



**BATTELLE**

برنامج التعاون البيئي لاتفاقية التجارة الحرة  
بين أمريكا الوسطى وجمهورية الدومينيكان

مكتب المحيطات والشؤون البيئية والعلمية الدولية  
وزارة الخارجية الأمريكية

وكالة حماية البيئة  
الأمريكية

منظمة **BATTELLE** صندوق خيري خاص غير  
ربحي

# ورشة عمل إقامة مكبات النفايات وعملياتها

# ورشة عمل إقامة مكبات النفايات وعملياتها

الرقم	الوحدة	المقدم
1	أهمية الإدارة السليمة لمكبات النفايات	ب. روش
2	بناء مكب النفايات الجزء الأول	م. إليزوندو
3	بناء مكب النفايات الجزء الثاني	خ. دافيللا
4	عمليات مكب النفايات الجزء الأول	م. إليزوندو
5	عمليات مكب النفايات الجزء الثاني	م. إليزوندو
6	أساسيات غازات مكب النفايات (LFG) ومنظومة تجميع الغاز والتحكم فيه (GCCS)	خ. دافيللا
7	تقنيات استخدام غازات مكب النفايات LFG	خ. دافيللا
8	إغلاق مكب النفايات المفتوح	ب. روش



**BATTELLE**

# الوحدة رقم 7 تقنيات استخدام غازات مكب النفايات LFG

خوسيه لويس دافيللا  
مستشار مستقل

# المحتوى

## ■ الجوانب العامة

- الاستخدام المباشر – محتوى حراري متوسط
- الاستخدام المباشر – محتوى حراري عالي
- توليد الطاقة الكهربائية
- الجمع بين الحرارة والطاقة الكهربائية (التوليد المشترك)

# لماذا نستخدم غازات مكب النفايات؟

- مصدر وقود محلي
- الاسترداد والاستخدام بسيط نسبيا
- مصدر للطاقة المتجددة
- متاح على مدار 24 ساعة و 7 أيام في الأسبوع
- تقنيات استخدام مثبتة
- وهو مصدر إذا لم تستخدمه ستفقد
- باستخدامه يمكنك تقليل الانبعاثات

# مكب النفايات



# فوائد استخدام غازات مكب النفايات

- تدمير الميثان والمركبات العضوية الأخرى الموجودة في غازات مكب النفايات
- يحل محل استخدام المصادر غير المتجددة
- الفوائد لمالك مكب النفايات:
  - مصدر دخل جديد
  - تنمية اقتصادية محلية من خلال خلق فرص عمل جديدة
  - الفوائد للمستخدم النهائي:
    - خفض تكلفة الوقود
    - استخدام المصادر المتجددة
    - دعم صورة الشركة كشركة "الخضراء/ المستدامة"

## الفوائد

كلّ ميغاواط يتم توليده يستخدم ما يقارب 615 م<sup>3</sup>/ساعة من غازات مكب النفايات. هذا يساوي سنوياً:

- زراعة 4900 هكتار من الأشجار، أو
- خفض انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون من 9000 مركبة، أو
- منع استخدام 99000 برميل نفط، أو
- منع استخدام 200 عربة فحم، أو
- توفير الكهرباء لحوالي 650 منزلاً



# كيف يتم استخدام غازات مكب النفايات؟

- الطماطم والزهور
- السيراميك والزجاج
- المركبات
- المستحضرات الصيدلانية
- الطوب والأسمنت
- المعادن
- عصير البرتقال والتفاح
- وقود الديزل الحيوي، الغاز الطبيعي المسال والإيثانول
- الألياف الزجاجية والورق
- الجينز
- الالكترونيات
- المواد الكيميائية
- الشوكولاتة
- تجفيف الحمأة الصحية
- منتجات الصويا
- السجاد
- تدفئة بالأشعة تحت الحمراء
- الطاقة الخضراء
- وفورات في التكاليف
- زيادة الاستدامة

# خيارات استخدام غازات مكب النفايات

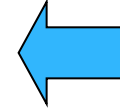
- **محتوى حراري متوسط.** الاستخدام المباشر أو مع القليل من المعالجة للاستخدام التجاري أو المؤسسي أو الصناعي لتزويد السخانات والأفران والمجففات والمحارق ، الخ. عادة مع محتوى ميثان 50%.
- **تبخر الراشح.** استخدام غازات مكب النفايات كوقود لتبخّر الراشح وخفض تكلفة المعالجة.
- **محتوى حراري عالي.** يتم تنقية غازات مكب النفايات إلى مستويات من 92 إلى 99 % ميثان، وإزالة غاز تنائي أوكسيد الكربون. الاستخدام النهائي يكون كغاز طبيعي أو غاز طبيعي مضغوط.
- **الكهرباء.** استخدام غازات مكب النفايات كوقود في محركات الاحتراق الداخلي أو التوربينات لتوليد الطاقة التي يتم إرسالها بعد ذلك إلى الشبكة العامة.

# بنية المشروع

مكب النفايات

تقنية الاستخدام

المستخدم النهائي



- وحدات حرارية متوسطة
- استثمار أقل، طاقة أقل
- وحدات حرارية عالية
- استثمار أكثر
- تحتاج غازات مكب النفايات إلى تنقية تقارب 95% ميثان لبيعها لشركة الغاز الطبيعي
- توليد الطاقة الكهربائية
- تتطلب التوصيل إلى الشبكة المحلية
- الجدوى تعتمد على قيمة الكيلوواط ساعة على المدى الطويل

# مَن يستخدم غازات مكب النفايات؟



Owens Corning



Rolls-Royce

Lucent Technologies  
Bell Labs Innovations



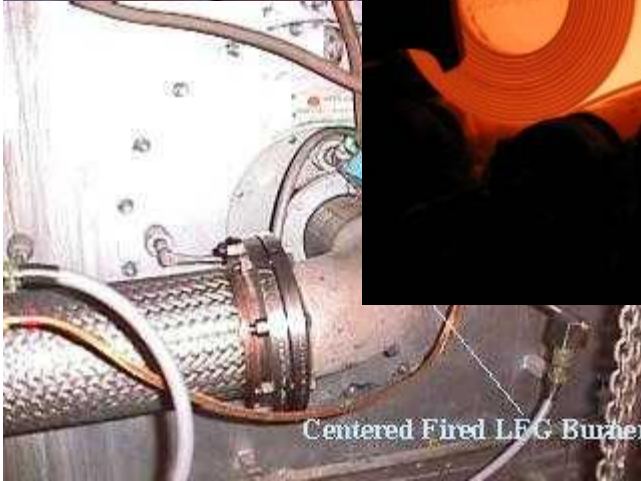
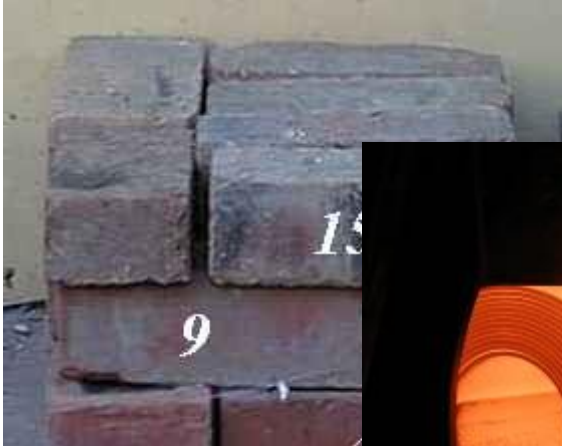
INTERNATIONAL  PAPER  
From innovation to results.

DAIMLERCHRYSLER



The Ultimate  
Driving Machine

# الاستخدام المباشر



- المراحل
- التطبيقات الحرارية المباشرة
  - افران
  - سخانات
- التطبيقات المبتكرة
  - البيوت الزجاجية
  - سخانات الأشعة تحت الحمراء
  - أفران السيراميك
  - تبخير الراشح

# الاستخدام المباشر

- أكثر من 100 مشروع في الولايات المتحدة الأمريكية
- طول خط الأنابيب يتراوح من 0.6 إلى 15 كم
- أقل من 10 كم يمكن أن تكون مجدية
- غازات مكب النفايات تستخدم من قبل المستخدم النهائي خارج المكب
- يتم نقل غازات مكب النفايات عبر خط أنابيب مخصص الى المستخدم النهائي

# الاستخدام المباشر

- في كثير من الحالات الخيار الأكثر قابلية للتطبيق
- يمكن أن يبعد موقع المستخدم النهائي لغاية 10 كم ، ولكنه يعتمد أيضًا على مدى تعقيد خط الأنابيب
- تُباع غازات مكب النفايات عادةً بخصم عن تعرفه الغاز الطبيعي الاعتيادية
- نقطة مهمة - لن يكون هذا النوع من المشاريع صعبًا إذا طلبت الهيئات التنظيمية أن تكون خطوط الأنابيب مطابقة لمعايير الغاز الطبيعي

# سلطة النفايات الصلبة في تري ريفرز (الأنهار الثلاثة)

كيمبرلي كلارك/ سيمنز - أيكين، كارولينا الجنوبية

## محطة الضغط والتجفيف

- تم تطويره من قبل شركة سيمنز
- البداية: نيسان/أبريل 2008
- التدفق: 3390 م<sup>3</sup>/ساعة
- خط الأنابيب: 25.4 كم
- الضغط 40 رطل / انج<sup>2</sup> (2.81 كغم/سم<sup>2</sup>)
- تستخدم غازات مكب النفايات في المراحل في منشأة كيمبرلي كلارك

## تكاليف رأس المال

- ~ 2.0 مليون دولار

## الجدول الزمني

- 8 أشهر للتصميم والتركيب

<https://trswa.org/landfillgas.shtml>



محطة ضغط



# مصنع جنكينز للطوب

## مودي، ألاباما



■ تم بناء هذا المصنع بالقرب من مكب النفايات  
■ خط الأنابيب: 11 كم

■ البداية: 2006

■ التدفق: 1015 م<sup>3</sup>/ساعة (يعادل 18 مليون BTU  
في الساعة)

■ يستخدم في الفرن

■ تمثل غازات مكب النفايات 45% من إجمالي  
احتياجات الطاقة

■ الفوائد

— توفير 600000 دولار خلال 7 سنوات

— علاقات عامة جيدة

— تنمية اقتصادية محلية

# سولا (Solae) – مكب نفايات جنوب شيلبي ممفيس، تينيسي



- أكبر مشروع طاقة متجددة في تينيسي
- التدفق: 8475 م<sup>3</sup>/ساعة
- شيد في 150 يوما
- تعديل منظومة الاحتراق وأنظمة التشغيل الآلي المتكاملة لتحسين استخدام غازات مكب النفايات
- تصميم وبناء المشاعل وأنظمة التشغيل الآلي
- تخفيض أكثر من 65% من الانبعاثات عن الغاز الطبيعي
- خط الأنابيب: ~8 كم
- خفض انبعاثات أكاسيد النايتروجين بنسبة 75%

# مكب النفايات في كرانبري كريك شركة أوشن سبري (Ocean Spray)



- تكامل التصميم والأنظمة لتزويد المراحل الجديدة بغازات مكب النفايات
- تصميم أنظمة التحكم لتعمل أوتوماتيكيا
- تحسين استخدام الوقود بتكلفة تشغيلية أقل
- أنظمة المراقبة والتشخيص تعمل عن بعد

<https://www.advanceddisposal.com/wi/wisconsin-rapids/cranberry-creek-landfill>

# الدفيئات (البيوت الزجاجية)



- استخدام غازات مكب النفايات كمصدر للطاقة الكهربائية والحرارة
- يمكن استخدام غاز ثنائي أوكسيد الكربون لتحسين نمو النبات
- يوجد 6 مشاريع في الولايات المتحدة الأمريكية



# تبخير الراشح



- تستخدم غازات مكب النفايات لمعالجة الراشح
- التقنية متاحة
- هناك أكثر من 20 مشروعاً تعمل في الولايات المتحدة الأمريكية ودولياً

# محتوى حراري عالي

## ■ التقنية

- يتم تنقية غازات مكب النفايات من 50% الى 97% - 99% ميثان
- إزالة ثنائي أوكسيد الكربون

## ■ المزايا

- الحقن في خط أنابيب الغاز الطبيعي
- الغاز المعالج يستخدم كمكافئ للغاز الطبيعي
- الحد من الوقود الأحفوري

## ■ العيوب

- يجب أن تفي بالمعايير الصارمة لخطوط الأنابيب
- التقنية مكلفة
- يمكن تطبيقه اقتصاديا على النطاق الواسع



# محتوی حراری عالی

## مونتوك للطاقة – فالي ومونسفيل ، بنسلفانيا

- بدأ العمل في عام 2006

- غازات مكب النفايات إلى محتوى

■ تقنية الغشاء

■ التجهيز:

- خط أنابيب الضغط المنخفض للتوزيع

المحلي

- خط أنابيب نقل الضغط العالي

[http://montaukenergy.com/operations/m  
onroeville/](http://montaukenergy.com/operations/monroeville/)



الصور عائدة لمونتوك للطاقة



# وقود المركبات

■ ضغط الغاز الطبيعي

■ المعدات الثقيلة لجمع النفايات الثقيلة

■ الحافلات ووسائل النقل العام الأخرى

■ يمكن استخدامها للتحويل إلى الميثانول والديزل الحيوي

■ إنتاج الإيثانول





# توليد الطاقة الكهربائية

- الاستخدام الأكثر شيوعاً في الولايات المتحدة الأمريكية

- ما يقارب 1100 ميغاواط في أكثر من 250 مشروعاً

- بيع الكهرباء

- بيعها للشبكة العامة

- للتعاونيات أو الصناعة المؤهلة للشراء المباشر

- المستهلكين الكبار القريبين منها

- التوليد الذاتي

- معدل الحجم:

- 4 ميغاواط (500 كيلوواط - 50 ميغاواط)

# توليد الطاقة الكهربائية

- محركات الاحتراق الداخلي
- التوربينات
- التوربينات الدقيقة
- التقنيات الجديدة
- خلايا الوقود

# محركات الاحتراق الداخلي



- القدرة: 350 كيلوواط - 3 ميغاواط
- المزايا
  - مثبتة وموثوق بها
  - كفاءة
  - توافر عالي > 92%
  - لا تتطلب معالجة غازات مكب النفايات
- العيوب
  - تكلفة تشغيل وصيانة عالية
  - انبعاثات عالية لأكاسيد النيتروجين وثنائي أكسيد الكربون

# التوربينات: غازات مكب النفايات، بخار، والدورة المركبة



■ القدرة: 1 - 6 ميغاواط

■ المزايا

- مقاومة عالية للتآكل
- انخفاض تكلفة التشغيل والصيانة
- صغيرة الحجم
- انبعاثات منخفضة من أكاسيد النيتروجين

■ العيوب

- غير فعالة في الأحمال الجزئية
- أحمال إضافية (parasitic loads) العالية بسبب متطلبات الضغط العالي
- يتطلب المعالجة المسبقة لغازات مكب النفايات



# التوربينات الدقيقة



■ القدرة: 30-200 كيلوواط

■ المزايا

■ انبعاثات منخفضة

■ عادة ما تستخدم للتوليد الذاتي

■ سعة وقود متعددة

■ صغيرة

■ انخفاض تكاليف عمليات التشغيل والصيانة

■ العيوب

■ غير كفوءة

■ ارتفاع تكلفة رأس المال لإنتاج الكيلوواط

الواحد (\$/كيلوواط)



# الجمع بين الحرارة والطاقة الكهربائية

- الصناعة الكبيرة
- التطبيق على التوربينات والتوربينات الدقيقة

# الجمع بين الحرارة والطاقة الكهربائية

- **المزايا**
- كفاءة أفضل لاستعادة الطاقة من خلال استعادة الحرارة المتبقية - حتى 80%
- الأنظمة المتخصصة متاحة
- مرنة – الماء الساخن أو توليد البخار من خلال استعادة الحرارة
- **العيوب**
- ارتفاع كلفة رأس المال



# محركات الاحتراق الداخلي والدفيئات (البيوت الزجاجية) موديل سيتي، نيويورك



- تم تطويرها من قبل شركة أنظمة الطاقة المبتكرة Innovative Energy Systems (IES)
- البداية: حزيران/يونيه 2001
- القدرة: 5.6 ميغاواط مع 7 محركات كاتربيلر G3516
- تزود البيوت الزجاجية بكل الطاقة الكهربائية والحرارة التي تحتاجها
- الطاقة الكهربائية الفائضة يتم بيعها إلى الشبكات العامة
- 7.5 فدان تنتج 10000 رطل / يوم أو 3.5 مليون رطل / سنة

<https://www.power-eng.com/2005/06/01/innovative-energy-systems-landfill-l-gas-plants/#gref>



# الجمع بين الحرارة والطاقة الكهربائية

بي أم دبليو كارولينا الجنوبية



- خط أنابيب 15 كم
- 4 توربينات محدثة لاستخدام غازات مكب النفايات
- 4.8 ميغاواط = 25% من احتياجات المصنع
- 72 مليون وحدة حرارية / ساعة = 80% من الاحتياجات الحرارية (الماء الساخن والحرارة والتبريد)
- وفورات قدرها 1 مليون دولار في السنة

<http://www.epa.gov/lmop/proj/profile/bmwmanufacturinglandfillg.htm>

# الجمع بين الحرارة والطاقة الكهربائية مدرسة أنطاكية الثانوية المجتمعية - أنطاكية، إلينوي



- أول مشروع توليد مشترك لغازات مكب النفايات في مدرسة
- 12 توربينات دقيقة بقدرة 360 كيلوواط
- بقايا الحرارة تنتج 306000 كيلوجول / ساعة تستخدم لتسخين الماء
- المدرسة لديها وفورات 100000 دولار في السنة

# شكرا لكم

الوحدة رقم 7

تقنيات استخدام غازات مكب النفايات LFG

خوسيه لويس دافيللا

مستشار مستقل

[pepedavila@yahoo.com](mailto:pepedavila@yahoo.com)

+1 (602) 820-2972

ورشة عمل إقامة مكبات النفايات  
وعملياتها



**BATTELLE**