سانديا الوطنية الأمريكية بتنفيذ بيان عملي لغطاء مدفن بديل (ALCD) وهي تقنية قيد التطوير بغرض تحسين أنظمة تغطية المدافن الحالية. وي طرح هذا المشروع بدائل لتصميمات أنظمة تغطية المدافن المقترحة من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية وهي بدائل ستعمل بشكل أكثر فعالية وسهولة وأقل تكلفة عند التركيب في الأحوال شديدة الجفاف وشبه الجفاف.

وقد شهدت العملية التنظيمية الدولية على مدى العقد الماضي نضجاً ملحوظاً فيما يتعلق بإنشاء وتشغيل ومراقبة المدافن. بما يسمح بالمزيد من المرونة وخاصة في المدافن الموجودة في مواقع نائية وفي مناطق مجربة. وقد بدأت الخليات وأجهزة الشئون البيئية في بعض البلدان في التحول إلى لوائح تنظيمية أكثر مرونة قائمة على مقاييس الأداء.

ولكن تنفيذ وتطبيق مقاييس قائمة على الأداء يتطلب طاقم عمل تنظيمي قادر على مراجعة التقارير التفصيلية عن الدراسات الجيولوجية المائية والنماذج المقدمة لإثبات صلاحية نظام الاحتواء بالمدفن طبقاً للمقاييس الدولية والمحلية. وجدير بالذكر أن المواد الإنشائية المتعلقة بمدافن النفايات الخطرة وخاصة مبطنات المدافن وأنظمة التغطية النهائية قد طراء عليها تحسن وتطور مستمر خلال العقد الماضي. ويجب الأخذ في الاعتبار استغلال مواد ومفاهيم بديلة عند إنشاء المدافن في المستقبل. وهذه القدرة على استخدام مواد بديلة قد توفر سوقاً لبعض النفايات المخزونة الواردة من برامج إعادة التدوير بالمجتمعات السكنية.

فمثلاً أدى استخدام كسر الزجاج لإنشاء طبقة الصرف الأولى بمدفن بمقاطعة " مديسون " بولاية نيويورك إلى توفير في التكاليف الإنشائية يقدر بـ ٣٥ ألف دولار للقدان الواحد كما أدى استخدام نحاعة الإطارات الكاوتشوك في تصنيع نظام تجميع وإزالة رشيح المدفن وطبقة التنفيس الغازي إلى تخفيض التكاليف أيضاً.

وتختلف المفاهيم التصميمية البديلة عن التصميمات ذات الحواجز الهيدروليكية وحدها في تأكيدها على الآتي :-

§ النفاذية الهيدروليكية غير المشبعة لمكونات التربة

- § النفاذية الهيدروليكية المنخفضة لطبقة (أو طبقات) التربة دقيقة الحبيبات عند درجات التشبع العالية للتربة
- § السعة التخزينية المرتفعة نسبياً للماء في طبقة (طبقات) التربة دقيقة الحبيبات مع إزالة الماء في وقت لاحق بواسطة البحر والتتح بشكل أساسي
- § زيادة النتح من خلال استخدام نباتات متنوعة أصلية أو محلية
- § سهولة الإنشاء و/ أو توفير مؤثر ملموس في التكاليف من خلال استخدام المواد المتاحة محلياً

ونقدم في هذا القسم الفرعي بعض المعايير البديلة التي تقوم بشكل أساسي على بعض التعديلات لتلائم احتياجات المجتمع النمطي في بلد نامى اقتصادياً. وهذه المعايير تعمل بشكل محدد مع القضايا بالغة الأهمية التي يجب مراعاتها في تصميم وتشغيل ومراقبة مدافن النفايات الخطرة جنباً إلى جنب مع الموضوعات ذات الصلة. وقد قصدنا من المناهج البديلة أن نساعد المنظمين (واضعي اللوائح التنظيمية) وغيرهم في تطوير منهج ثابت في التقييم والموافقة التنظيمية ونشر تقنيات محددة في مواقع بعينها.

١-٤ الأغطية الخارجية للمدفن

معظم مستلزمات تغطية المدفن والتي تشمل طبقة أساس وطبقة حاجز ذات نفاذية قدرها (١٠) 10^{-6} سم/ثانية وطبقة غطاء نباتي لا تعمل جيداً في المناخ الجاف. فقد وجد أن غطاء المدافن الواقعة تحت ظروف مناخية مجدبة قد جفت وأن الطبقة الحاجزة ذات النفاذية المنخفضة كانت باهظة التكلفة الإنشائية وقد تنهار تلك الطبقة وتصبح عديمة الفعالية بعد ٣ أو ٤ سنوات من خلال دورات الليل والجفاف المتعاقبة بل أن بعض المنشآت الموجودة في مناطق مجدبة والمطابقة للوائح الدولية لم تعد تؤدي وظيفتها بالشكل الذي كان مقصوداً في بادئ الأمر. وعادة ما تكون الطبقة الحاجزة وطبقة الصرف هي أكثر مكونات غطاء المدفن الخارجي أهمية. ويمكن أن تكون الطبقة الحاجزة من تربة (طفله) منخفض النفاذية و/أو مبطنات طفلية اصطناعية أرضية (GCL's) ثم يوضع غشاء أرضي مرن فوق الطبقة الحاجزة سالفة الذكر. وتورد الأغشية الأرضية (geomembrane) عادة في هيئة لفائف كبيرة متعددة السمك والعرض والطول. أما قائمة البوليمرات المستخدمة في الصرف و الشائعة الاستخدام فطويلة ومنها كلوريد البولي فينيل (PVC) وأنواع البولي -إيثيلين متنوعة الكثافة والبولي - بروبيلين وسيبكية بوليمر الاثيلين البيني (EIA) وغيرها كثير.

وبصفة عامة فإن التربة المستخدمة كمادة حاجزة هي طفلة مدكوكة للحصول على نفاذية هيدروليكية لا تتجاوز (١٠) 10^{-6} سم/ثانية. وغالباً ما يتم وضع طبقات التربة المدكوكة كطبقات ذات سمك لا يقل عن ١٥ سم وذلك لتحقيق سمك نهائي قدره ٦٠ سم أو أكثر. ويستخدم الغطاء المركب كلاً من التربة والغشاء الأرضي مستغلاً خواص كل منهما. على الرغم من أن الغشاء الأرضي غير منفذ أساساً إلا أنه في حالة حدوث التسرب فإن مكونات التربة تمنع حدوث تسرب ملحوظ إلى النفايات الواقعة أسفله. وتصمم جميع الأغطية لمنع ظاهرة " المغطس " التي تحدث عند وضع غطاء أكثر نفاذية فوق مبطن قاعي أو تربة تحت سطحية طبيعية أقل إنفاذاً وعندئذ يمتلئ المدفن بالماء كالمغطس.

٤-٢ بدائل لأغطية المدافن Alternative Landfill Caps

عادة ما يكون تصميم غطاء خارجي بديل عملية ذات ٥ خطوات (ITRC,2003) وهى (١) إختيار معايير الأداء، (٢) التصميم الأولى / (العام)، (٣) تصنيف وتوصيف الموقع، (٤) تحليل دقة التصميم / عمل النماذج الحاسوبية، (٥) التصميم النهائي.

إلا أن المرور على جميع تلك الخطوات ليس لازماً أو مطلوباً فمثلاً على أصحاب المنشأة والقائمين على تشغيلها والمستشارين والمنظمين تحديد مدى الحاجة إلى عمل النماذج في وقت مبكر من عملية التصميم وفي بعض المواقع قد تجعل بيانات الموقع الموجودة أو البيانات المتاحة عن مواقع مشاهمة عمل النماذج أمر غير ضرورى.

و حالياً فإن أوسع أغطية المدافن استخداما هى الأغطية الخارجية من طراز C وD التابعة لقانون حماية الموارد واسترجاعها الصادر عن وكالة حماية البيئة الأمريكية (RCRA) وعادة ما تكون هذه الأنظمة متعددة الطبقات باهظة التكلفة مقارنة بحلول بديلة إذ تبلغ التكلفة التصنيعية التقريبية للطراز D ١٧٥,٠٠٠ دولار للفدان و ٢٢٥,٠٠٠ دولار للفدان بالنسبة للطراز C.

وقد أدت الأبحاث إلى مجموعة متنوعة من أغطية المدافن الخارجية يجرى حالياً اختبارها ميدانياً للحصول على الموافقة التنظيمية (ALCD١٩٩٢). وهذه الأغطية الخارجية العديد من التصميمات والمكونات بما فى ذلك المبطنات الطفلية الأرضية الاصطناعية (GCL) أو الأغشية الأرضية أو الأغطية النباتية أو الماء المنطلق المحسن أو التربة أو البحر والنتح أو الخاصية الشعرية أو مجموعات مؤلفة من المكونات السالفة الذكر. ولا بد من التعامل مع أسئلة هامة عند تصميم طبقة حاجزة بديلة ومنها.

§ ما هى المواد الواجب استخدامها فى إنشاء الحاجز ؟

§ كم يجب أن يكون سمك الحاجز لكى يخزن القدر المطلوب من الماء ؟

§ هل المواد متجانسة وهل تم تحديد أساليب وضع ملائمة للتقليل إلى الحد الأدنى من المسارات التفضيلية للتخلل ؟

§ ما هى المعالجات السطحية التى يجب تطبيقها للسيطرة على التعرية ؟

§ أى النباتات يجب وضعها لدعم النتح وتثبيت سطح التغطية ؟

§ كيف تجرى صيانة الحاجز وما معدل تواترها (تكرارها)؟

§ ما نوع المراقبة التى ينبغى استخدامها وبأى معدل ؟

مع الوضع فى الاعتبار أن الأغطية البديلة لا بد و أن تكون أسهل بناءً وتتطلب قدراً أقل من توكيد الجودة (QA) ومراقبة الجودة (QC.) أثناء الإنشاء من التصميمات التقليدية ذات الحواجز الهيدروليكية.

٤-٢-١ الغطاء الداعم للبخر و النتح (ET) Evapotranspiration Cover

وهو أبسط أنواع الأغشية البديلة المستخدمة بدلاً من الغطاء التقليدي متعدد الطبقات. ويتكون هذا الغطاء أساساً من طبقة أحادية مكونة من الطمي الأصلي (المحلى). ويتكون الغطاء -تصورياً- من نوعين من التربة احداهما طبقة تربة سطحية لدعم النمو الخضري وتخفيض إمكانية التعرية بواسطة الماء أو الريح وهي طبقة مبطنة من أسفل بطبقة حاجزة سميكة مكونة من تربة دقيقة الحبيبات. ويعمل الغطاء البخر - نتحاً إستناداً إلى المبدأ القائل بأن طبقة التربة تتمسك (تحتفظ) بالمطر الوارد حتى تتم إزالته بواسطة النتح والبخر (ET) فإذا كانت طبقة التربة تتمتع بسعة تخزينية كافية فلن يخرق الغطاء بواسطة التخلل العميق (Hauser, and et al 2001 and Chadwick, and et al 1999). وتستخدم في تلك الأغشية عادة طبقة من التربة فوق المدفن حيث تنمو الحشائش والشجيرات والأشجار بغرض السيطرة على التعرية وإزالة الماء من التربة. وتشير الدراسات التي أجريت مؤخراً أنه في المناطق شديدة الجفاف قد تكون الأغشية أحادية الطبقة أكثر فعالية في عزل النفايات من الأغشية متعددة الطبقات كما تعزل النفايات بفاعلية من الماء المترشح عن طريق البخر و النتح معيداً إياه إلى الغلاف الجوى حتى أثناء الأعوام الأكثر امطاراً من المتوسط (Levitt, and et al 1996 and Schmeltzer, and et al 1996).

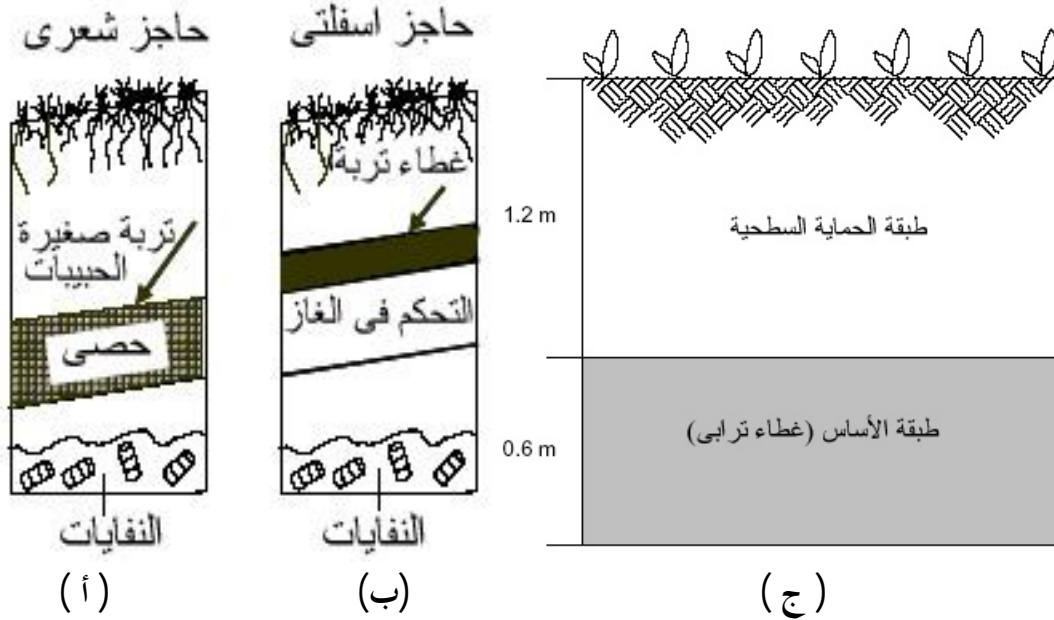
٤-٢-٢ غطاء حاجز الخاصية الشعرية Capillary Barrier cover

ويتكون الحاجز الشعري من طبقتين هما : طبقة من التربة الدقيقة فوق طبقة من مادة أكثر خشونة كالرمل أو الحصى. وقد اشتق الاسم من اختلاف المسام الذى ينتج عند السطح البيني لنوعى التربة وينشأ الحاجز في هذا النوع من الأغشية بسبب التغير الكبير في أحجام المسام بين طبقتي المادة الدقيقة والخشنة (Ankeny, and et al 1997 and Stormon, 1997 and Gee and Ward 1996) والخاصية الشعرية هي التي تجعل طبقة التربة الدقيقة التي تقع فوق المادة الأكثر خشونة تتمسك بقدر أكبر من الماء عما لو لم يكن هناك تباين في حجم الجسيمات بين الطبقتين فالطبقة الدقيقة الحبيبات تحتفظ بالماء بفعل القوى الشعرية بحيث لا ينتقل إلى الطبقة خشنة الحبيبات حتى تقترب الطبقة دقيقة الحبيبات من التشبع بالقرب من السطح البيني (Stormont, 1997 and Jury, and et al 1991) ويمكن أن يفشل هذا الحاجز في حالة تراكم ماء أكثر مما ينبغي في الطبقة الدقيقة الحبيبات أو في حالة افتقاد بعض المناطق للتباين الكبير المطلوب في حجم المسام. وتعد مراقبة الجودة أثناء إنشاء طبقة الحاجز الشعري ذات أهمية خاصة لمنع اختلاط الطبقة الخشنة الحبيبات مع الطبقة الدقيقة الحبيبات لضمان عدم فشل السريان في طبقة الحاجز الشعري و تعطل النظام (Morel-Seytou.1996).

ويعتمد ثبات وظيفة الحاجز الشعري على الحفاظ على انفصال واضح بين الطبقتين الدقيقة والخشنة (Stormont.1997) وقد يتطلب ذلك طبقة من النسيج الأرضي (geomembrane) (أو تدرج في حجم حبيبات التربة بحيث تكون الخشنة عند القاع والدقيقة على القمة) بين الطبقات للحيلولة دون اختلاط الحبيبات الدقيقة مع الحبيبات الخشنة طوال الفترة الزمنية المطلوبة.

٣-٢-٤ الغطاء الخرساني الاسفلتي

هو غطاء فعال أحادي الطبقة مكون من الخرسانة أو الأسفلت البيتوميني ويستخدم لعمل سطح حاجز بين المدفن والبيئة الخارجية فالغطاء الخارجي الأسفلتي / الخرسان يخفض الرشيح.



شكل (٥): (أ) و (ب) أغطية بديلة بجواز ، (ج) غطاء نتحي-تبخيري

٣-٤ الأنظمة المبطنة البديلة

١-٣-٤ التخفيف الطبيعي (Natural Attenuation (NA)

تعد قضية إنشاء مبطن قاعي قضية صعبة بالنسبة لعدد من الدول النامية ولذلك فإن الاعتماد على قدرة البيئة الجيولوجية على الاحتواء الطبيعي و/أو التخفيف الطبيعي للرشيح بدرجة كافية لتفادي تلويث المياه الجوفية ما يزال يشكل قلقاً عميقاً فيما يتعلق بجدوى التكلفة.

ويتوقف تحديد صلاحية التخفيف الطبيعي كبديل لمبطن المدفن على ما إذا كانت الظروف البيئية الملائمة كافية لتحمل معدلات كبيرة من التدهور البيئي لضمان الالتزام بحماية المياه الجوفية خلال فترة زمنية معينة كما يعتمد ذلك أيضاً على درجة الثقة في إمكانية قيام آليات التخفيف بحماية صحة الإنسان وسلامة البيئة بشكل كاف. ولاختبار إمكانية استخدام التخفيف الطبيعي لا بد من القيام بتحليل جميع الوسائل الفيزيائية، والكيميائية - الحيوية المتاحة للحط من الملوثات أو تخفيفها. ويشمل التخفيف آليات متعددة مثل تخفيف التركيز أو التشتيت أو الانحلال الحيوي أو الانتشاف القابل أو الغير قابل للرجوع. وجميع تلك الآليات تؤدي إلى تخفيض ملحوظ في سمية الملوثات والخطر الذي تشكله على الإنسان وبيئته. ونجد ضمن البدائل الأخرى استخدام طبقة مبطنة موجودة في الطبيعة كطبقة الطفل الغير منفذ. ولا بد ألا يقل سمك المبطن التري الطبيعي عن ١٢٠ سم (على الأقل) أما نفاذيته فلا بد أن تكون أقل من 10^{-10} سم/ثانية. وقد تم استخدام مواد طبيعية أرخص تكلفة كمبطنات قاعية مثل الطفلات المزوجة مع الجير بل أنه في الحالات القصوى يمكن استخدام نوع خاص من النفائيات إما بشكل مباشر أو بعد معالجة مناسبة كمادة منخفضة النفاذية في مبطن قاعي.

٤-٣-٢ المبطنات الخرسانية الأسفلتية (DAC) والغشائية البتومينية (القطرانية) (BM)

نظراً للخواص المتعددة والواسعة التنوع للأسفلت من متانة ومرونة ومقاومة للماء على سبيل المثال لا الحصر فإنه يستخدم على نطاق واسع في جميع الصناعات الحديثة وخاصة في الإنشاء والهندسة المدنية حتى أن المبطنات الخرسانية الأسفلتية الكثيفة والغشائية البتومينية معترف بها حالياً بالسبق كمبطنات للمدافن إذ أن كلاً من DAC و BM يتيحان مزايا كبيرة للمصممين والقائمين على التشغيل والمشرفين مقارنة بالطفل والمواد التقليدية.

وفيما يلي نورد مزايا استخدام DAC و BM كمبطنات للمدافن.

§ رفته الإنشائية تزيد حجم الملء (الدفن) إلى الحد الأقصى

§ يتيح حرية حركة هندسية رأسية وأفقية

§ حركة نقل أقل لأنه يتطلب حجماً منخفضاً من المواد المستوردة

§ لا يتطلب صيانة أثناء الملء (الدفن)

§ لا استثمارات مهدرة على طرق النقل - وحركة النقل

§ غير منفذ ومقاوم للهيدروكاربونات

§ يقاوم ويتحمل الإجهادات وقوى القص الناتجة عن الهبوط

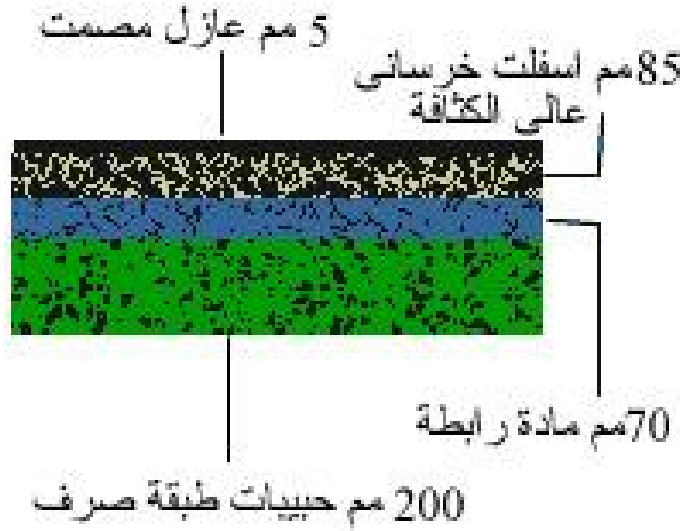
§ أداء متفوق كمبطن تضمنه التصميم المعدل للمواد

§ مجدى تكلفياً

يبين الجدول رقم (٢) مقارنة بين المبطنات الخرسانية الأسفلتية DAC والطبقة الغشائية البتومينية BM من حيث التركيب والخواص.

المادة	التكوين (التركيب) والخواص	الاستخدام والتطبيق
الأغشية البتومينية (القطرانية) BM	<ul style="list-style-type: none"> - طبقات دقيقة ومحكمة مائياً من القطران - ترش أو تنشر يدوياً. - مقواه بالنسيج الأرضي - غير منفذة - تحضر في الموقع أو تورّد في هيئة لفائف سابقة التجهيز. 	مبطنات لمدافن النفايات
الخرسانة الأسفلتية الكثيفة DAC	<ul style="list-style-type: none"> - مزيج من الحجارة المكسورة أو الحصى أو الرمل بالإضافة إلى حشو - بعد الإدماج تصح الفجوات مملوءة بالقطران بشكل كامل تقريباً (محتوى الفجوات أقل من ٣%) - غير منفذ - ثابت حتى على المنحدرات الحادة. - غير صالح للاستعمال تحت الماء أو في منطقة مد 	مبطنات لمدافن النفايات

تفاصيل التبطين



شكل (٦): قطاع يبين تفاصيل التصميم لبطانة من الخرسانة الأسفلتية الكثيفة DAC المصدر: Hesselberg Hydro2002 (انظر الوصلة الالكترونية في قائمة المراجع)

٣-٣-٤ تبطينات رأسية لمواقع مدافن النفايات باستخدام الخرسانة الأسفلتية الكثيفة DAC

تستغل المحاجر غير المستخدمة بشكل متزايد في البحث عن مواقع أساسية للاستخدام كمدافن نفايات والمحاجر ملائمة بشكل خاص للتبطين بالأسفلت. وتقدم الرسوم التشغيلية عموماً منطقة أفقية كبيرة ذات جوانب شبه رأسية سيتم سدها بإحكام. ويمكن إنشاء بطانة أسفلتية رأسية ومرنة وقوية ومتينة وغير منفذة وهي بطانة يسهل بناؤها على مراحل. ويتمتع هذا الأسلوب التقني بالميزات التالية :-

§ يتم تسوية أرضية الحجر بالأسفلت الرابط ثم تبطن بالخرسانة الأسفلتية الكثيفة DAC بسماك ٨٥ ملم

§ سمك المبطن الرأسى عادة هو ٣٠٠ ملم أو أكثر لتحمل قوى القص

§ مفصل أو وصلة جيدة بين الأغشية الرأسية والأفقية ملحومه بلحام أسفلى ساخن (على الساخن)

§ مادة أسفليته مزوده بدعامه لوضع حشو رقيق ومادة إنتقالية

§ يتم وضع عدد يصل إلى ٣ طبقات ذات سمك ٢٠٠ ملم في اليوم

والـ DAC إقتصادي في التركيب والتشغيل للأسباب التالية :-

§ يمكن للرافعة الواحدة تركيب ٥٠٠ م يومياً كحد أقصى وبارتفاع ٦٠٠ ملم ولهذا فهي تقنية اقتصادية

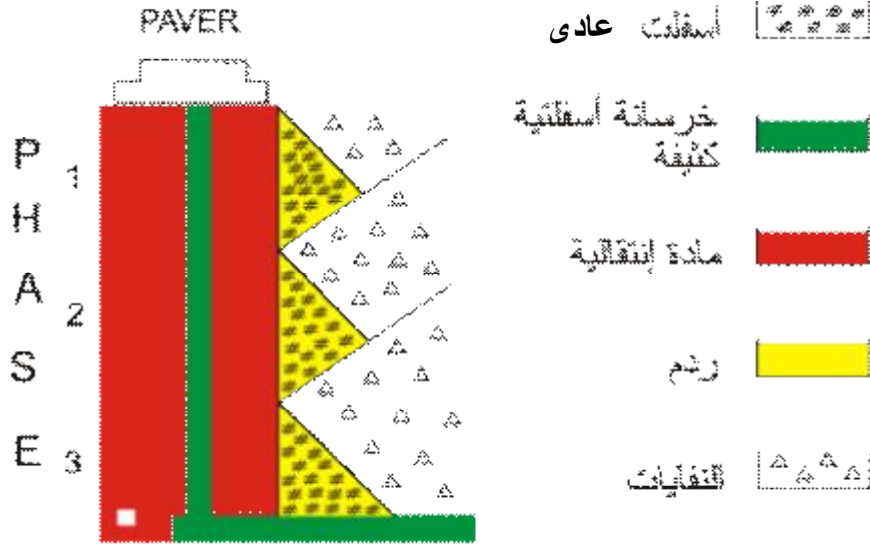
بالنسبة للأطوال أو المسافات الطويلة نسبياً

§ يتحقق الحيز التحويفى المثالى برفع البطانة على مراحل يوفر كل منها حجماً يكفى مدة تتراوح بين ٦

أشهر إلى سنة من التشغيل وهكذا يتوزع الاستثمار المخصص للمبطن على عدة سنوات مما يساعد

التدفقات المالية

§ ويبدو الخيار الأسفلتي أكثر جاذبية في حالة وجود صخر مناسب بالحجر و/أو في حالة وجود مصنع أسفلت على مقربة. وغالباً ما يقوم القائمين على المشروع بإقامة مصنع أسفلت خاص بهم في الموقع سواء أكان محجراً عاملاً أو سابقاً حتى يمكنهم توفير المادة مما يقلل تكلفة المبتن بدرجة كبيرة



شكل (٧): قطاع يبين التبتين الرأسى باستخدام لبطانة من الخرسانة الأسفلتية الكثيفة المصدر: Hesselberg Hydro 2002 (انظر الوصلة الالكترونية في قائمة المراجع)

٤-٣-٤ استخدام التربة الطبيعية كمبتن بديل

يُعد استخدام التربة الطبيعية كمبتن لمدافن النفايات الصلبة الخطرة من الممارسات الشائعة فقد تتمتع تلك التربة بنفاذية منخفضة وسعة إدمصاص عالية بالنسبة للملوثات معينة وهي تربة قد تكون موجودة بشكل منتظم فوق الموقع بكاملة ولا يتطلب الأمر أكثر من تدريجها وإعادة قولبتها وإدماجها لانجاز تصميم المبتن القياسى. ولكن في بعض الحالات قد لا تكون تربات الموقع في حالتها الطبيعية مناسبة أو قد تكون مركزة في إحدى مناطق المدفن مما يتطلب عمليات حفر ووضع وقد تصبح تلك التربة مُرضية بعد القيام بعمليات إعادة قولبة إضافية. أما في حالة عدم استيفاء تربات الموقع الحد الأدنى للمعايير التصميمية فيمكن استيراد تربة مناسبة من خارج الموقع بحيث تكون طبقة معوقة للسريان بعد إعادة القولبة والإدماج. وهكذا فهناك مصدرين محتملين للتربة اللازمة لمبتن المدفن سواء من الموقع أو مستوردة من خارجه. ولكن يفضل التربة المستمدة من الموقع لسببين.

أولاً: - إنها توفر اقتصادياً لعدم الحاجة إلى أرض إضافية للحصول عليها فضلاً عن توفرها في نفقات النقل. ثانياً: - استخدام تربة مستمدة من الموقع يستبعد الحاجة لإيجاد استخدامات بديلة للتربة أو مناطق للتخلص من الفائض منها.

في حالة عدم توافر تربة ذات خصائص ملائمة في الموقع يتعين إيجاد مصدرًا لها من خارج الموقع مع مراعاة أن القرب من الموقع عامل هام في تخفيض نفقات النقل.

وتستند التقديرات الخاصة بأحجام التربة المطلوبة إلى سمك المبطن ومساحة المدفن العامل. ومن المهم أن تشمل الحسابات على المبطنات الجانبية أيضاً مع الأخذ في الاعتبار أنه لكل فدان من مساحة المدفن العامل يلزم ١٤٧٥ متر مكعب من التربة المدكوكة لتحقيق سمك ترابي قدره ٣٠ سم. ويمكن حساب حجم التربة المتاح من المعلومات الجيولوجية. وعادة ما تخطط المعلومات الجيولوجية بيانياً على المقاطع العرضية الرأسية خلال المنطقة المعنية. وبحسب الحجم بناء على سمك التكوين المشار إليه وتقدير مدى مساحته.

وتتطلب المناطق التي يوجد بها تنوع ملحوظ للتربة عمل عدد كافٍ من التجويفات (الحفر) أو المعلومات للتقدير الدقيق للحجم وهو ما يمكن أن يقرره جيولوجي ذو خبرة. ولا بد من مراعاة الفروق في الحجم بين التربة المدكوكة والمفككة وبين الجدول رقم (٣) الفروق التقريبية للحجم المدمج والحجم المنحل للمواد المستخدمة.

عدد الأمتار		نوع المادة
المفككة	المدكوكة	
١,١٤	٠,٨٢	الطينة الرملية الطفلية
١,٣١	٠,٨٢	الطفل
١,٠١	٠,٨٧	الرمل

وقد يؤدي الإخفاق في التعويض عن النقص في الحجم نتيجة للإدماج بالنسبة للتربة الطفلية إلى تقديرات منقوصة للأحجام المطلوبة في الموقع بنسبة تزيد عن ١٠% وبالنسبة لمدفن مساحته ٣٠ فدان ذي مبطن مدكوك سمكة ٦٠ سم يمكن أن يحدث نقص في تقدير الحجم المطلوب بالموقع بما يزيد عن ٨١٠٥ متر مكعب ويمكن تحديد الخصائص الفيزيائية الهامة للمبطنات التربة من التوزيع الحجمي للحبيبات وحدود "أتربرج" وقياسات النفاذية. وتشير منحنيات التوزيع الحجمي للحبيبات إلى تماثل وانتظام حجم جسيمات التربة ونسبة الدقائق. وتُعرف الدقائق بأنها جسيمات تربة ذات قطر أقل من ٠,٠٧٤ ملم وتُعرف من غربال قياس رقم ٢٠٠). وتعد حدود "أتربرج" عوامل جوهرية وهامة في تقييم سلوك التربة الطفلية النوع والمستخدم كمادة مبطنة. ومن الجلي أيضاً أن للنفاذية اعتباراً هاماً في تقييم مواد التربة نظراً لتأثيرها المباشر على قدرة المبطن التربة على احتواء الرشح. ومن الناحية الأخرى لا بد من اختبار الخصائص الهندسية للتربة، ولا بد من إجراء قياسات النفاذية عند كثافات ومحتويات مائية يمكن تحقيقها ميدانياً. ومن المهم للغاية مضاهاة الظروف العملية والميدانية بقدر الإمكان وذلك لتجنب حدوث أخطاء كبيرة في التنبؤ بنفاذيات التربة.

٤-٤ الغطاء المرحلي الواسطي

يجب وضع غطاء (يومي) إنتقالي/وسيط على جميع النفايات المكشوفة عند نهاية اليوم على أن يكون عمق الغطاء كافياً لتغطية جميع النفايات بشكل كامل فإذا تم استخدام تربة أو مادة شبيهة فلا بد أن يكون ذلك (العمق) ١٥ سم على الأقل. كما يجب أن يتم ذلك النفايات بشكل متقن قبل إضافة الغطاء وطبقات النفايات الجديدة. ومادة التغطية المثالية هي مزيج من الطفلة والتربة الرملية. وتتم عملية التغطية اليومية للأغراض التالية:-

- § التحكم في ناقلات الأمراض
- § التحكم في توالد البعوض والذباب
- § الحد من إمكانية وصول الطيور والقوارض وغيرها من الحيوانات إلى جسم النفاية
- § التقليل من تعرض النفاية إلى عوامل التعرية والتحكم في إلقاء القمامة
- § التقليل من الروائح الكريهة إلى الحد الأدنى
- § منع حدوث الحرائق والسيطرة عليها في حال حدوثها
- § تقليل كمية الماء الذى يصل إلى جسم النفاية (من المطر الساقط والماء المنطلق والحبيس)

كما يوفر استخدام غطاء التربة المدكوكه سطحاً صلباً وآمناً للمركبات مما يتيح للمركبات سهولة الحركة على سطح العمل ويجد من إتلاف الإطارات ، وأخيراً فإن المدفن المغطى بطبقة تربة سمكها ١٥ سم أكثر جمالية من مدفن بلا غطاء.

ينبغي استخدام غطاء وسيط منخفض النفاذية لتغطية جميع أسطح المنشأة الملبئة إذا لم يكن هناك نفايات إضافية سيتم إيداعها خلال ٣٠ يوماً على أن تستخدم التربة أو أى مادة مشابهة لعمل الغطاء الوسيط بسمك ٣٠ سم. ولا بد من ذلك وتدرج الغطاء بشكل مناسب لمنع التعرية وتكون البرك.

٥-٤ تصميم آبار المراقبة

تعد مراقبة المياه الجوفية مطلباً فنياً هاماً لإدارة منشآت التخلص من النفايات الخطرة. أما الغرض من المراقبة فهو تقييم ما إذا كانت منشأة التخلص من النفايات تؤثر على نظام المياه الجوفية الواقع تحتها وبأى كيفية. ولهذا يتم إقامة آبار مراقبة داخل موقع المدفن وحوله للسماح بقياس مستوى الماء وأخذ عينات من الرشيح والمياه الجوفية. وتُنشأ الآبار النموذجية من أنبوب بلاستيكي من ألياف كلوريد البولي فنيل المقوى بقطر قدره ٥٠ مم ومزود بمصافي.

يمكن استخدام الآبار التي تم إنشاؤها لتحديد نفاذية التكوين الهيدروليكية وما إذا كانت حساسة بشكل كاف لنظام التدفق الهيدروليكي بحيث تقدم معلومات مراقبة يمكن الاعتماد عليها.

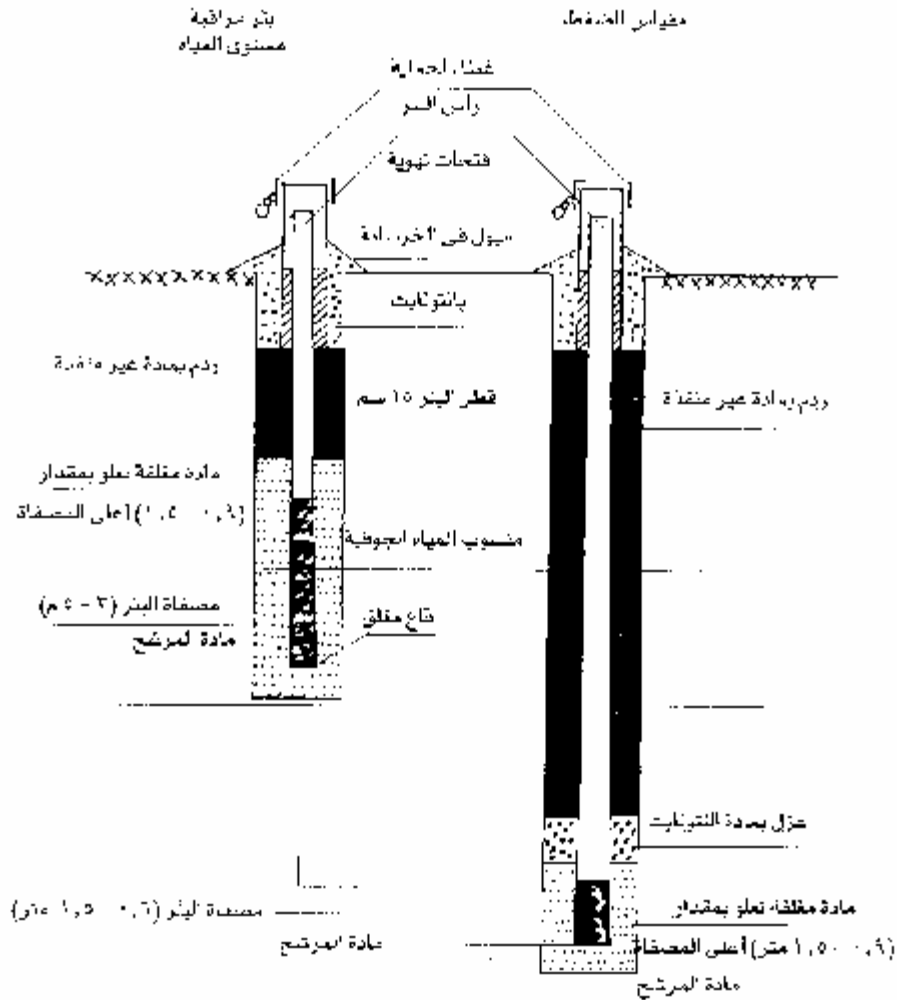
١-٥-٤ الإنشاء

لا بد من اعتبار كل برنامج مراقبة فريداً من نوعه عند اختيار مواد إنشاء بئر المراقبة. ويعتمد اختيار المادة الإنشائية على الآتى:-

التكلفة والوفرة والقوة والتوافق الكيماوى والفيزيقي مع المادة المطلوب تحليلها (العنصر أو المركب الذى يجرى الاختبار لاكتشافه) و وضع المياه الجوفية والرشيح. وهناك مجموعة متنوعة من المواد فى السوق التى تتفاوت فى أسعارها بشكل واسع. ويعد كلوريد البولى-فنيل (PVC) هو الاختيار الأكثر شيوعاً نظراً لتوفره وتكلفته القليلة إلا أن الدراسات التى أجريت مؤخراً لاختبار الادمصاص وإطلاق المركبات العضوية بواسطة مركب PVC اليباس جعلت وكالة حماية البيئة الأمريكية توصي باستخدام مواد مصنوعة من بولى-تترافلورو-إثيلين (PTFE) أو الصلب غير القابل للصدأ بدلاً من كلوريد البولى-فنيل (PVC) لإنشاء الآبار ولكن لسوء الحظ أن تكاليف الصلب غير القابل للصدأ و (PTFE) هى أعلى بخمسة إلى سبعة أضعاف وبمشرة

إلى خمسة عشر ضعفاً على التوالي من تكاليف (PVC) إلا أنه قد يكون استخدام أكثر من نوع من المواد الإنشائية لتصميم بئر مفيداً وناجحاً في حالات معينة فقد يكون الصلب غير القابل للصدأ على سبيل المثال مفضلاً في بيئة كيميائية محددة مع التوفير في النفقات باستخدام PVC في الأجزاء غير الهامة بشكل حاسم. وهناك ٣ مواقع أساسية لآبار مراقبة المياه الجوفية بحيث تقوم بشكل فعال باكتشاف وتقييم التلوث سواء المحتمل أو القائم فعلاً بالمياه الجوفية.

§ بئر واحد على الأقل على الانحدار الأعلى من المدفن لتحديد جودة المياه الجوفية الخلفية ومنسوب المياه ودرجات الانحدار الهيدروليكي لتحديد تدفق المياه الجوفية سواء داخل المدفن أو أسفله. على الرغم من أن بئر واحد على الانحدار الأعلى من المدفن هو الحد الأدنى إلا أنه يوصى بإنشاء بئرين لإعطاء فكرة عن التغير في نوعية المياه الجوفية اعلى المدفن



شكل (٨): يبين تصميم آبار مراقبة وقياس منسوب المياه الجوفية

المصدر: Bagchi 1994

§ بئر مجاور مباشرة لحافة الانحدار الأدنى من منطقة الدفن مع مصفاه لاعتراض منسوب المياه بحيث يمكن أخذ عينات من الرشيع الخام لتحليل المكونات الكيماوية عند مصدر الملوث ولقياس مستويات السوائل بحيث يمكن تحديد وضعية الرشيع بالنسبة للنفاية

§ مجموعة من ٣ آبار في اتجاه الانحدار الأدنى من المدفن وعمودية على تدفق الماء الجوفي في المستوى الأفقى لكشف وتحديد مدى وتركيزات أى بؤرة رشيفية ولتقييم مستويات المياه الجوفية واتجاهات تدفقها ومعدلات تدفقها ولتقييم آثار أو تأثيرات الرشيع على المستقبلات - كأبار الإمداد والمياه المستقبلية

وفي المناطق شديدة الجفاف حيث يتواجد مستوى المياه الجوفية على أعماق كبيرة (تزيد عن ٥٠ م) يمكننا إقامة الآبار الموجودة على أسفل الانحدار على مسافات أكبر من حافة المدفن وبالتبعية يمكن استخدام الآبار القريبة القائمة فعلاً على جانب مهبط الميل لمراقبة التلوث بواسطة الرشيع الصادر من المدفن. أما إذا كان عمق المياه الجوفية أكبر من ١٠٠ م فمن المتوقع أن يتم تخفيف الرشيع بشكل طبيعي قبل وصوله إلى ذلك العمق بافتراض عدم وجود كسور أو مجارى في الطبقات تحت السطحية أسفل المدفن. وفي حالة كهذه يمكن إعفاء الموقع من آبار مراقبة المياه الجوفية.

٤-٥-٢ بدائل آبار المراقبة

هناك عدة بدائل ممكنة لمتطلبات مراقبة المياه الجوفية الكاملة وتشمل كما هو مذكور عاليه استخدام الآبار الموجودة فعلاً لأخذ عينات من المياه الجوفية وتخفيض قائمة المكونات المراد مراقبتها وأخذ عينات من نطاق المواد غير المشبعة وجمع عينات غازية من النطاق الغير مشبع ومسح المقاومة الكهربائية للتربة أسفل المدفن، واستخدام كتلة من الجبس لاكتشاف أى رطوبة تحت المدفن وهذه البدائل مجموعة فرعية من الخيارات التي يمكن اختيارها تبعاً للظروف المحلية.

وتشمل المكونات البديلة الممكنة لمراقبة المياه الجوفية ما يلي :-

§ عناصر تعبر عن الجودة النوعية للماء: الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمنجنيز والكلوريدات والكبريتات والنترات والكربونات.

§ مؤشرات دالة على وجود الرشيع: الأكسجين المستهلك في العمليات الحيوية (BOD) والأكسجين المستهلك في العمليات الكيميائية (COD) والكربون العضوى الكلى (TOC) والكالسيوم والنظائر المشعة الثابتة (كالهيدروجين الخفيف الذى يؤيض بشكل تفضيلى في المدافن المولدة للميثان) غاز الاستصباح) وكالمياه الجوفية التى تحتوى على كميات متفاوتة من الديوتريوم والنفاذية والأس الأهدروجينى (فعلى سبيل المثال تشير الأبحاث إلى أن تكسير الملوثات العضوية تسبب حمضية المياه الجوفية في البيئة المؤكسدة) والعسر (الذى قد يكون مرتبطاً بزيادة الحمضية الناتجة عن تكسر المادة العضوية) والقلوية (التى قد تكون مرتبطة بزيادة الحمضية الناتجة عن تكسر المادة العضوية) والأملاح الذائبة الكلية (TDS) والفوسفات والأمونيا والسمية الجرثومية.

٥- تقرير التصميم

يعد تقرير التصميم بحيث يشمل المعلومات التالية:

- § ملخص تنفيذي واستنتاجات وتوصيات
- § الأسس التصميمية والفرضيات الرئيسية والمعايير التصميمية وقيود الموقع
- § وصف مكونات المدفن الأساسية الهامة ووظائفها التصميمية
- § شرح مكتوب للرسوم التصميمية التفصيلية والمواصفات التصميمية
- § بيان عملي لإثبات أن مكونات المدفن ستؤدي وظيفتها كما في التصميم
- § نتائج اختبار المواد المرتبطة بالتصميم
- § المواصفات المبدئية للمواد الإنشائية
- § التحليل الهندسية والحسابات المستخدمة في تطوير التصميم

ولتسهيل مراجعة مؤسسات شئون البيئة أو المحليات فلا بد أن يكون لخطط التصميم وتقارير التصميم والمواصفات وغيرها من الوثائق ذات الصلة نفس الصيغة التنظيمية كما ينبغي أن تكون الوثائق التصميمية مفصلة بشكل كاف لتمكين الأجهزة (السلطات) المحلية من تحديد ما إذا كانت المقاييس اللازمة ومعايير الأداء قد تحققت. وتمثل الجداول ٤، ٥، ٦ المعدلة من إدارة الموارد المائية والغابات DWF بجمهورية جنوب إفريقيا RSA الحد الأدنى لمتطلبات التصميم ومكونات نظام التبطين وغطاء المدفن الخارجى.

جدول (٤)
الحد الأدنى لمتطلبات تصميم مدفن النفايات مأخوذ عن إدارة الموارد
المائية والغابات بجمهورية جنوب إفريقيا (١٩٩٨)

الرمز B ⁻ لا رشيع موثر B ⁺ رشيع موثر R مطلوب N ليس مطلوباً F اهتمام خاص من قبل خبير أو مندوب الوزارة الحد الأدنى من المتطلبات	نظام التصنيف									
	G النفايات العامة								H النفايات الخطرة	
	C مدفن مشاع		S مدفن صغير		M مدفن متوسط		L مدفن كبير		درجة الخطور 3 & 4	درجة الخطورة 1-4
	B ⁻	B ⁺	B ⁻	B ⁺	B ⁻	B ⁺	B ⁻	B ⁺		
عين شخصاً مسئولاً	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
التصميم التصوري تأكيد تصنيف الموقع	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
قيم حجم الغطاء	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R
أشر إلى المنطقة غير المشبعة بعد الحفر	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R
حدد المجال الجوى المتاح	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R
قدر استخدامات المجال الجوى	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R
قدر عمر الموقع	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R
تعامل مع أي آثار تعرف عليها التحقيق	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
التصميم التخطيطي للموقع	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R
تصميم الصرف السطحي	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
خطة التطوير	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
الإغلاق / إعادة التأهيل	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
تصميم نظام إدارة الرشيع	N	N	N	R	N	R	N	R	R	R
تصميم المصارف المائلة	N	R	N	R	R	R	R	R	R	R
تصميم نظام المراقبة	N	N	F	R	R	R	R	R	R	R
خطة الاستخدام النهائي	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R
اختبار التربة والمواد	N	N	N	F	F	F	F	F	F	F
التصميم الفني تصميم الصرف الجيولوجية المائية السطحية	N	N	N	F	R	R	R	R	R	R
ارجع إلى متطلبات التبطين في ورقة التشغيل (٢)	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
نظام مراقبة نوعية للماء	N	F	N	R	R	R	R	R	R	R
نظام اكتشاف الرشيع	N	F	F	N	R	N	R	N	N	N
نظام معالجة الرشيع	N	N	N	F	N	R	N	R	R	R
نظام إدارة ومراقبة الرشيع	N	F	N	R	N	F	N	R	R	R

نظام إدارة ومراقبة الغازات	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R
ارجع إلى متطلبات التغطية في التشغيل جدول (٣)	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
ثبات المنحدرات	N	N	F	F	F	F	F	R	R	R
تصميم التحكم في التعرية	N	N	F	F	R	R	R	R	R	R
رسوم التصميم والمواصفات	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R
الموافقة على التصميم الفني	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R

جدول (٥)
المقاييس الدولية للحد الأدنى لمتطلبات مكونات النظام المبطن

الرمز B ⁻ لا رشيع مؤثر B ⁺ رشيع مؤثر R مطلوب N ليس مطلوباً F اهتمام خصص من قبل خبير أو مندوب الوزارة	نظام التصنيف									
	G النفائيات العامة								H نفائيات خطرة	
	C مدفن على المشاع		S مدفن صغير		M مدفن متوسط		L مدفن كبير		H:h درجة الخطورة ترتيب الخطورة ٢,٣	H:H درجة الخطورة رتيب الخطورة ٤-١
الحد الأدنى للمتطلبات	B ⁻	B ⁺	B ⁻	B ⁺	B ⁻	B ⁺	B ⁻	B ⁺		
(١٢) بدن النفائية	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
(١١) الحماية من التخفيف	N	N	N	N	R	N	R	N	N	N
(١٠) طبقة تجميع الرشيع	N	N	N	R	N	R	N	R	R	R
(٩) طبقة وسادية	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R
غشاء أرضى ١,٥ ملم أو ٢ ملم	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R
(٧) المبطن الطفلى المدمج	N	N	N	N	N	R	N	R	R	R
(٦) طبقة النسيج الأرضى	N	N	N	N	N	R	N	R	R	R
(٥) طبقة اكتشاف الرشيع	N	N	N	N	N	R	N	R	R	R
(٤) طبقة وسادية	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
(٣) مبطن غشائى أرضى - ١ ملم	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
(٢) مبطن طفلى مدمج	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R
(١) طبقة إعداد القاعدة	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R

ملحوظة :- تشير الأرقام من ١ إلى ١٢ إلى ترتيب الإنشاء.

جدول (٦)
المقاييس الدولية للحد الأدنى لمتطلبات الغطاء الخارجى للمدفن

LEGEND B ⁻ = No significant leachate produced B ⁺ = Significant leachate produced R = Requirement N = Not a requirement F = Flag: special consideration to be given تعطى اعتبار خاص من قبل أو مندوب وزارى	نظام التصنيف									
	G النفائيات العامة								H نفائيات خطرة	
	C مدفن على المشاع		S مدفن صغير		M مدفن متوسط		L مدفن كبير		H:h ترتيب الخطورة ٣ و ٢	H:H ترتيب الخطورة
مكونات الغطاء الخارجى	B ⁻	B ⁺	B ⁻	B ⁺	B ⁻	B ⁺	B ⁻	B ⁺		
(٥) طبقة تربة سطحية	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
(٤) طبقة طفالية مدمجة	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R
(٣) طبقة نسيج أرضى	N	N	N	N	N	R	N	R	R	R
(٢) طبقة صرف غازى	N	N	N	N	N	R	N	R	R	R
(١) سطح نفائيات مشكلة ومدمجة	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

٦- المراجع

- Ahmed, I. (1993). "Laboratory Study on Properties of Rubber Soils, FHWA/IN/JHRP-93/4, School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN, 348 p.
- Alternative Landfill Cover Demonstration (ALCD), (1992), Sandia National Laboratories, MS 0719, P.O. Box 5800, Albuquerque, NM, USA
- Ankeny, M. D., Coons, L. M., Majumdar, N., Kelsen, J. and Miller, M. 1997. "Performance and Cost Considerations for Landfill Caps in Semi-Arid Climates," pp. 243-61 in *Landfill Capping in the Semi-Arid West: Problems, Perspectives, and Solutions, May 21-22, Grand Teton National Park, Wyoming*, eds. T. D. Reynolds and R. C. Morris, Environmental Science and Research Foundation, Idaho Falls, Id.
- Al-Yaqout, A and Townsend, F (2001) " Strategy for landfill design in arid regions" *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*, Vol. 5, No. 1, January, 2001
- Bagchi, A (1994) " Design, Construction and Monitoring of Landfills" 2nd edition. Wiley Interscience: New Yourk, USA.
- Blight, G. E. (1996). "Standards for landfills in developing countries." *Waste Mgmt. and Res.*, 14, 399-414.
- Blight and Fourie (1999) Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Geotechnical Engineering, vol 137, no. 4 (1999), pp 177-264,
- Bonaparte, Rudolph, Beth A. Gross, R.M. Koerner, D.E. Daniel, and S. Dwyer (2003) "Technical Guidance for RCRA/CERCLA Final Cover Systems," Draft document being considered for publication by U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, 2003.
- Cecich, V., Gonzales, L., Hoisaeter, A., Williams, J., and Reddy, K. (1996). "Use of Shredded Tires as Lightweight Backfill Material for Retaining Structures", *Waste Management & Research*, No. 14, pp. 433-451.
- Chadwick, D. G. Jr., Ankeny, M. D., Greer, L. M., Mackey, C. V. and McClain, M. E. 1999. "Field Test of Potential RCRA-Equivalent Covers at the Rocky Mountain Arsenal, Colorado," pp. 21-33 in *Proceedings from the Solid Waste Association of North America's 4th Annual Landfill Symposium, Denver, Colorado*, SWANA Publication No. GR-LM 0004.
- Department of Water Affairs and Forestry DWAF (1994). *Minimum requirement for waste disposal by landfill*, CTP Book Printers, Cape Town, South Africa.
- (DEQ) Oregon Department of Environmental Quality, Solid Waste Policy and Program Development Section (1998).

EU Environment Agency (2003) Interpretation of the definition and classification of hazardous waste Technical Guidance WM2.

Forseth, J. M. and P. Kmet. 1983. Flexible Membrane Liners for Solid and Hazardous Waste Landfills - A State of the Art Review. In: Proceedings Sixth Annual Conference of Applied Research & Waste Practice on Municipal & Industrial Waste.

Gaspar, A.J. (1990). "Stabilized Foam as Landfill Daily Cover," Proceedings, Municipal Solid Waste Management: Solutions for the 90's, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., pp. 1113-1121.

Gee, W. G., and Ward, A. L. 1997. "Still in Quest of the Perfect Cap," pp. 145-64 in *Landfill Capping in the Semi-Arid West: Problems, Perspectives, and Solutions, May 21-22, Grand Teton National Park, Wyoming*, eds. T. D. Reynolds and R. C. Morris, Environmental Science and Research Foundation, Idaho Falls, Id.

GeoSyntec Consultants (1998a). "Test Pad Demonstration Program - Tire Shreds as Foundation, Leachate Drainage, and Operations Layer Material at Municipal Solid Waste Landfills," report for California Integrated Waste Management Board.

GeoSyntec Consultants (1998b). "Guidance Manual – Tire Shreds as Gas Collection Material at Municipal Solid Waste Landfills," report for California Integrated Waste Management Board.

GeoSyntec Consultants (1998c). "Guidance Manual – Tire Shreds as Final Foundation Layer Material at Municipal Solid Waste Landfills," report for California Integrated Waste Management Board. Madison, WI: Dept. of Engineering and Applied Science, University of Wisconsin-Extension, Sept. 14-15, 1983.

Hesselberg Hydro (2002) <http://hesselberg-hydro.com/about.htm>

Hauser, V. L., B. L. Weand, and M. D. Gill. 2001. "Natural covers for landfills and buried waste." *Am. Soc. Civil Engineers, J. Environ. Engineering* 127(9) 768-75.

Horvath, J.S. (1995b). "EPS Geofam: New Products and Marketing Trends," *Geotechnical Fabrics Report*, Vol. 13, No. 6, Industrial Fabrics Association International, St. Paul, MN, pp. 22-26.

Humphrey, D.N. (1996). "Investigation of Exothermic Reaction in Tire Shred Fill Located on SR 100 in Ilwaco, Washington", Federal Highway Administration, Washington, D.C., 44 p.

Humphrey, D.N., Sanford, T.C, Cribbs, M.M., and Manion, W.P. (1993). "Shear Strength and Compressibility of Tire Chips for Use as Retaining Wall Backfill", *Transportation Research Record 1422*, Transportation Research Board, Washington, D.C., pp. 29-35.

Interstate Technology & Regulatory Council, ITRC (2003), Alternative Landfill Technologies Team: Technology Overview Using Case Studies of Alternative Landfill Technologies and Associated Regulatory Topics.

Jury, W. A., Gardner, W. R., and Gardner, W. H. (1991). *Soil Physics*, 5th ed., John Wiley and Sons, New York.

Kmet, P. (1994) cited in Landfill Cover and Liner Systems for Water Quality Protection By Philip O'Leary and Patrick Walsh Waste Age, Apr 1, 2002 Landfill Continuing Education Course.

Krynine, D. P. and W. R. Judd. (1957) Principles of Engineering Geology and Geotechnics. New York: McGraw-Hill Book Co., Inc.

Landfill Advisory Committee, (2003). Public Works Department 2101 O'Neil Ave. Cheyenne, WY USA

Landfill Cap: Environmental Expert article Published: October (1997)

Lee, G.F. and Jones-Lee, A., "Recommended Design, Operation, Closure and Post-Closure Approaches for Municipal Solid Waste and Hazardous Waste Landfills," Report, G. Fred Lee & Associates, El Macero, CA, August (1995).

Lee, G. F. and Jones-Lee, A., "Geosynthetic Liner Systems for Municipal Solid Waste Landfills: An Inadequate Technology for Protection of Groundwater Quality," *Waste Management & Research*, 11:354-360 (1993).

Lee, G. F. and Jones-Lee, A., Fred Lee, G. "Problems with Current Approaches for MSW Landfill Closure and Post-Closure" ASCE national conference on Landfill Closure San Diego, CA October, 1995

Levitt, D. G., C. F. Lohrstorfer, M. J. Sully, and J. M. Ginanni, 1996. "An Arid Zone Lysimeter Facility for Performance Assessment and Closure Investigations at the Nevada Test Site." *In: Proceedings of Waste Management '96 Conference*, Tucson, Arizona

Merry, S. M., and Bray, J. D. (1997). "Time-dependent mechanical response of HDPE geomembranes." *J. Geotech. and Geoenviron. Engrg.*, ASCE, 123(1), 57–65.

Misra V. and S.D. Pandey (2004) " Hazardous waste, impact on health and environment for development of better waste management strategies in future in India" *Environment International* October 2004.

Morel-Seytoux, H. J. 1996. "Assessment of the Performance of a Capillary Barrier," pp. 211–17 in *Proceedings of the 3rd International Conference on Tailings and Mine Waste '96*, Fort Collins, Colorado, A. A. Balkema, Rotterdam.

Nichols, W.D., 1987, Geohydrology of the unsaturated zone at the burial site for low-level radioactive waste near Beatty, Nye County, Nevada: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2312, 57 p.

Philip O'Leary and Patrick Walsh Waste Age, (2002), Landfill Cover and Liner Systems for Water Quality Protection, Waste Age, Apr 1, 2002 Landfill Continuing Education Course.

Prudic, D.E., 1994b, Effects of temperature on water movement at the arid disposal site for low-level radioactive wastes near Beatty, Nevada [abs.]: Geological Society of America, Abstracts with Programs, v. 26, no. 7, p. 391.

Prudic, D.E., and Striegl, R.G., 1994, Water and carbon dioxide movement through unsaturated alluvium near an arid disposal site for low-level radioactive waste, Beatty, Nevada [abs.]: Eos, American Geophysical Union Transactions, v. 75, no. 16, p. 161.

Roberts, D. W. 1984. Soil Properties Classification, and Hydraulic Conductivity Testing. Cincinnati, OH: U.S. EPA, SW-925, Draft, March 1984.

SBC (2002) Secretariat of the Basel Convention: Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill (D5), Basel Convention series/SBC No. 02/03 First Published in 1997 and reprinted in November 2002

Solid Waste Landfill Design Manual, Washington State Department of Ecology, 1987

Schmeltzer, J. S., L. E. Barker, and D. O. Blout, 1996. *Site Characterization Data from the U-3ax/bl Exploratory Boreholes at the Nevada Test Site*. DOE/NV/11718--003. Bechtel Nevada, Las Vegas, Nevada.

Schafer, R. G. (1978). The Behavioral Characteristics of Selected Northeastern Ohio Clays When Subjected to a Liquid Industrial Waste. In: Proceedings of the First Annual Conference of Applied Research and Practice on Municipal and Industrial Waste. Madison, WI: Dept. of Civil & Environmental Engineering, University of Wisconsin, Sept. 10-13, 1978.

Schroeder, P.R., Dozier, T.S., Zappi, P.A., McEnroe, B.M., Sjostrom, J.W. and Peyton, R.L. (1994) The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model: Engineering Documentation for Version 3, EPA/600/9-94/xxx, U.S. Environmental Protection Agency Risk Reduction Engineering Laboratory, Cincinnati, OH.

Sharma, H. D., and Lewis Sangeeta, P. (1994). *Waste containment systems, waste stabilization, and landfills design and evaluation*, Wiley, New York.

Solid Waste Landfill Design Manual, Washington State Department of Ecology, 1987 Stephens, D.B., and L.M. Coons. 1994. Landfill performance assessment at a semi-arid site: Modeling and validation. *Ground Water Monitoring and Remediation* IX(1):101-109.

Somasundaram, S., Caldwell, J. A., Loan, A. R., and LaFountain, L. J. 1999. "Design and Construction of an Evapotranspirative Cover at the OII Landfill," pp. 251-61 in *Proc. Solid Waste Association of North America's 4th Annual Landfill Symposium, Denver, Colorado,*

Stormont, J. C. 1997. "Incorporating Capillary Barriers in Surface Cover Systems," pp. 39-51 in *Landfill Capping in the Semi-Arid West: Problems, Perspectives, and Solutions, May 21-22, Grand Teton National Park, Wyoming,* eds. T. D. Reynolds and R. C. Morris, Environmental Science and Research Foundation, Idaho Falls, Id.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., and Vigil, S. (1993). *Integrated solid waste management engineering principles and management issues,* Irwin McGraw-Hill, Boston.

White, R. (1995a). "EPS Geofoam: Unique Solutions to Forming Steep Landfill Embankments," *Geosynthetics World,* Geosynthetics Publications, Ltd., U.K., Vol. 5, No. 2, p. 10.

White, R. (1995b). "EPS Used to Assist in Methane and Radon Gas Venting," *Geosynthetics World,* Geosynthetics Publications, Ltd., U.K., Vol. 5, No. 2, p. 12.

Zimmie T.F. and Moo-Young H.K. (1995). "Hydraulic Conductivity of Paper Sludges Used for Landfill Covers," *Geoenvironment 2000,* Geotechnical Special Publication No. 46, D.E. Daniel and Y.B. Acar (eds.), ASCE, New York, NY, Vol. 2, pp. 932-946.

٧- الملاحق

ملحق (١)
قائمة الحضور للمشاركين في اجتماعات الخبراء

الدول	اسماء الخبراء	اجتماع الخبراء الأول	اجتماع الخبراء الثاني	اجتماع الخبراء الثالث	بريد الكتروني
اسماء الخبراء من الدول العربية					
مصر	١- م/ عادل الشافعي	√	√	√	Adel221261@yahoo.com
البحرين	٢- أ/ عبد الكريم حسن راشد	√	√	√	Kme2004@myway.com
المغرب	٣- السيد/ سمير يسرى	√			Sayousry@ yahoo.fr
	٤- السيد/ اجعير عبد القادر		√		ajirabdo@yahoo.fr
سوريا	٥- م/ فؤاد العك	√	√	√	Fa-ok@scs-net.org
الأردن	٦- د/ محمد عقله الخشاشنة	√	√	√	mkhashashhneh@yahoo.com
قطر	٧- عبد الهادي ناصر المري	√			hkhwar@hotmail.com
	٨- ا/ احسن محسن خوار	√	√		hkhwar@hotmail.com
عمان	٩- م/ حميس بن مرهون السيابي	√	√		Kmsalsiy@omantel.net.om
اليمن	١٠- م/ نصر عبد الله قحطان	√			n.qhtal@yahoo.com
	١١- م/ علي عبد الله الذبحاني	√	√		dobhani2822@yahoo.com
	١٢- د. درهم منصور أبو حاتم	√			derhemmansor@yahoo.co
الكويت	١٣- م/ فاطمة فرحان عويد	√			Fatima_1965@hotmail.com
	١٤- م/ منال أحمد صالح	√			Wish_ubest@yahoo.com
موريتانيا	١٥- أ/ سيدي ولد الطالب	√			Sidi_taleb78@yahoo.com.fr
	١٦- حمود ولد سيد أحمد	√			Hosa65@hotmail.com
السعودية	١٧- م / سليمان بن محمد الزبن	√			Smz2002@hotmail.com
ليبيا	١٨- فرج أبو بكر المبروك	√			F_elmabrouk@yahoo.co.uk
	١٩- م. عمر أبو القاسم أبو خراوطة	√			OmerApril@hotmail.com
العراق	٢٠- أ/ رجاء عبد الوهاب	√			Rajaa_alassaf@yahoo.com
	٢١- د/ جذوة عبد الكريم	√			Moen_iraq@yahoo.com
فلسطين	٢٢- د. محمد أبو شمالة	√			mshammale@yahoo.com
	٢٣- م/ عاطف جابر	√			amjaber@hotmail.com

marzoukazbderrazak@yahoo.fr	√			٢٤ - أ. عبد الرازق المرزوقي	تونس
سكوتارية اتفاقية بازل					
Jeremy.richardson@unep.ch			√	Mr. Jeremy Richardson	جنيف
Ibrahim.Shafii @ unep.ch	√	√		٢٦ - د. ابراهيم شافعي	جنيف
المركز الإقليمي للتدريب ونقل التكنولوجيا للدول العربية					
elaref@baselegyp. org	√	√	√	٢٧ - أ.د/ مرتضي العارف	مصر
saidlec@ig-eg.com	√	√	√	٢٨ - أ.د/ سعيد أبو العلا	مصر
sdahroug@ baselegyp. org	√	√	√	٢٩ - د/ سعيد دحروج	مصر
amoe@baselegyp. org	√	√	√	٣٠ - د/ أشرف المغربي	مصر
afarouk@ baselegyp. org	√	√	√	٣١ - د/ أحمد فاروق	مصر
Elraey@ link.net	√	√	√	٣٢ - أ.د/ محمد عز الدين الراعي	مصر
I shamy@hotmail.com	√	√		٣٣ - أ.د/ ابراهيم الشامي	مصر
m_elzarka@hotmail. Com	√			٣٤ - أ.د. محمد الزرقا	مصر
Nefisa_sayed@hotmail.com		√		٣٥ - أ.د/ نفيسة أبو السعود	مصر
maelsharkawi@yahoo.com		√	√	٣٦ - أ.د. محمد عبد الحميد الشرقاوي	مصر
	√		√	٣٧ - د/ عصام عبد الحليم	مصر
	√			٣٨ - أ.د. طارق العربي	مصر
	√			٣٩ - د/ عدلى عبد العزيز	مصر
shaw kusakran@ yahoo.com	√			٤٠ - د/ شوقي سكران	مصر
			√	٤١ - أ.د. أحمد ابو خضرة	مصر
	√		√	٤٢ - د. عيد رجب	مصر
مركز تنمية البحوث					
Inas2001us@yahoo.com	√	√	√	٤٣ - أ.د. ايناس مصطفى	مصر
مؤسسة يوم المستشفيات					
dayhospl@internetegypt. com	√			٤٤ - د/ محمد عبد السلام البنا	مصر
noha_hamdy@ yahoo. com	√			٤٥ - ك/ فهدى عبد الحميد	مصر
شركة جرين للاستشارات البيئية					
green@green grouf. info	√	√		٤٦ - د/ طارق عبد الحميد	مصر
شركة انفيرونكس					
environies@link.net	√	√		٤٧ - م/ راجية عفيفي	مصر
جهاز شئون البيئة - وزارة الدولة لشئون البيئة - مصر					

aahmed_hm@yahoo.com			√	٤٨ - م / أحمد ابو السعود	مصر
moussai@link.net	√	√	√	٤٩ - د. موسى ابراهيم موسى	مصر
mhenv@yahoo.com	√			٥٠ - ك. محمد حامد على	مصر
Tarek_elruby@yahoo.com	√	√	√	٥١ - د. طارق عيد	مصر
هيئة الاستشعار عن بعد					
aosherif@navsr.sc.eg			√	٥٢ - أ.د. عاطف شريف	مصر
			√	٥٣ - د/ ممدوح عابدين	مصر
هيئة الشروة المعدنية					
			√	٥٤ - د. زينهم الألفى	مصر
Anoor51@yahoo.com	√	√		٥٥ - د/ أحمد محمد نور	مصر
kaissersaleh@yahoo.co.uk	√			٥٦ - قيصر حسين صابر	مصر
مشروع التخلص من النفايات الخطرة - محافظة الاسكندرية					
		√		٥٧ - د/ ماركو التونين	مصر
		√		٥٨ - د/ ضيف منصور	