



CÁC GIẢI PHÁP KỸ THUẬT THU GOM KHÍ BÃI RÁC NHẪM THU HỒI NĂNG LƯỢNG VÀ BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG

Hoàng Minh Giang¹, Nguyễn Văn Hoan²

Tóm tắt: Hiện nay, hầu hết các bãi chôn lấp hợp vệ sinh của Việt Nam đều chưa có hệ thống kiểm soát khí bãi rác (LFG) hiệu quả dẫn đến ảnh hưởng tới sức khỏe cộng đồng và gây nên các vấn đề về môi trường như: ô nhiễm mùi, nguy cơ cháy nổ, phát thải khí nhà kính và ảnh hưởng đến hệ thực vật các khu vực xung quanh... Bài báo nghiên cứu các cơ chế phát thải khí từ bãi chôn lấp chất thải rắn và đề xuất các giải pháp kỹ thuật thu khí đảm bảo kiểm soát ô nhiễm và nâng cao hiệu quả thu gom khí bãi rác hướng tới thu hồi năng lượng và nguyên liệu đáp ứng cho mục tiêu bền vững của hệ thống quản lý chất thải rắn tổng hợp.

Từ khóa: Hệ thống thu gom khí bãi rác; khí bãi rác; bãi chôn lấp hợp vệ sinh.

Summary: Currently, most of landfills in Vietnam have not been invested in efficient landfill gas (LFG) control system, leading to negative impacts on the health of community as well as environmental pollution factors such as odors, explosive risks, greenhouse gas emission and vegetation stress in landfill surrounding areas... The paper studied on landfill gas emission mechanism in landfills and then introduced varied technically solutions of landfill gas collection in order to control landfill gas emission toward material and energy recovery to meet the demand of a sustainable intergrated solid waste management system.

Key words: Landfill gas collection system; landfill gas; sanitary landfill.

Nhận ngày 15/6/2014, chỉnh sửa ngày 2/8/2014, chấp nhận đăng 10/9/2014



1. Giới thiệu chung

Ngày nay, công nghệ chôn lấp chất thải rắn tiên tiến còn có thể được gọi là “bãi chôn lấp hợp vệ sinh bền vững” vì nó đạt được các tiêu chí cơ bản của khái niệm phát triển bền vững phù hợp với điều kiện của các đô thị, đặc biệt là các đô thị ở các nước đang phát triển, đó là “đáp ứng được các nhu cầu của hiện tại mà không làm tổn hại đến nhu cầu của tương lai”[1].

Theo David E Ross và các cộng sự [1] bãi chôn lấp hợp vệ sinh đã và đang đáp ứng được nhu cầu cấp bách hiện tại ở hầu hết các quốc gia khi nó vừa là công nghệ có khả năng xử lý được tổng hợp các loại chất thải, đảm bảo vận hành liên tục ít khi phải đóng cửa để sửa chữa, bảo dưỡng; đồng thời đây còn được xem là công nghệ cần thiết khi đô thị có nhu cầu khẩn cấp do sự cố như thiên tai, thảm họa, bão lụt, động đất... và cũng là công đoạn cuối sau quá trình xử lý, tái chế chất thải rắn. Hơn nữa, bãi chôn lấp còn không làm tổn hại đến nhu cầu của các thế hệ tương lai vì chi phí xử lý thấp và có tiềm năng trở thành mỏ khai thác các thành phần vô cơ cho các thế hệ sau qua thời gian dài ổn định, nó cũng chính là nguồn cung cấp khí metan dùng cho nhiều mục đích trong đó có sản xuất năng lượng phi hóa thạch góp phần giảm thiểu phát thải khí nhà kính. Đối với phát thải khí CH_4 , riêng hợp phần chất thải đóng góp khoảng 18% trên phạm vi toàn cầu [2] chủ yếu từ các bãi chôn lấp. Thành phần khí bãi rác phát sinh chứa đến 50% là khí CH_4 , vì vậy nó chứa một tiềm năng sản xuất năng lượng sinh học lớn phục vụ con người. Theo F.R. Mc Dougall với hiệu suất 30% có thể sản xuất 1,5kWh năng lượng điện trên 1Nm^3 (1 mét khối chuẩn) khí bãi rác thu được [3]. Với Việt Nam, nghiên cứu năm 2013 cho thấy khả năng sản xuất năng lượng điện từ một số bãi chôn lấp lớn của thành phố Hà Nội lên đến 367GWh [4] nếu có hệ thống thu hồi khí bãi rác chủ động hiệu quả phục vụ cho sản xuất năng lượng. Mặt khác, toàn bộ hệ thống hạ tầng kỹ thuật, mặt bằng của các bãi chôn lấp sau khi đóng cửa có thể được dùng làm không gian công cộng phục vụ cho nhu cầu của dân cư đô thị như công viên, cây xanh, sân thể thao...

¹ThS, Khoa Kỹ thuật Môi trường. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: gianghm@nuce.edu.vn

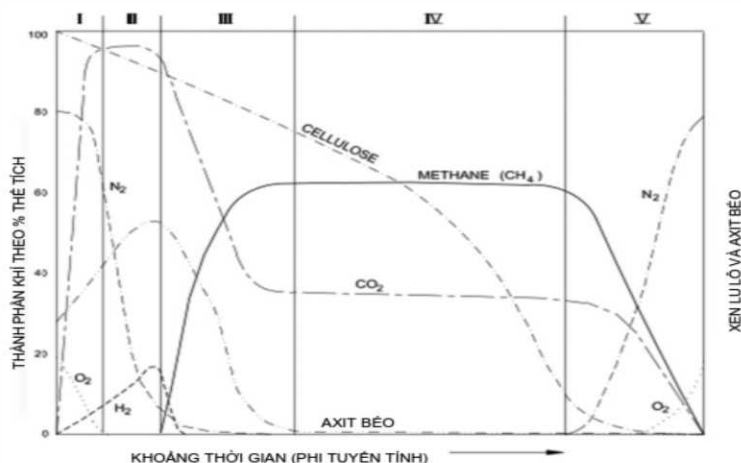
²ThS, Công ty Tư vấn và Xây dựng T&E, Hà Nội.

Công nghệ chôn lấp hợp vệ sinh cần phải được xem xét như một công nghệ xử lý chất thải rắn có khả năng phục vụ cho nhu cầu phát triển bền vững của đô thị, đặc biệt ở các nước đang phát triển. Tuy nhiên, hầu hết các bãi chôn lấp ở các nước đang phát triển hiện nay trong đó có Việt Nam đều chưa đảm bảo vệ sinh và chưa thể đóng góp cho sự phát triển bền vững của đô thị do công nghệ lạc hậu, quá trình thiết kế, vận hành và bảo dưỡng cũng như quan trắc chưa đúng quy trình kỹ thuật. Vì vậy, việc nghiên cứu các công nghệ chôn lấp, cũng như các giải pháp thiết kế kỹ thuật nhằm phục vụ cho mục tiêu phát triển bền vững của đô thị là nhu cầu tất yếu và cần được khuyến khích. Trong phạm vi bài báo, nhóm tác giả nghiên cứu đề xuất một số giải pháp kỹ thuật kiểm soát khí sinh ra từ các bãi chôn lấp chất thải rắn sinh hoạt của đô thị có khả năng áp dụng vào điều kiện Việt Nam hiện nay hướng tới kiểm soát ô nhiễm môi trường, thu hồi năng lượng và giảm thiểu phát thải khí nhà kính.

2. Nội dung chính

2.1 Quá trình hình thành khí bãi rác

Khí bãi rác là sản phẩm có bản chất sinh học tự nhiên của chất thải trải qua một chuỗi các quá trình vật lý, hóa học và sinh hóa xảy ra trong lòng ô chôn lấp [5]. Quá trình hình thành khí bãi rác xảy ra trong điều kiện kỵ khí do đó thành phần và lượng khí phát sinh bị ảnh hưởng bởi các yếu tố bao gồm thành phần chất thải, điều kiện tự nhiên và điều kiện vận hành của ô chôn lấp. Quá trình phát sinh khí bãi rác không phải xảy ra tức thì mà lượng rác được đưa vào ô chôn lấp sẽ trải qua một chuỗi các quá trình sinh - hóa được mô tả chi tiết bởi Farquahar và Rover [6] thể hiện trong Hình 1 và Bảng 1. Thành phần chủ yếu của khí bãi rác là khí CH_4 và CO_2 , sinh ra do quá trình phân hủy các chất hữu cơ. Một phần rất nhỏ các thành phần khí khác cũng có mặt trong hỗn hợp khí bãi rác bao gồm H_2S , hợp chất hữu cơ bay hơi (VOC) hay một số khí khác gây nên mùi hôi, ô nhiễm môi trường không khí và gây ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng, một số hợp chất VOC cũng đóng góp vào sự ấm lên của khí quyển như chlorofluorocarbon (CFCs).



Hình 1. Quá trình hình thành khí bãi rác [6]

Quá trình sinh ra khí metan bắt đầu ở giai đoạn thứ ba, tuy nhiên quá trình metan hóa của giai đoạn này chưa diễn ra ổn định. Trong thời kỳ này, lượng CO_2 bắt đầu giảm dần vì quá trình phân hủy chuyển sang điều kiện kỵ khí. Sản phẩm đặc trưng của quá trình này là khí metan, nhờ sự hoạt động của các vi khuẩn metan hóa chuyển hóa các sản phẩm ở giai đoạn trước và chất hữu cơ thành khí metan.

Bảng 1. Khoảng thời gian của các quá trình [6]

Giai đoạn	Điều kiện của quá trình	Khoảng thời gian (điển hình)
I	Hiếu khí	Vài giờ đến vài tuần
II	Thiếu khí	Từ 1 đến 6 tháng
III	Kỵ khí, Metan hóa, chưa ổn định	Từ 3 tháng đến 3 năm
IV	Kỵ khí, Metan hóa, ổn định	Từ 3 năm đến 40 năm
V	Kỵ khí, Metan hóa, suy giảm	Từ 1 đến trên 40 năm
Tổng thời gian		Từ 10 đến trên 80 năm

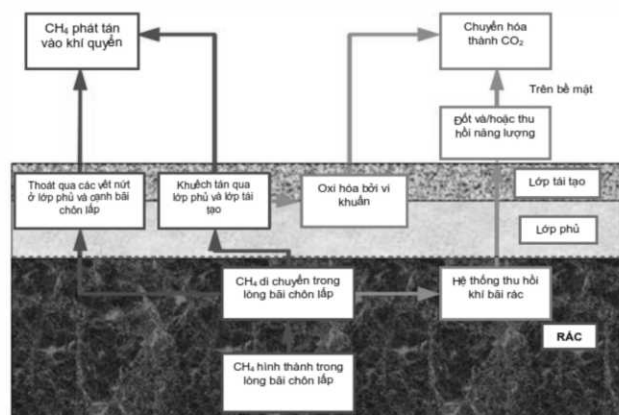
Ở giai đoạn tiếp theo, giai đoạn metan hóa ổn định, lượng khí metan sinh ra chiếm tỷ trọng 40 - 70% thể tích khí bãi rác [7]. Quá trình hình thành khí metan trong bãi chôn lấp bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố bao gồm: thành phần của rác được chôn lấp, hàm lượng và chất lượng của các thành phần hữu cơ có khả năng phân hủy, sự hình thành điều kiện kỵ khí, tuổi của rác, hoạt động của các loài vi khuẩn chuyển hóa khí CH_4 , hàm lượng nước, các chất dinh dưỡng và độc tố, nhiệt độ và pH, độ ẩm của rác, độ dày, độ đầm chặt của lớp phủ bề mặt và các yếu tố khí tượng. Trong số các yếu tố này, độ ẩm của rác là một trong những yếu tố quan trọng nhất vì với rác có độ ẩm cao, sự tiếp xúc giữa các loài vi khuẩn, các chất dinh dưỡng và các hợp chất có khả năng phân hủy sinh học sẽ gia tăng, do đó sự chuyển hóa sinh học sẽ được tăng cường, dẫn đến sự gia tăng lượng khí CH_4 được sinh ra [8]. Nếu độ ẩm trong rác cao hay trong quá trình vận hành tạo điều kiện cho độ ẩm rò rỉ vào trong rác sẽ rút ngắn thời gian đạt đến giai đoạn ổn định metan hóa của bãi chôn lấp. Hầu hết các bãi chôn lấp chất thải sẽ đạt được quá trình metan hóa ổn định trong vòng 2 năm sau khi chôn rác. Khí bãi rác còn phát sinh từ bãi chôn lấp nhiều thập kỷ sau đó phụ thuộc vào điều kiện chôn lấp, loại rác, tính chất và thành phần của rác thải, lượng phát thải khí bãi rác sẽ giảm dần theo thời gian sau giai đoạn ổn định.

Bên cạnh hai thành phần khí chính trong khí bãi rác là CH_4 và CO_2 , hợp chất hữu cơ bay hơi cũng có thành phần vô cùng phức tạp có mặt trong bãi chôn lấp. Allen và các cộng sự nghiên cứu 7 bãi chôn lấp ở Anh đã công bố có hơn 140 loại hợp chất hữu cơ bay hơi được xác định trong các bãi chôn lấp này và có đến 90 loại hợp chất này có trong hầu hết các bãi chôn lấp [9]. Các chất bay hơi chủ yếu được tìm thấy bao gồm các hợp chất alkan, lakan vòng, các hợp chất vòng thơm, hợp chất terpenes sinh ra từ thực vật, các hợp chất gốc rượu và xeton, halogen...

Lượng khí CH_4 trong khí bãi rác sinh ra từ lòng các bãi chôn lấp và phát tán vào trong khí quyển cũng phụ thuộc vào quy mô, đặc điểm thiết kế - vận hành của các bãi chôn lấp. Ở các bãi chôn lấp không được lắp đặt hệ thống kiểm soát và thu hồi khí bãi rác, phần lớn khí CH_4 sinh ra sẽ di chuyển lên phía trên bề mặt bãi chôn lấp và phát tán vào trong khí quyển. Ở các bãi chôn lấp có lắp đặt hệ thống kiểm soát và thu hồi khí bãi rác, lớp phủ bề mặt bãi chôn lấp có tính thấm thấp sẽ ngăn chặn khí CH_4 thoát ra, đồng thời hệ thống giếng thu, đường ống, và bơm sẽ được sử dụng để thu hồi khí CH_4 để đốt hoặc sản xuất năng lượng. Trong trường hợp này, khí CH_4 được chuyển hóa thành khí CO_2 có chu trình ngắn. Một phần khí CH_4 không được thu hồi sẽ di chuyển lên phía trên bề mặt bãi chôn lấp và trong quá trình đi qua lớp phủ, một phần trong lượng khí CH_4 này sẽ bị oxy hóa thành CO_2 . Một khí CH_4 sinh ra có thể thoát ra ngoài qua các khe nứt hoặc thành bãi chôn lấp (Hình 2).

2.2 Hệ thống thu gom khí bãi rác

Khí bãi rác di chuyển trong lòng ô chôn lấp dựa trên sự chênh lệch áp suất và theo hướng ít gặp sự ngăn cản của các hạt rác. Khí bãi rác không được kiểm soát tốt sẽ tích tụ trong hệ thống thu nước rỉ rác, dưới bề mặt lớp phủ cuối làm tăng nguy cơ cháy nổ và cản trở hiệu quả xử lý của toàn hệ thống. Vì vậy, cần phải có hệ thống thu khí để kiểm soát sự di chuyển và giải phóng lượng khí tích tụ trong lòng ô chôn lấp. Hai giải pháp kỹ thuật thu gom khí bãi rác được sử dụng là: thu gom bị động và thu gom chủ động. Hệ thống thu gom bị động có ưu điểm là chi phí đầu tư thấp, kỹ thuật vận hành đơn giản nhưng lại không hiệu quả trong việc kiểm soát ô nhiễm mùi và giảm thiểu phát thải khí nhà kính. Ngược lại, hệ thống thu gom khí chủ động tuy có chi phí đầu tư và vận hành bảo dưỡng cao nhưng có hiệu suất thu hồi khí cao, kiểm soát ô nhiễm tốt, hơn nữa đem lại hiệu quả cao về kinh tế và môi trường khi đem lại tiềm năng thu hồi năng lượng, giảm thiểu biến đổi khí hậu. Tùy thuộc vào điều kiện kinh tế - kỹ thuật tại địa phương và mục đích thiết kế mà lựa chọn hệ thống thu gom khí bãi rác phù hợp. Nhiều bãi chôn lấp trên thế giới kết hợp cả 2 giải pháp thu gom.



Hình 2. Sự phát thải của khí bãi rác từ trong lòng ô chôn lấp

2.2.1 Hệ thống thu khí bị động

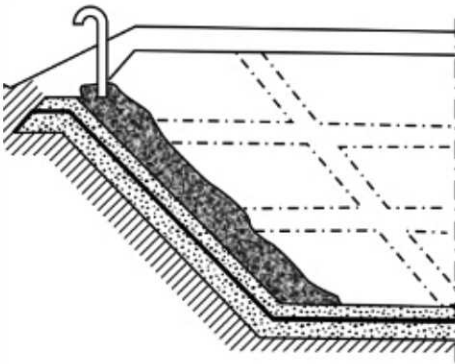
Giải pháp thu khí bị động thường được áp dụng cho các bãi chôn lấp có quy mô nhỏ, theo hướng dẫn của tiêu chuẩn thiết kế TCXDVN 261:2001 là các bãi chôn lấp có công suất nhỏ hơn 50000 tấn/năm [11]. Tuy nhiên, tùy thuộc vào điều kiện kinh tế - kỹ thuật của địa phương hay nhu cầu hoặc tiềm năng thu hồi khí bãi rác của bãi chôn lấp để sản xuất năng lượng, chủ đầu tư có thể lựa chọn giải pháp thu khí, ví dụ như bang British Columbia của Canada hướng dẫn đối với bãi chôn lấp có tiềm năng phát thải khí CH_4 nhỏ hơn $1000\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{năm}$ thì nên sử dụng giải pháp thu khí bị động [12].

Khí bãi rác có xu hướng phát tán lên phía trên bề mặt và xung quanh thành bãi chôn lấp vì vậy đối với hệ thống thu gom khí bãi rác bị động chỉ cần đảm bảo khí thoát ra khỏi lòng bãi chôn lấp, tránh tích tụ dưới bề mặt bãi chôn lấp (dưới bề mặt chống thấm của lớp phủ cuối) và ngăn chặn tích tụ trong lòng đất khu vực bên ngoài bãi chôn lấp. Các hệ thống thu gom khí bãi rác bị động không sử dụng hệ thống hút cơ giới, mà thu khí dựa trên áp suất tự nhiên và cơ chế đối lưu không khí; giải pháp này phù hợp với các bãi chôn lấp quy mô nhỏ, lượng khí bãi rác, CH_4 sinh ra ít và các bãi chôn lấp không cần phải thiết kế hệ thống thu gom khí bãi rác bị động theo quy định. Hệ thống thu gom khí bị động phát tán khí bãi rác trực tiếp ra môi trường tuy nhiên nó vẫn đóng góp vai trò quan trọng trong việc kiểm soát tốt hơn phạm vi phát tán ô nhiễm, hạn chế khả năng di chuyển trong lòng đất của khí bãi rác ra các khu vực xung quanh, giảm thiểu khả năng tích tụ khí bãi rác bên dưới bề mặt lớp phủ giảm nguy cơ gây cháy, nổ làm hỏng kết cấu bề mặt của bãi chôn lấp.

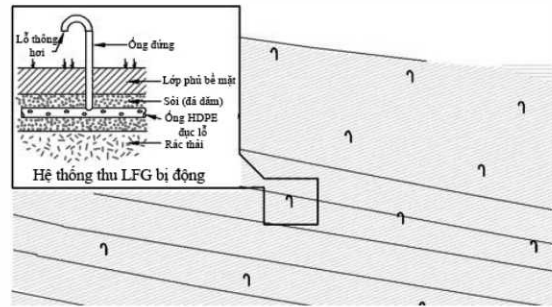
Hệ thống thu khí bị động có thể được xây lắp trong quá trình chôn lấp rác hoặc sau khi đã chôn xong và phủ cuối [13]. Việc lựa chọn các giải pháp kỹ thuật thiết kế thu khí bị động cũng quyết định biện pháp xây lắp hệ thống thu khí, một số kiểu hệ thống thu khí bị động được sử dụng là giếng thu khí, mương thu khí ngang, thu khí theo thành ô chôn lấp và tường thu khí được biểu diễn trong Hình 3.

Các giải pháp kỹ thuật thu khí bị động được sử dụng tương đối đa dạng vì trong thực tế khí bãi rác có khả năng di chuyển ở phạm vi rộng nhờ độ rỗng do rác tạo ra trong lòng ô chôn lấp. Do đó, hệ thống thu khí phải hạn chế được khả năng tích tụ của khí ở nhiều vị trí bên trong lòng ô chôn lấp để giảm thiểu các rủi ro về cháy nổ và phát tán vào đất của khí bãi rác. Giải pháp thu gom khí thành bãi (Hình 3a) sử dụng đá dăm hoặc các vật liệu thô tạo thành các mương dẫn khí dẫn nằm dọc theo thành ô chôn lấp, khí bãi rác di chuyển dễ dàng hơn trong mương và thoát ra bên ngoài môi trường bằng các ống thông hơi đục lỗ đặt ở bên trên bề mặt [13]. Hệ thống thu khí kiểu này giúp giảm lượng khí bãi rác tích tụ ở thành ô chôn lấp có khả năng khuếch tán xuyên qua thành bãi đi vào trong đất gây ảnh hưởng đến hệ sinh thái đất khu vực xung quanh bãi chôn lấp. Các mương thu khí này còn có thể được đặt theo phương ngang trên bề mặt ô chôn lấp, dưới tầng chống thấm của lớp phủ cuối (Hình 3b), bên trong các mương này bố trí các ống thu khí HDPE đục lỗ nối với các ống đứng thông hơi lên khỏi bề mặt ô chôn lấp khoảng 0,5m [12]. Hệ thống này giúp giải phóng khí tích tụ trên bề mặt bãi chôn lấp là khu vực có nguy cơ cháy nổ và phá hỏng kết cấu ô chôn lấp. Bên cạnh đó, người ta còn thiết kế một số hệ thống thu khí bên ngoài ô chôn lấp, Hình 3d là hệ thống tường thu khí đặt bên ngoài và xung quanh ô chôn lấp có khả năng gom và ngăn chặn được lượng khí thấm qua thành ô chôn lấp di chuyển ngang ảnh hưởng đến hệ sinh thái đất khu vực xung quanh [12]. Ưu điểm của hệ thống là không làm ảnh hưởng đến kết cấu và quá trình vận hành ô chôn lấp vì nó được lắp đặt độc lập bên ngoài ô chôn lấp, tuy nhiên đây không phải là một giải pháp tối ưu về kinh tế vì có kích thước và quy mô rất lớn. Ở một số nước, người ta sử dụng tường thu khí kiểu này để xử lý sự cố rò rỉ khí bãi rác từ thành các ô chôn lấp.

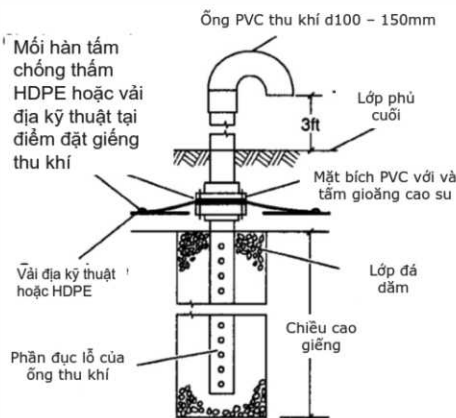
Hệ thống giếng thu đứng (Hình 3c) được sử dụng khá phổ biến trên thế giới hiện nay, tuy nhiên hệ thống này được sử dụng cho giải pháp thu khí chủ động nhiều hơn vì việc kiểm soát bán kính ảnh hưởng (ROI) hiệu quả hơn khi sử dụng hệ thống hút cơ giới. Bán kính ảnh hưởng (ROI) được Vigneault và các cộng sự định nghĩa là bán kính của vùng xung quanh giếng thu khí mà 90% lượng khí phát sinh trong vùng đi vào giếng thu khí [14]. Đối với hệ thống thu khí bị động, tùy thuộc vào đặc thù của rác và điều kiện kỹ thuật của ô chôn lấp, bán kính ảnh hưởng lý tưởng được đề xuất bằng 2 đến 2,5 lần độ sâu của giếng thu khí [15]. Vì vậy, khoảng cách giữa các giếng thu khí phải được bố trí hợp lý theo độ sâu của giếng và chiều cao từ đáy lên đỉnh của ô chôn lấp, nếu khoảng cách giữa hai giếng thu khí quá lớn thì hiệu suất thu khí sẽ không cao.



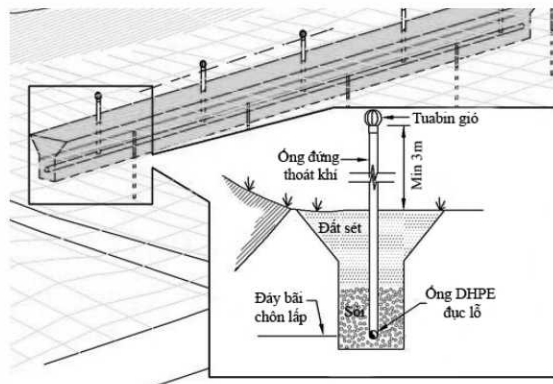
a) Giải pháp thu gom khí thành bãi sử dụng các vật liệu thô [13]



b) Giải pháp thu gom khí bề mặt sử dụng ống ngang đục lỗ [12]



c) Giải pháp giếng thu đứng bằng ống đục lỗ [16]



d) Giải pháp tường thu khí bên ngoài sử dụng ống ngang và tuabin gió [12]

Hình 3. Một số giải pháp kỹ thuật thiết kế hệ thống thu gom khí bãi rác bị động

2.2.2 Hệ thống thu khí chủ động

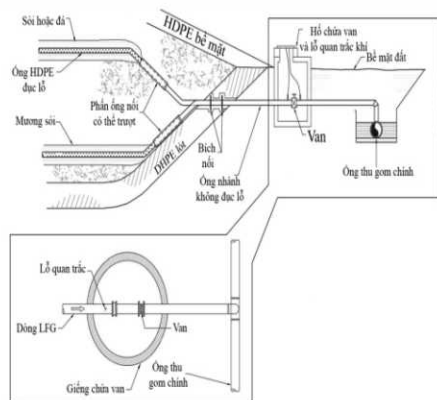
a) Giếng và mương khai thác

Hệ thống thu khí chủ động kết nối các giếng khai thác và thu hồi khí bãi rác thông qua các quạt hút. Giếng khai thác có thể là các giếng đứng hoặc các mương nằm ngang (Hình 4), tuy nhiên, các giếng đứng được sử dụng nhiều hơn đối với hệ thống thu khí chủ động. Thông thường, đối với hệ thống thu khí chủ động sử dụng giếng đứng (Hình 4b,c), các giếng được thi công bằng phương pháp khoan sau khi đã phủ rác ở lớp rác cuối cùng [12, 13, 16]. Các giếng khai thác đứng được đặt với khoảng cách sao cho bán kính ảnh hưởng của chúng chồng lên nhau nhưng không nhỏ hơn 1,73 lần giá trị của bán kính ảnh hưởng. Đối với các ô chôn lấp đã hoàn thành, có thể xác định bán kính ảnh hưởng bằng phương pháp bơm kiểm tra được Gardner và các cộng sự đề xuất [17]. Bán kính ảnh hưởng của các giếng thu khí phụ thuộc vào nhiều yếu tố như đặc tính thấm của rác thải, độ ẩm và lượng nước rỉ rác trong ô chôn lấp, điều kiện vận hành của bãi... nên theo Gardner bán kính ảnh hưởng của giếng thu khí là tập hợp các điểm xung quanh giếng có giá trị chênh lệch áp suất từ 0,5mPa/m đến 1,3mPa/m. Tuy nhiên, theo kết quả nghiên cứu của Vigneault, et al. [14] thì tỷ lệ sinh khí metan và giá trị lực hút của quạt có ảnh hưởng lớn đến giá trị ROI của giếng thu khí, cụ thể tỷ lệ sinh khí metan và lực hút của quạt càng lớn thì giá trị ROI càng lớn nhưng khi lực hút của quạt tăng lên lại làm cho tỷ lệ thể tích khí metan trong khí bãi rác được thu hồi giảm đi do sản lượng khí metan không thay đổi vào cùng một thời điểm.

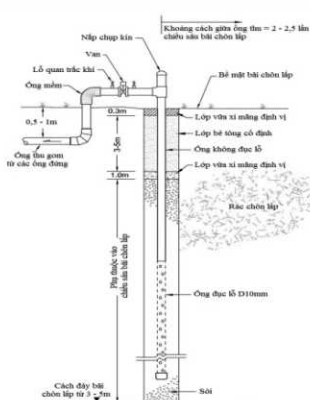
Thêm vào đó, trong một ô chôn lấp thường có rất nhiều giếng khai thác khí và các giếng này có sự tác động qua lại với nhau vì vậy không gian xung quanh cũng có ảnh hưởng đến ROI của giếng. Young và Gay đã phân tích sự ảnh hưởng qua lại này và đề xuất ra hệ số giảm sản lượng khí (YRC) [18]. Hệ số này phản ánh sự tác động qua lại giữa các giếng dựa trên nhiều yếu tố như khoảng cách giữa các giếng, độ sâu

của giếng, độ thấm thấu theo chiều dọc và chiều ngang của rác thải... Theo kết quả nghiên cứu của Young và Gay, giá trị hệ số YRC giảm dần khi khoảng cách các giếng thu khí tăng dần và YRC cao nếu độ thấm thấu theo chiều ngang của rác thải cao.

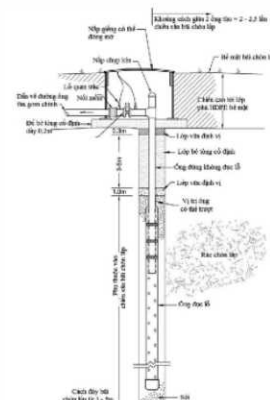
Một giải pháp khác là sử dụng hệ thống khai thác khí ngang chủ động (Hình 4a), hệ thống này thường được sử dụng kết hợp với hệ thống giếng đứng. Thông thường các mương khai thác khí ngang được thi công sau khi đã chôn được 2 đến 3 lớp rác. Khoảng cách giữa các mương theo chiều đứng là 10-12m và theo chiều ngang là 15-30m [12], về cấu tạo các mương này giống như các mương thu khí ngang của hệ thống thu khí bị động, điểm khác duy nhất là nó được đặt trong lòng ô chôn lấp và nối với hệ thống quạt hút chủ động.



a) Hệ thống thu khí ngang



b) Giếng thu khí đặt ngoài



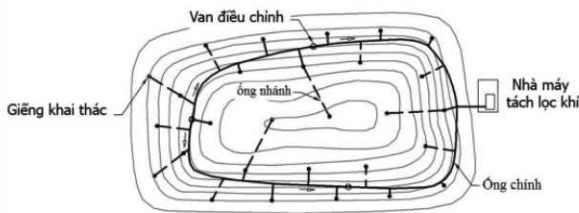
c) Giếng thu khí đặt trong

Hình 4. Một số giải pháp kỹ thuật thu khí chủ động điển hình [12]

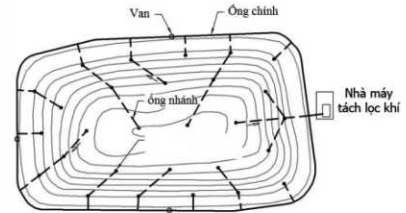
b) Hệ thống ống chính thu khí

Nhiệm vụ của ống chính là thu gom khí bãi rác của toàn bộ bãi chôn lấp từ các hệ thống giếng khai thác đứng và ngang có trong bãi. Ống thu gom chính có thể được thiết kế để trên giá đỡ lộ thiên hoặc cũng có thể được chôn vào lòng đất tùy thuộc vào đặc điểm khí hậu của từng vùng nơi bãi chôn lấp được xây dựng. Đối với những vùng có nhiệt độ thấp, nên chôn đường ống chính trong lòng đất với độ sâu tối thiểu hoặc sử dụng ống chính có lớp bọc cách nhiệt tránh đóng băng nước ngưng dẫn đến tắc đường ống. Kích thước của ống phụ thuộc vào lưu lượng khí tính toán được mà đoạn ống đó phải đảm nhận vận chuyển. Theo kinh nghiệm thực tế áp dụng của các nước phát triển, đường kính tối thiểu của ống thu gom chính $\geq 100\text{mm}$ [12].

Thông thường, ống chính thu gom khí bãi rác được bố trí theo vòng tròn và có thể nằm ngoài hoặc nằm trong ô chôn lấp (Hình 5). Đối với những bãi chôn lấp với quỹ đất hạn chế, có thể bố trí hệ thống ống thu chính này nằm ngay trên bề mặt bãi chôn lấp (Hình 5a). Tuy nhiên, việc bố trí theo cách này thường không mang lại tính bền vững cơ học cho hệ thống. Nguyên nhân là theo thời gian chiều cao của bãi chôn lấp sẽ giảm dần do sự phân hủy chất thải rắn bên trong lòng bãi chôn lấp. Do vậy, sẽ có hiện tượng những đường ống chính này bị cong và có thể dẫn tới bị phá hủy nếu độ sụt lớn. Đối với bãi chôn lấp cho phép bố trí được ống thu gom chính nằm bên ngoài ô chôn lấp (Hình 5b) sẽ đảm bảo được độ bền cơ học của ống theo thời gian khai thác bãi chôn lấp. Việc trích và quan trắc khí trên các ống chính này cũng trở nên đơn giản hơn so với việc phải đi vào trong bãi để quan trắc hoặc trích một phần khí khai thác để phân tích. Ngược lại với hệ thống trên vào mùa khí hậu lạnh có thể dẫn tới lượng nước bị đóng băng hoặc ngưng tụ bên trong ống thu gom chính nhiều hơn. Nguyên nhân là do khí đường ống được đặt trong bãi chôn lấp có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ bên ngoài bãi chôn lấp. Lượng nhiệt này có được là do quá trình phân hủy chất thải rắn của vi sinh vật tạo ra như đã phân tích ở các phần phía trên. Trong trường hợp thiết kế đường ống chính nằm ngoài bãi chôn lấp có thể khắc phục hiện tượng đóng băng nước ngưng trong ống bằng cách chôn ống chính sâu từ 0,5 - 1m trong lòng đất [12].



a) Ống chính bố trí trong

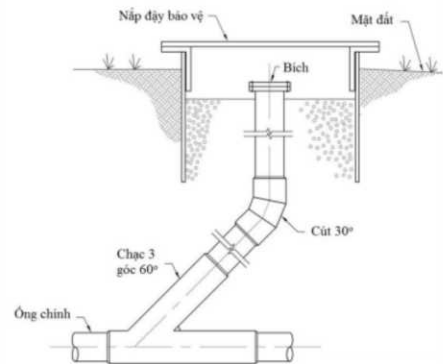


b) Ống chính bố trí ngoài

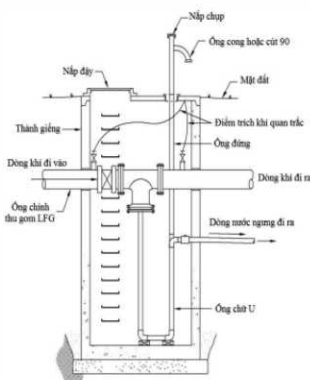
Hình 5. Hệ thống ống chính thu khí bố trí trong và bố trí ngoài ô chôn lấp [12]

Trên các đường ống chính cần có thêm van điều chỉnh, hệ thống chạc ba thông tắc và vệ sinh đường ống. Tùy thuộc vào cách kết nối giữa hệ thống đường ống thu gom chính và hệ thống thu gom khí từ trong bãi chôn lấp mà bố trí các vị trí đặt van cho phù hợp. Tác dụng của việc đặt van trên đường ống chính nhằm mục đích tách các phần của hệ thống thu gom khí sửa chữa, kết nối mới mà không làm ảnh hưởng đến toàn bộ hệ thống. Ngoài ra, đối với một hệ thống thu gom sử dụng đường ống chính chung một kính thước thì việc đặt van có tác dụng điều chỉnh áp suất đảm bảo áp suất tại các điểm thu là như nhau. Tuy nhiên, trở lực qua van rất lớn sẽ là gánh nặng cho hệ thống quạt hút và tổn năng lượng.

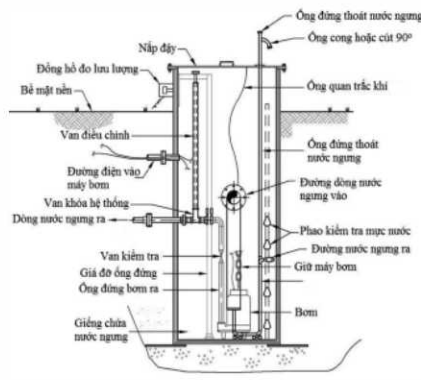
Đối với các hệ thống ống thu gom cần đảm bảo độ dốc từ 0,5-5% [12] tránh hiện tượng nước ngưng ứ đọng trong ống dẫn đến tắc đường ống, làm giảm hiệu quả thu gom khí. Trong thực tế không phải điều kiện địa hình nào cũng có thể đảm bảo được điều này do đó việc thiết kế các giếng "bẫy" nước ngưng là rất cần thiết cho hệ thống. Theo nghiên cứu và kinh nghiệm vận hành hệ thống thu gom khí bãi rác của các nước phát triển trên thế giới, việc loại bỏ nước ngưng ngay trên hệ thống đường ống thu gom sẽ giảm thiểu các khả năng rủi ro phía sau cho nhà máy tách lọc. Trên thế giới hiện nay, hai loại giếng bẫy nước ngưng được sử dụng khá phổ biến là giếng tự chảy và giếng có sử dụng bơm chìm. Đối với loại giếng tự chảy: nước ngưng sẽ được loại bỏ ra khỏi dòng khí và tự chảy về các hố thu, nước này được xử lý cùng với hệ thống nước rỉ rác thu gom được. Đối với loại giếng sử dụng bơm chìm: Nước ngưng sau khi bị loại bỏ ra khỏi dòng khí sẽ được tích tụ ngay trong giếng. Khi mực nước đạt đến một mức nhất định sẽ được bơm hút đi tới khu xử lý nước rỉ rác hoặc cũng có thể tuần hoàn lại bãi chôn lấp nhằm đảm bảo độ ẩm của rác đối với những vùng có khí hậu khô nóng. Chạc ba thông tắc và các kiểu bẫy nước ngưng điển hình được thể hiện trong Hình 6a,b,c.



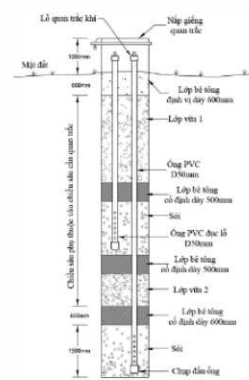
a) Chạc ba thông tắc



b) Bẫy nước ngưng kiểu tự chảy



c) Bẫy nước ngưng dùng bơm



d) Giếng quan trắc khí bãi rác 2 cấp

Hình 6. Hệ thống thông tắc, bẫy nước ngưng và giếng quan trắc khí bãi rác [12]

2.3 Hệ thống quan trắc khí bãi rác

Đối với bãi chôn lấp, việc quan trắc thường xuyên khí bãi rác nhằm phát hiện được sự rò rỉ khí bãi rác qua thành, đáy bãi là yếu tố quan trọng nhằm kiểm soát ảnh hưởng khí bãi rác tới môi trường đất, các công trình ngầm và môi trường không khí xung quanh. Đơn vị vận hành bãi chôn lấp phải chắc chắn rằng nồng độ khí metan không vượt quá 25% giới hạn nồng độ gây cháy nổ của metan (nồng độ giới hạn cháy nổ của khí metan là 5%) bên trong bãi chôn lấp và không vượt quá giới hạn cháy nổ bên ngoài bãi chôn lấp. Việc kiểm soát được dòng đi của khí bãi rác có ý nghĩa đối với cả hai hệ thống thu gom khí bãi rác chủ động và bị động cũng như có ý nghĩa đánh giá chất lượng của hệ thống lót đáy và thành bãi.

Hệ thống quan trắc khí bãi rác bao gồm các ống quan trắc được đặt trong các giếng khoan bố trí theo chu vi của bãi chôn lấp. Hệ thống này được thiết kế cố định, sử dụng với mục đích quan trắc khí trong thời gian dài suốt dòng đời tồn tại của bãi chôn lấp. Hệ thống này có thể thực hiện quan trắc thủ công bằng cách sử dụng máy đo và kiểm tra từng điểm quan trắc. Với sự phát triển của công nghệ hiện đại như ngày nay, việc quan trắc có thể thực hiện tự động và liên tục bằng các thiết bị đo tự động được gắn ở đầu các ống quan trắc, truyền dữ liệu về hệ thống máy chủ.

Về mặt kỹ thuật, giếng quan trắc khí bãi rác phải phát hiện được khí bãi rác bị rò rỉ trong mùa có mực nước ngầm thấp nhất. Đối với thời điểm có mực nước ngầm cao, giếng quan trắc có thể bị ngập một phần vì vậy có thể thiết kế giếng quan trắc có hai hoặc nhiều cấp quan trắc. Một giếng quan trắc khí bãi rác nên quan trắc được ở nhiều tầng đất khác nhau tùy thuộc vào điều kiện mực nước ngầm, điều kiện địa chất và mục tiêu quan trắc (Hình 6d). Để xác định được khoảng cách đặt các giếng quan trắc khí bãi rác, cần thực hiện công tác khảo sát địa chất trong phạm vi xây dựng giếng xung quanh bãi chôn lấp. Khoảng cách từ mép ngoài của bãi chôn lấp đến vị trí đặt giếng quan trắc được thiết kế dựa vào đặc điểm địa chất của khu vực, thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Khoảng cách giếng quan trắc khí theo đặc điểm địa chất [12]

Đặc điểm địa chất	Khoảng cách đến thành bãi chôn lấp (m)	
	Min	Max
Không có tầng địa chất có độ thấm thấp đồng đều (đất sét...) trong vòng 250m	50	150
Có tầng địa chất có độ thấm thấp đồng đều trong vòng 250m	20	50
Có tầng địa chất có độ thấm thấp đồng đều trong vòng 150m	10	50
Không có tầng địa chất có dễ thấm đa chiều đồng đều (cát...) trong vòng 250m	20	50
Có tầng địa chất dễ thấm đa chiều đồng đều (cát...) trong vòng 250m	10	50
Có tầng địa chất dễ thấm đa chiều đồng đều (cát...) trong vòng 150m	10	20
Không có tầng đất dễ thấm, hoặc tầng đất đá có khe nứt lớn trong vòng 250m	20	50
Có tầng đất dễ thấm hoặc tầng đất đá có khe nứt trong vòng 250m	10	50
Có tầng đất dễ thấm hoặc tầng đất đá có khe nứt trong vòng 150m	5	20



3. Kết luận và kiến nghị

Ở Việt Nam hiện nay, hầu hết các ô chôn lấp đều chưa chú trọng đến việc kiểm soát và thu gom khí bãi rác gây nên nhiều hệ lụy cho môi trường không khí và sức khỏe cộng đồng. Một số bãi chôn lấp sử dụng hệ thống thu khí bị động chưa thực sự đáp ứng được yêu cầu phát triển bền vững vì vẫn phát tán khí trực tiếp ra môi trường, không thu hồi được năng lượng, rò rỉ khí bãi rác ra khu vực xung quanh hoặc tích tụ khí dưới bề mặt bãi do thiết kế kỹ thuật chưa phù hợp và các yếu tố khác... Trong điều kiện nước ta hiện nay, hệ thống thu gom khí bãi rác bị động sẽ vẫn chiếm tỷ lệ lớn ở các bãi chôn lấp trong thời điểm hiện tại và tương lai gần do còn khó khăn về kinh tế và kỹ thuật, đặc biệt là với các bãi chôn lấp quy mô nhỏ (công suất nhỏ hơn 50 000 tấn/năm). Tuy nhiên, Nhà nước cần phải định hướng và có lộ trình cụ thể để trong tương lai các hệ thống thu gom chủ động có thu hồi nguyên liệu và năng lượng sẽ được sử dụng phổ biến thay thế các hệ thống cũ, đặc biệt là đối với các bãi chôn lấp có quy mô lớn hơn 50 000 tấn/năm.

Việc kiểm soát khí bãi rác hiệu quả góp phần quan trọng trong việc hạn chế các ảnh hưởng từ bãi

chôn lấp chất thải rắn đến môi trường như ô nhiễm không khí, ô nhiễm mùi hay áp lực lên hệ thực vật và ngăn chặn nguy cơ cháy nổ trên bãi. Thêm vào đó, nếu sử dụng hệ thống thu gom khí chủ động kết hợp với công nghệ thu hồi nguyên liệu và năng lượng, thì kiểm soát khí sinh ra từ bãi chôn lấp còn có ý nghĩa cắt giảm phát thải khí nhà kính góp phần giảm thiểu biến đổi khí hậu. Việc sử dụng các công nghệ thu hồi khí sản xuất năng lượng, chế biến sản phẩm hay chỉ đơn giản là đốt bằng các đầu đốt để giảm thiểu biến đổi khí hậu cần phải đánh giá trong từng điều kiện kinh tế - kỹ thuật cụ thể của khu vực.

Đối với Việt Nam, chúng ta hiện nay chưa có quy chuẩn kỹ thuật cũng như các tiêu chuẩn hướng dẫn cụ thể thiết kế kỹ thuật hệ thống kiểm soát khí bãi rác nhằm kiểm soát ô nhiễm và thu hồi năng lượng. Các quy chuẩn và tiêu chuẩn hiện hành đều chưa đề cập đến các vấn đề về kỹ thuật kiểm soát và thu hồi khí bãi rác. Bên cạnh đó, các công nghệ tách lọc nhằm mục đích thu hồi CH₄ cũng rất quan trọng cho quá trình cũng chưa được lưu ý tới. Vì vậy, việc nghiên cứu và xây dựng các hướng dẫn kỹ thuật thiết kế, vận hành nhằm tối ưu hóa hệ thống kiểm soát ô nhiễm và thu hồi khí bãi rác sản xuất năng lượng đối với Việt Nam hiện nay là vô cùng cần thiết và cần được đầu tư thực hiện một cách nghiêm túc.

Tài liệu tham khảo

1. Ross, D.E., Agamuthu, P., and Gardner, R.B. (2011), "Sustainable sanitary landfill celebrates its 80th anniversary", *Waste Management & Research* 29, 1-2.
2. Bogner, J., Abdelrafie, A.M., Diaz, C., Faaij, A., Gao, Q., Hashimoto, S., Mareckova, K., Pipatti, R. & Zhang, T. (2007), *Waste management. In Climate Change 2007: Mitigation*, Cambridge, UK and New York, NY, USA: Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change., p. 34.
3. F.R. McDougall, P.R.W., Marina Franke and Peter Hindle (2001), *Integrated Solid Waste Management: A life-cycle Inventory, second Edition*, Cornwall: Blackwell Publishing Company, MPG Books Ltd, Bodmin.
4. Giang, H.M., and Huong, L.T.M. (2013), "Assessment of potential greenhouse gas mitigation of available household solid waste treatment technologies", *Waste Technology* 1, 10-16.
5. Christensen, T.H., and Kjeldsen, P. (1989), *Basic biochemical processes in landfills. IN: Sanitary Landfilling: Process, Technology, and Environmental Impact*, Academic Press, New York. 1989. p 29-49, 9 fig, 3 tab, 34 ref.
6. Farquhar, G.J., and Rovers, F. (1973), "Gas production during refuse decomposition", *Water, Air, and Soil Pollution* 2, 483-495.
7. McBean, E.A., Rovers, F.A., and Farquhar, G.J. (1995), *Solid waste landfill: engineering and design*, Prentice Hall.
8. Onargan, T., Kucuk, K., and Polat, M. (2003), "An investigation of the presence of methane and other gases at the Uzundere - Izmir solid waste disposal site, Izmir, Turkey", *Waste Management* 23, 741-747.
9. Allen, M.R., Braithwaite, A., and Hills, C.C. (1997), "Trace organic compounds in landfill gas at seven UK waste disposal sites", *Environmental Science & Technology* 31, 1054-1061.
10. Worrell, W., and Vesilind, P. (2011), *Solid Waste Engineering*, Cengage Learning.
11. TCXDVN261:2001 (2001), *Bãi chôn lấp chất thải rắn: Tiêu chuẩn thiết kế*. B.X. Dũng, ed, Nhà xuất bản Xây Dựng, Hà Nội, Việt Nam.
12. Associates, C.-R. (2010), *Landfill Gas Management Facilities Design Guidelines*. B.C. Ministry of Environment, ed. BC, Canada.
13. Willumsen, H., and Barlaz, M.A. (2010), *Landfilling: Gas Production, Extraction and Utilization. In Solid Waste Technology & Management*, John Wiley & Sons, Ltd. USA, pp. 841-857.
14. Vigneault, H., Lefebvre, R., and Nastev, M. (2004), "Numerical simulation of the radius of influence for landfill gas wells", *Vadose Zone Journal* 3, 909-916.
15. ISWA (2010), "Lesson 4a: Landfill biogas system design", International Solid Waste Association.
16. Tchobanoglous, G., and Kreith, F. (2002), *Handbook of solid waste management*, McGraw-Hill, New York.
17. Gardner, N., Manley, B.J.W., and Probert, S.D. (1990), Design considerations for landfill-gas-producing sites, *Applied Energy* 37, 99-109.
18. Young, A., and Gay, N.J. (1995), "Interactions Between Gas Extraction Wells", *Waste Management & Research* 13, 3-12.