

## Chương **4**

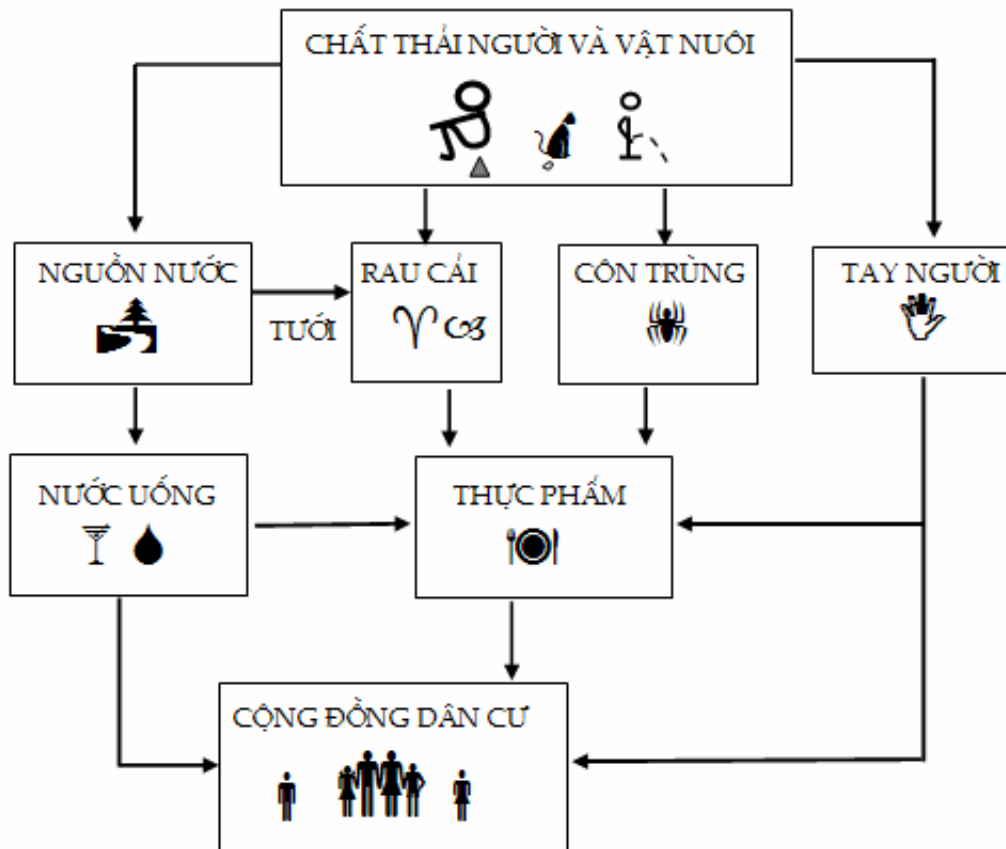
# CÔNG TRÌNH LÀM SẠCH NƯỚC THẢI DƯỚI ĐẤT

--- oOo ---

### 4.1 CÔNG TRÌNH NHÀ VỆ SINH

#### 4.1.1 Khái quát

Con người và gia súc luôn luôn tạo ra chất thải từ chính mình, chủ yếu là phân và nước tiểu. Các chất thải người và gia súc là nguồn mang nhiều vi trùng mang mầm bệnh (germs) như tiêu chảy (diarrhoea), dịch tả (cholera), thương hàn (typhoid) hoặc viêm gan siêu vi loại A (hepatitis A), ..., ngoài vấn đề gây mùi hôi khó chịu và mất thẩm mỹ. Hình 4.1 cho thấy các đường đi của bệnh tật do ô nhiễm vi khuẩn từ chất thải người.



Hình 4.1 : Đường đi của sự lây nhiễm bệnh tật từ chất thải con người và gia súc

Vì vậy, các chất thải này cần phải có công trình tiếp nhận và xử lý tại chỗ trước khi cho vào hệ thống chung. Các hộ xí gia đình hay tập thể trở thành một nhu cầu không thể thiếu trong một xã hội hiện đại và văn minh. Bảng 4.1 cho thành phần chất thải người.

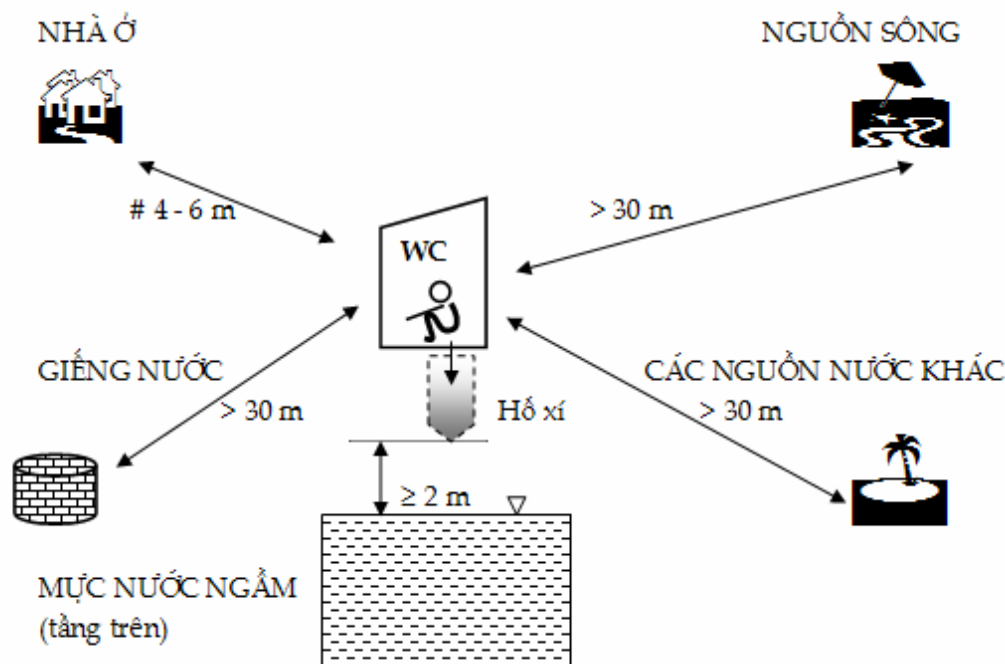
Bảng 4.1: So sánh thành phần hóa học của phân, nước tiểu của người và gia súc

Loại chất thải	Hàm lượng theo % trọng lượng		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N
Phân heo	0,45 - 0,6	0,32 - 0,50	0,5 - 0,6
Nước tiểu heo	0,07 - 0,15	0,2 - 0,7	0,3 - 0,5
Rác thải sinh hoạt	0,60	0,60	0,60
Phân chuồng heo	0,25	0,49	0,48
Phân người	0,50	0,37	1,00
Nước tiểu người	0,13	0,19	0,50
Phân lẫn nước tiểu người	0,20 - 0,4	0,2 - 0,3	0,5 - 0,8

(Nguồn: Nguyễn Đăng Đức, Đặng Đức Hữu (1968), Bùi Thanh Tâm (1984) trích bởi Trần Hiếu Nhuệ, 2001)

#### 4.1.2 Bố trí Nhà vệ sinh

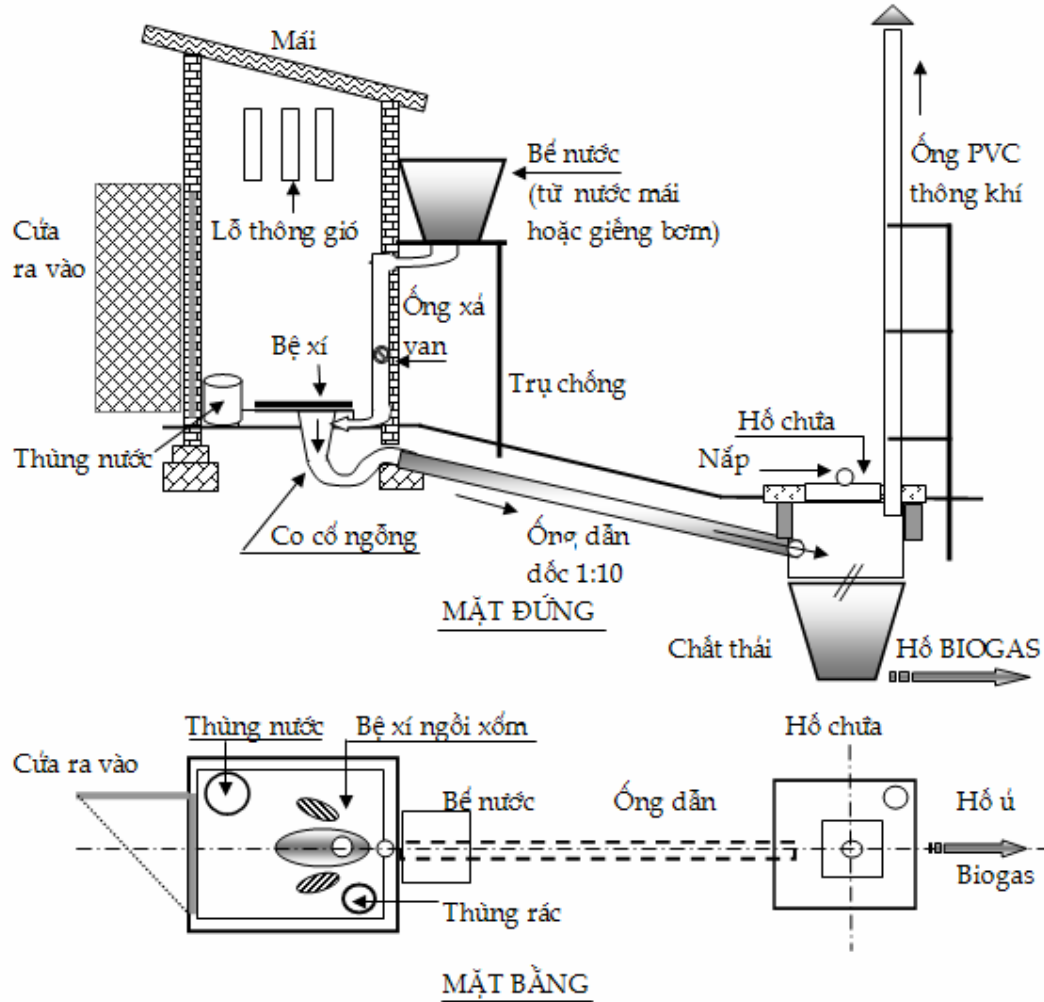
Ở các vùng nông thôn, nơi có diện tích rộng rãi, kinh phí và vật liệu xây dựng khó khăn, nhà vệ sinh thường bố trí bên ngoài nhà ở, mang tính cộng đồng (cho 1 hoặc vài nông hộ sử dụng chung), cấu trúc đơn giản nhưng để đảm bảo yêu cầu vệ sinh môi trường, một số khoảng cách tối thiểu ở hình 4.2 cần được tham khảo.



Hình 4.2 : Khoảng cách tối thiểu tham khảo khi bố trí hố xí công cộng ở vùng nông thôn

Nhà vệ sinh nên bố trí nơi thấp nhất, cần cách xa giếng và các nguồn nước khác ít nhất 30 m, hướng chảy của nước ngầm phải chảy theo hướng từ giếng để hố xí để tránh nước thải người chảy vào giếng. Đáy hố xí phải cao hơn mực nước ngầm tầng trên. Lượng phân thải tính trung bình cho mỗi người là 0,06 m<sup>3</sup>/năm. Hố xí dành cho một gia đình trung bình từ 4 - 6 người trong 5 năm, cần có khối tích khoảng 1,5 m<sup>3</sup> - 1,8 m<sup>3</sup> (đào sâu 1,5 - 1,8 m + 0,5 m, đáy rộng 1 x 1 m<sup>2</sup>). Nếu có điều kiện nên xây thành xi măng - gạch ngăn một phần nước phân tiểu thấm

vào đất. Một số hộ nông dân có thể sử dụng chất thải người đã hoại để làm phân bón cho cây trồng (tuy nhiên cách này không được khuyến khích vì có thể gây nhiễm bẩn đất và lây lan giun sán, vi khuẩn), hồ chứa chất thải có thể dẫn đến một hầm ủ biogas thì tốt hơn (vừa có chất đốt, vừa có thể tận dụng phân bón, nuôi cá, ...). Nhà vệ sinh có thể xây dựng theo như một kiểu như hình 4.3.



Hình 4.3 : Một kiểu nhà vệ sinh đơn giản vùng nông thôn

Thông thường ở các đô thị, nhà vệ sinh (bao gồm trung chỗ tắm rửa, chỗ tiểu, chỗ xí, ...) phải gần nơi ở và làm việc và được bố trí ở vị trí thuận lợi, một phần nhằm tiết kiệm diện tích đất đai, một phần để tiện việc đi lại. Các chất thải của người phải được dòng nước có áp lực mạnh tống xuống các bể tự hoại hoặc bể phân hủy.

**4.1.3 Phân loại nhà vệ sinh**

Có 3 dạng chính để chọn lựa khi quyết định xây dựng nhà vệ sinh:

Bảng 4.2: Phân loại nhà vệ sinh theo nguyên lý xử lý phân

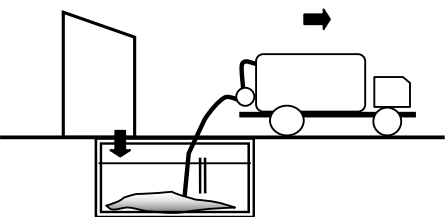
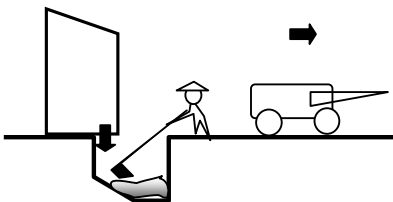
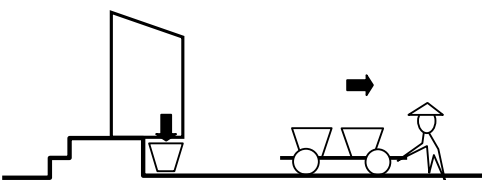
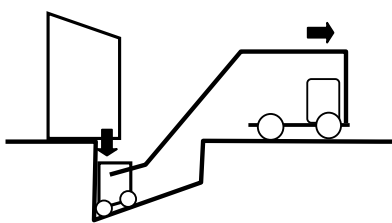
Dạng nhà vệ sinh	Nguyên lý xử lý phân	Tính chất	
		Ưu điểm	Nhược điểm
<b>Tự hoại</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vi khuẩn yếm khí sẽ phân hủy các chất thải người sau một thời gian trong bể tự hoại.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sạch sẽ, gọn gàng, không hoặc ít gây rò rỉ mùi hôi</li> <li>Thích hợp cho những vùng đất cao, đất phù sa nước ngọt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chi phí cao.</li> <li>Không thể dùng nước mặn và nước phèn được vì các loại nước này không giúp cho phân tự hoại được.</li> </ul>
<b>Tự thấm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chất thải thấm qua các tầng đất và tự làm sạch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thích hợp cho các vùng đất thấm nước tốt như các vùng cao, vùng đồi núi, vùng giồng cát ven biển</li> <li>Được UNICEF đề xuất xây dựng khá nhiều nơi khô hạn.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Có thể ảnh hưởng phần nào đối với nền đất nơi đặt nhà vệ sinh.</li> </ul>
<b>Dạng khô</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dạng này không dùng nước, thường dùng tro bếp, tro trấu hoặc cát mịn để phủ lấp phân.</li> <li>Có thể thiết kế để phân và nước tiểu đi đến những thùng chứa riêng biệt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rẻ tiền</li> <li>Phân người sau một thời gian ủ trộn với tro bếp có thể dùng để làm phân bón cho cây trồng.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Không được vệ sinh và thẩm mỹ</li> <li>Có mùi hôi</li> <li>Nếu không che đậy cẩn thận, ruồi có thể đến sinh sản.</li> </ul>

Khi xét đến việc có hay không sự chuyển vận phân đi nơi khác kết hợp với khả năng có hoặc không có nước để dội cầu thì ta có thể theo sự khuyến cáo ở Bảng 4.3 và 4.4:

Bảng 4.3 : Phân loại bể thải liên quan để sự dùng nước và vận chuyển phân

	<b>Có sự vận chuyển phân</b>	<b>Không vận chuyển phân</b>
<b>Có dùng nước</b>	1. Xây dựng nhà vệ sinh loại có nút nhấn xả nước nối với hệ thống dẫn thoát nước	3. Xây dựng loại nhà vệ sinh có nút xả nổi hồ chứa phân hoặc ao cá hoặc hầm biogas
<b>Không dùng nước</b>	2. Xây dựng loại nhà vệ sinh với loại hố xí thùng	4. Xây dựng loại nhà vệ sinh với hố ủ phân compost

Bảng 4.4: Các hình thức chuyển phân

Hình thức vận chuyển	Đặc điểm
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vận chuyển phân bùn bằng xe hút hầm cầu</li> <li>• Phù hợp với các vùng đô thị và ven đô, thị trấn</li> <li>• Chi phí cao</li> <li>• Vệ sinh tốt</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vận chuyển phân bằng công lao động (người cào và xe đẩy)</li> <li>• Phù hợp với vùng nông thôn và vùng núi, nơi khan hiếm nước</li> <li>• Tiết kiệm phân bón</li> <li>• Thiếu vệ sinh</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vận chuyển phân bằng thùng</li> <li>• Phù hợp với vùng nông thôn và vùng núi, nơi khan hiếm nước</li> <li>• Tiết kiệm phân bón</li> <li>• Thiếu vệ sinh</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vận chuyển phân bằng thùng dạng cơ giới</li> <li>• Phù hợp với vùng nông thôn và thành thị</li> <li>• Có thể làm phân bón</li> <li>• Vệ sinh ở mức độ vừa</li> </ul>

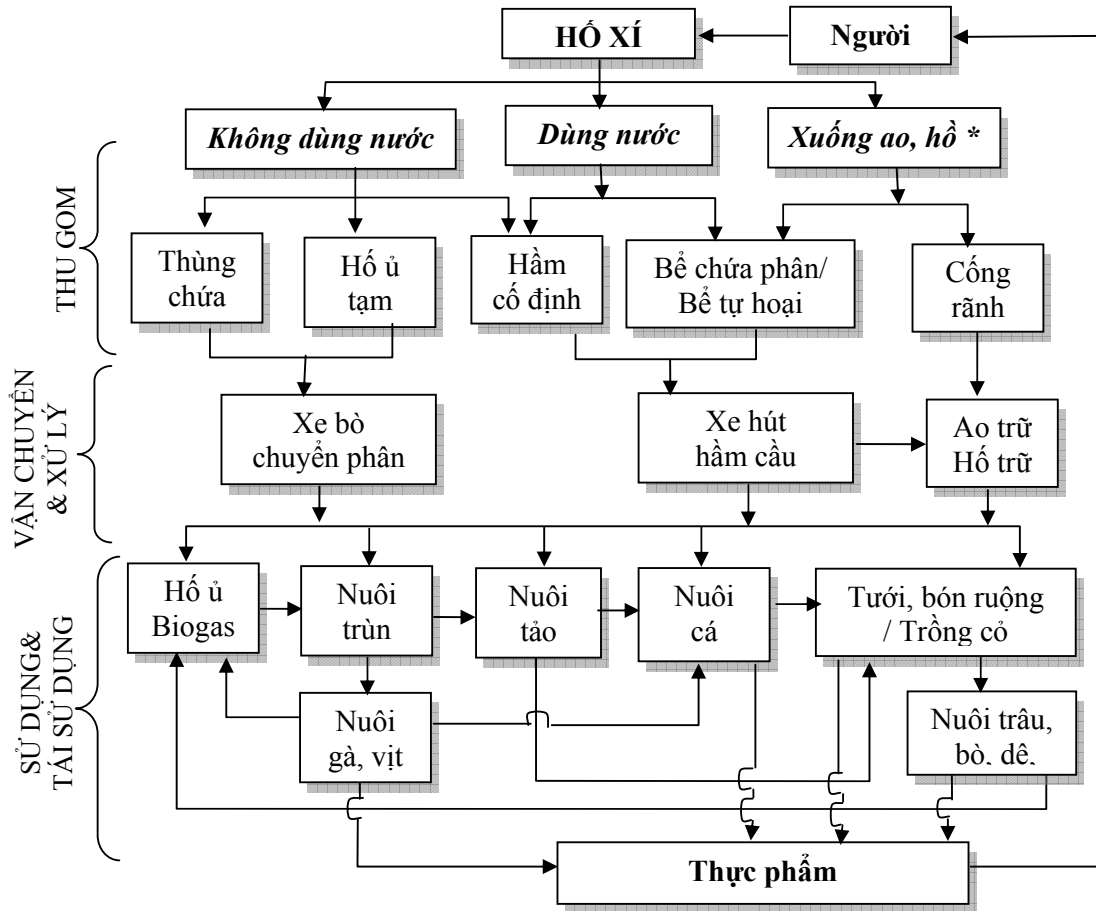
Phân biệt bể tự hoại theo kết cấu:

Bảng 4.5 : Phân loại bể thải theo kết cấu

Loại bể	Số người sử dụng	Dung tích
Bể tự hoại 2 ngăn	15 - 20	3.000 - 4.000 lít
Bể tự hoại 3 ngăn	20 - 50	4.000 - 10.000 lít
Bể tự hoại nhiều (> 3) ngăn	> 50	1.000 lít/người
Bể phân hủy	4 - 200	1.000 lít/người

Ngoài ra người ta còn phân loại theo kiểu nhà xí có hay không sự chia tách phân và nước tiểu cho các mục tiêu xử lý và sử dụng khác nhau.

Nếu xem xét đến việc vận chuyển, xử lý và tái sử dụng phân thì có thể theo sơ đồ hình 2.2 sau. Quan hệ này là một phần của mô hình canh tác sinh thái khép kín VACB (Vườn - Ao - Chuồng - Biogas) ở nông thôn.



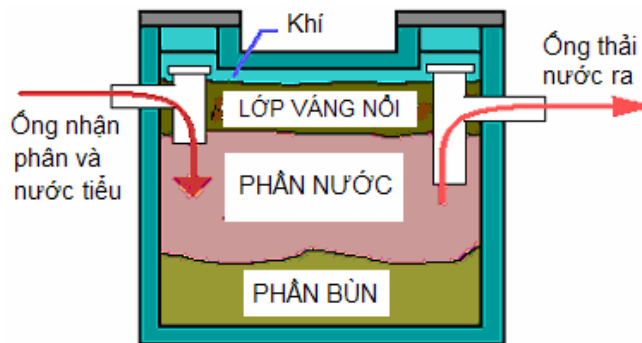
Hình 2.2: Mô hình VACB liên quan đến việc sử dụng hố xí

Ghi chú:

\* Nhà xí thải chất bài tiết xuống ao hồ (như nhà xí ao cá), trong một số phân loại, được xem là loại nhà xí không dùng nước.

#### 4.1.4 Bể tự hoại

Bể tự hoại (*septic tank*) thường được thiết kế theo dạng hình tròn bằng các cấu kiện lắp ghép sẵn, một số nơi có xu hướng xây theo hình chữ nhật (hình 4.4). Cần lưu ý rằng, bể tự hoại khác bể lắng ở chỗ là nước thải không chảy liên tục vào bể tự hoại nên tính ổn định thủy lực không ứng dụng được.



Hình 4.4: Kết cấu hầm chứa phân và nước tiểu

**4.1.4.1 Kích thước bể tự hoại**

Qui mô xây dựng nhà vệ sinh được hiểu là dung tích cần thiết của hố chứa phân hay kích thước hố chứa, dung tích chứa của nhà vệ sinh tùy thuộc vào 3 yếu tố: mức thải của từng cá nhân (người lớn hoặc trẻ em), số lượng người sử dụng nhà vệ sinh và thời gian sử dụng (thời gian phải hút sạch hầm cầu). Thật sự, khó có thể xác định chính xác dung tích này, nó mang tính gần đúng, việc tính toán thiên về an toàn, nghĩa là kết quả đủ thừa so với nhu cầu thực tế.

Thể tích hố chứa phân có thể xác định theo (Kalbermatten *et al.*, 1980):

- Nếu kích thước hố chứa nhỏ hơn độ sâu 4 m:  

$$V = A \cdot d = 1.33 \times C \cdot P \cdot N \quad (4-1)$$

- Nếu kích thước hố chứa lớn hơn độ sâu 4 m:  

$$V = A \cdot (d - 1) = C \cdot P \cdot N \quad (4-2)$$

Trong đó:

- V = thể tích hố chứa phân (m<sup>3</sup>)
- C = mức thải phân (m<sup>3</sup>/người.năm). Lấy theo bảng 4.6.
- P = số người sử dụng (người)
- N = thời gian sử dụng (năm)
- A = diện tích mặt cắt ngang hố đào (m<sup>2</sup>)
- d = độ sâu hố đào (m)

Hệ số 1.33 được xem là hệ số gia tăng an toàn 30% cho thể tích hố chứa phân.

Bảng 4.6: Mức thải phân theo m<sup>3</sup>/người.năm

Hố chứa ướt		Hố chứa khô	
Dùng nước để rửa sạch hậu môn	Dùng giấy để chùi sạch hậu môn	Dùng nước để rửa sạch hậu môn	Dùng giấy để chùi sạch hậu môn
0.04	0.06	0.06	0.09

(Nguồn: Kalbermatten *et al.*, 1980)

Ví dụ 4.1: (theo tài liệu ESIC, Bangkok, 1987)

Một gia đình 6 người cần một hố chứa chi phí thấp. Đất trong khu vực là loại đất có độ thấm rút thuận lợi và ổn định. Mực thủy cấp là 7 m dưới mặt đất. Xác định kích thước hố chứa phân cho yêu cầu sử dụng 10 năm trong 2 trường hợp: hố hình trụ tròn và hố hình khối chữ nhật. Lưu ý rằng gia đình dùng nước để rửa hậu môn sau khi đi tiêu.

Giải: Theo công thức (4-1):

$$V = 1,33 \times C \cdot P \cdot N = 1,33 \times 0,06 \times 6 \times 10 = 4,8 \text{ m}^3$$

- Hố chứa phân nếu làm theo hình trụ tròn, đường kính hình trụ thường được chọn vào khoảng 1,0 - 1,5 m. Chọn đường kính 1,25 m thì độ sâu của hố chứa phân là:

$$\text{Độ sâu của hố chứa phân} = \frac{\text{Thể tích hố}}{\text{Diện tích chung quanh hố hình trụ}} \quad (4-3)$$

$$\text{Diện tích chung quanh hố} = \frac{\pi}{4} \times D^2 = \frac{3.1416}{4} \times 1,25^2 = 1,23 \text{ m}^2$$

$$\text{Độ sâu của hố chứa phân} = \frac{4,8}{1,23} = 3,91 \text{ m}$$

Bảng 4.7 và 4.8 là bảng tính thể tích cho các hố chứa khô (hố xí không dội nước) và hố chứa ướt (hố xí có dội nước) theo công thức 4-1.

Bảng 4.7: Thể tích hố chứa khô

Số năm sử dụng (năm)	Thể tích (m <sup>3</sup> )									
	Số người sử dụng Dùng nước để rửa sạch hậu môn					Số người sử dụng Dùng giấy để chùi sạch hậu môn				
	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
4	1,28	1,92	2,56	3,20	3,84	1,92	2,88	3,84	4,60	5,32
6	1,92	2,88	3,84	4,60	5,32	2,80	4,20	5,32	6,40	7,48
8	2,56	3,84	4,84	5,80	6,67	3,84	5,32	6,67	8,20	9,64
10	3,20	4,79	5,80	7,00	8,20	4,60	6,40	8,20	10,0	11,8
12	3,84	5,32	6,76	8,20	9,64	5,32	7,48	9,64	11,8	13,96
15	4,60	6,40	8,20	10,0	11,8	6,40	9,10	11,8	14,5	17,2

(Nguồn: ESIC, Bangkok, 1987)

Bảng 4.8: Thể tích hố chứa ướt

Số năm sử dụng (năm)	Thể tích (m <sup>3</sup> )									
	Số người sử dụng Dùng nước để rửa sạch hậu môn					Số người sử dụng Dùng giấy để chùi sạch hậu môn				
	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
4	0,85	1,28	1,71	2,13	2,56	1,28	1,92	2,56	3,20	3,88
6	1,28	1,92	2,5	3,20	3,83	1,92	2,88	3,84	4,60	5,32
8	1,71	2,56	3,41	4,20	4,84	2,56	3,84	4,84	5,80	6,76
10	2,13	3,20	4,20	5,00	5,80	3,70	5,80	5,80	7,00	8,20
12	2,56	3,84	4,84	5,80	6,76	3,84	6,76	6,76	8,20	9,64
15	3,20	4,60	5,80	7,00	8,20	4,60	8,20	8,20	10,0	11,9

(Nguồn: ESIC, Bangkok, 1987)

Bảng sau cho thể tích hố chứa phân theo mặt cắt ngang và chiều sâu, tính theo công thức 4 - 2.

Bảng 4.9: Thể tích hố chứa phân theo kiểu và kích thước

Kiểu và kích thước ↓	Chiều sâu →	Thể tích hố chứa phân (m <sup>3</sup> )								
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Hình tròn, Φ 1,00 m		0,785	1,18	1,57	1,96	2,36	2,75	3,14	3,66	4,18
Hình tròn, Φ 1,25 m		1,23	1,84	2,45	3,07	3,68	4,29	4,91	5,71	6,53
Hình tròn, Φ 1,50 m		1,77	2,65	3,53	4,42	5,30	6,18	7,07	8,22	9,40
Hình vuông, cạnh 1,00 m		1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,66	5,32
Hình vuông, cạnh 1,25 m		1,56	2,34	3,13	3,91	4,69	5,47	6,25	7,28	8,31
Hình vuông, cạnh 1,50 m		2,25	3,38	4,50	5,63	6,75	7,88	9,00	10,48	11,97

(Nguồn: ESIC, Bangkok, 1987)

(Các ô bôi đậm trong bảng trên là dùng cho ví dụ 4.2).



Ví dụ 4.2: (theo tài liệu *ESIC, Bangkok, 1987*)

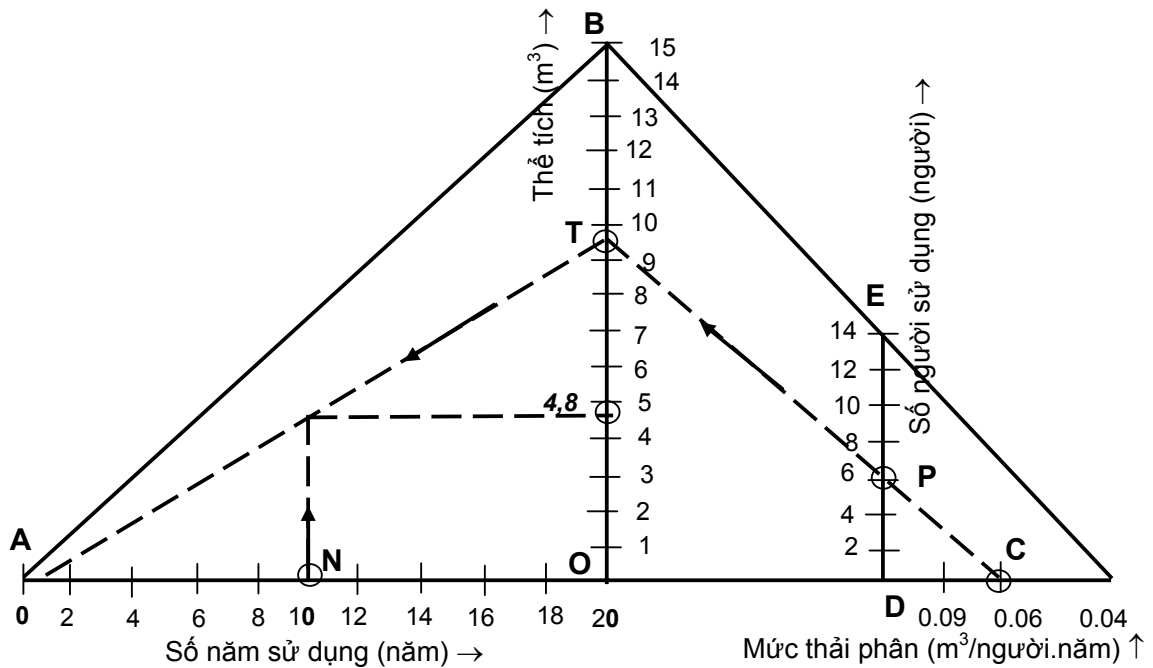
Như ví dụ 4.1, dùng bảng tra để xác định thể tích và hình dạng hố chứa.

Giải: Tra bảng 4.7 cho hố xí khô, với 6 người trong hộ và sử dụng hố chứa 10 năm, dùng nước để rửa hậu môn, ta được thể tích thiết kế là **4.79 m<sup>3</sup>**. Sử dụng bảng 2.6 với thể tích 4.79 m<sup>3</sup>, ta có các chọn lựa các kiểu hố chứa sau (xem các ô bôi đậm, chọn số gần 4.79 m<sup>3</sup>, nghiêng về an toàn):

- Hố tròn: đường kính 1,25 m x chiều sâu 4,0 m
- Hố tròn: đường kính 1,50 m x chiều sâu 3,0 m
- Hố vuông: cạnh 1,00 m x cạnh 1,00 m x chiều sâu 5,0 m
- Hố vuông: cạnh 1,25 m x cạnh 1,25 m x chiều sâu 3,0 m (thể tích hơi hụt)
- Hố vuông: cạnh 1,50 m x cạnh 1,50 m x chiều sâu 5,0 m

Ta cũng có thể sử dụng toán đồ sau (hình 4.6) để xác định thể tích hố chứa:

- Đoạn OA - Thời gian sử dụng (năm)
- Đoạn OB - Mức thải phân (m<sup>3</sup>/người.năm), lấy ở bảng 2.3.
- Đoạn OC - Thể tích hố chứa (m<sup>3</sup>)
- Đoạn DE - Số người sử dụng (người)



Hình 4.5: Toán đồ xác định thể tích hố chứa phân  
(Nguồn: *ESIC, Bangkok, 1987*)

Ví dụ 4.3: Dùng ví dụ 4.1, sử dụng toán đồ để xác định thể tích hồ chứa phân.

Giải:

1. Chọn điểm C. Từ bảng 4.6, mức thải phân là  $C = 0,06$
2. Chọn điểm P, là số người sử dụng, ví dụ này là 6.
3. Nối CP để được điểm T trên đoạn OB.
4. Kẻ đường nối 2 điểm A và T được đoạn AT.
5. Chọn điểm N, là số năm thiết kế, ở đây là 10 năm.
6. Từ điểm N, kéo thẳng lên gặp đoạn AT, từ điểm giao, kéo ngang qua đoạn OB, điểm cắt trên đoạn OB là thể tích thiết kế: # **4,8 m<sup>3</sup>**.

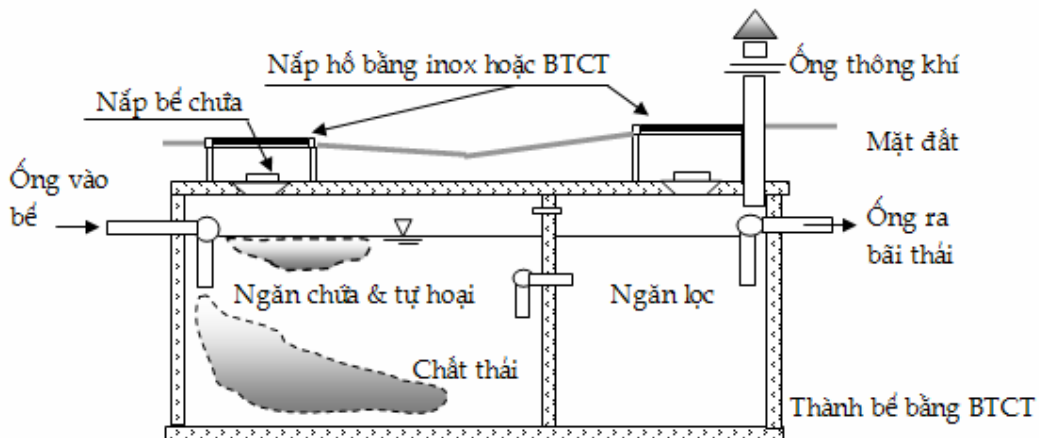
Theo nghiên cứu của Viện Pasteur Nha Trang, để ước tính thể tích ngăn chứa phân ở qui mô gia đình, có thể dùng công thức kinh nghiệm sau (*Dương Trọng Phi, 2003*):

$$\text{Thể tích ngăn chứa } V \text{ (m}^3\text{)} = \text{Số người trong hộ} \times 0.04 \quad (4-4)$$

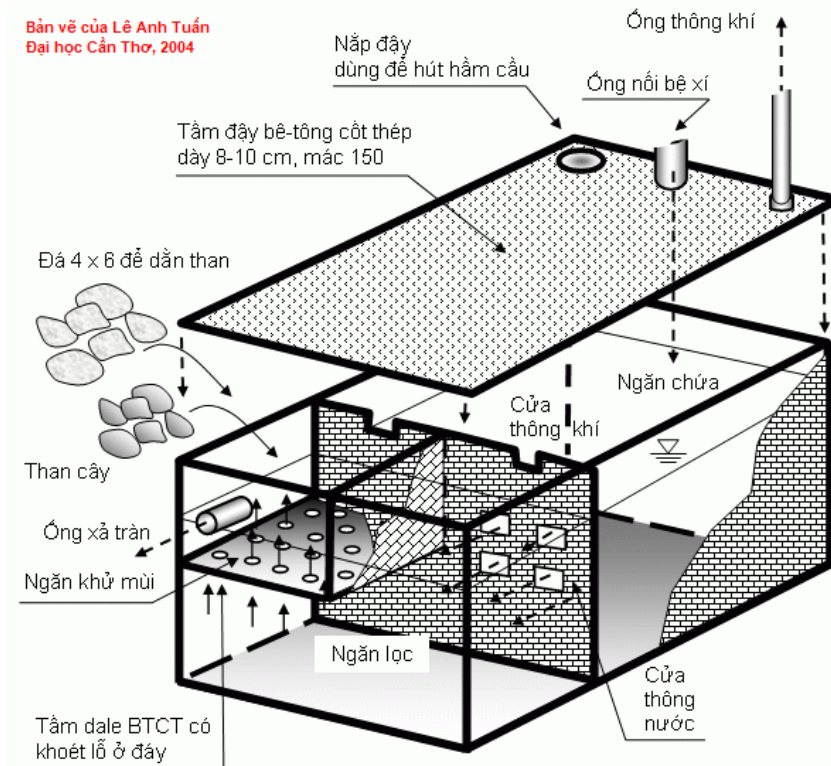
Công thức này cũng tương đối phù hợp với mức thải phân theo số liệu ở bảng 2.3 của *Kalbermatten et al.* (1980).

#### 4.1.4.2 Kết cấu và vận hành bể tự hoại

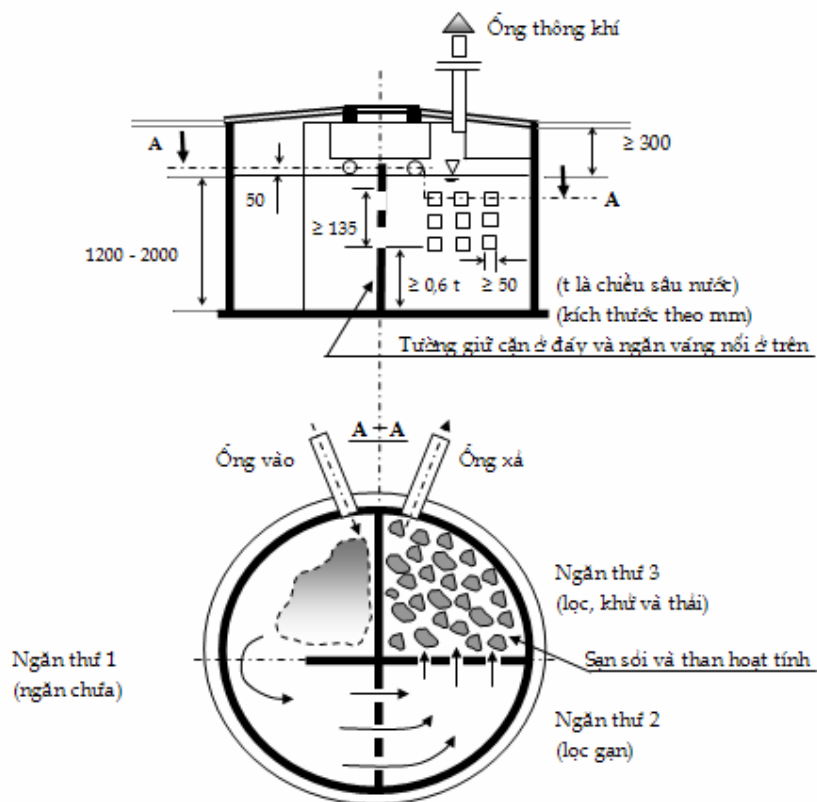
Chiều sâu nước trong bể tự hoại lấy khoảng chừng 1,2 - 2,0 m. Lưu ý cần bố trí tường chắn giữa các ngăn nhằm giữ lại các chất cặn ở đáy và ngăn các váng bọt nổi ở phía trên mặt nước. Tấm ngăn chữ T phải đặt ngập trong nước ít nhất 300 mm và nhô lên khỏi mặt nước 200 mm. Trên nắp bể tự hoại cần có nắp đậy nhỏ để hút cặn (hút hầm cầu) thường kỳ (khoảng 3 - 5 năm). Các hầm vệ sinh tự hoại phải có ống thông khí để thải các khí hydrogen-sulfide ( $H_2S$ ), carbon-dioxide ( $CO_2$ ) và methane ( $CH_4$ ) tránh ăn mòn phá hoại cấu kiện bê tông cốt thép của bể.



Hình 4.6: Bể tự hoại 2 ngăn kiểu hình khối chữ nhật



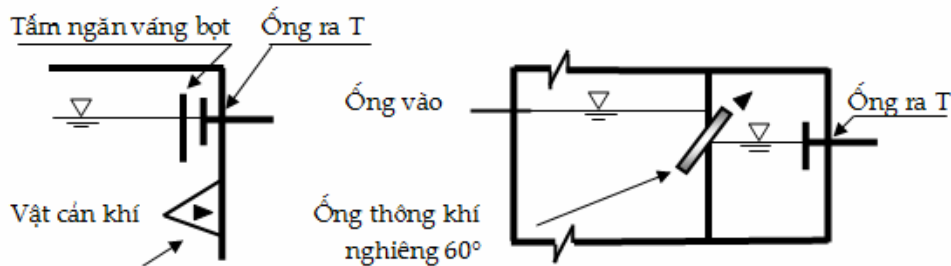
Hình 4.7: Bể tự hoại 3 ngăn kiểu hình khối chữ nhật



Hình 4.8: Một kiểu bể tự hoại 3 ngăn hình tròn

Đối với bể tự hoại 2 ngăn, dung tích của ngăn thứ 1 không nhỏ hơn 2/3 dung tích của cả bể, còn đối với bể tự hoại 3 ngăn, dung tích của ngăn thứ 1 bằng 1/2 dung tích bể. Để tránh lắng cặn, đường ống dẫn nước thải ra tới bể phải đặt nghiêng với độ dốc  $\geq 1:50$ . Đối với các đường ống dẫn quá dài, cần đặt giằng kiểm tra. Đối với đường ống thoát nước thải ra khỏi bể, có thể đặt đường ống có độ dốc nhỏ hơn, khoảng 1:100 đến 1:50.

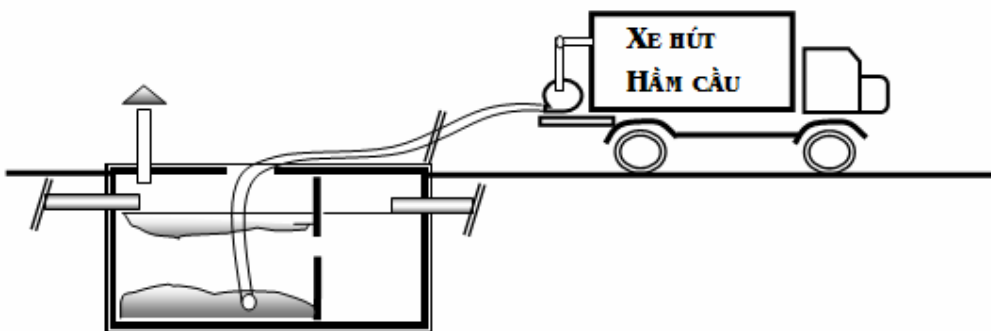
Ngoài ra, nhằm cản các chất khí trong bể xâm nhập vào các ống ra chữ T mang theo các chất thải lơ lửng (ống T còn có chức năng ngăn không cho váng theo nước thải ra ngoài), ta có thể thiết kế thêm các kết cấu làm lệch khí như hình 4.9.



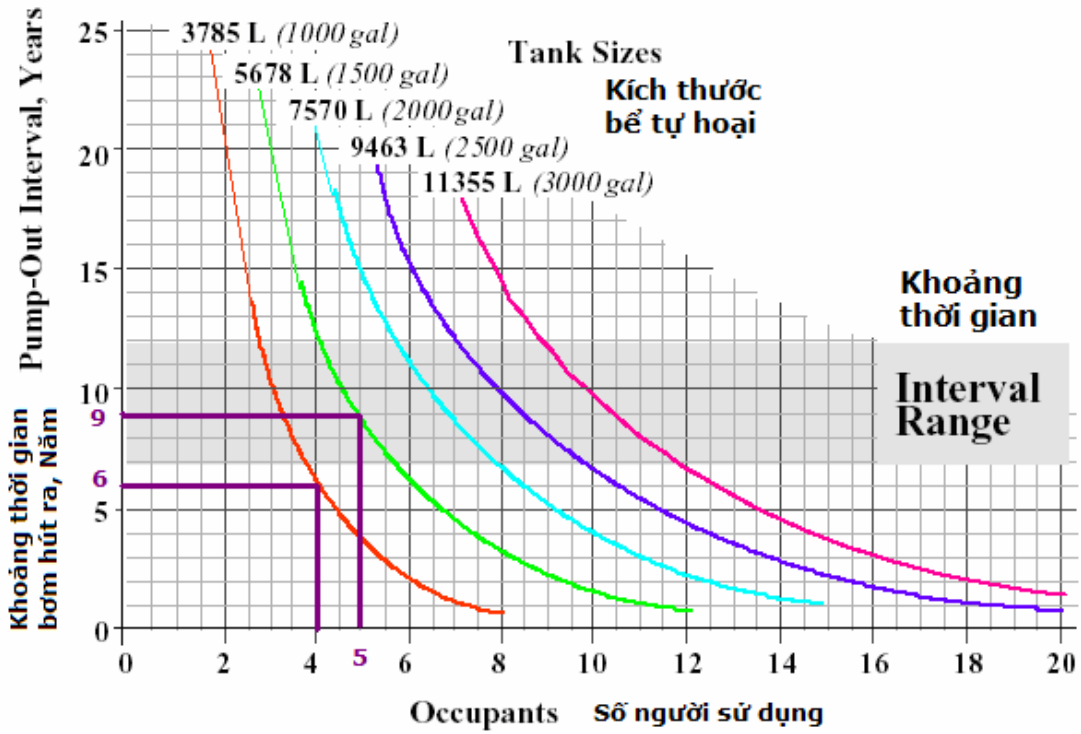
Hình 4.9: Kiểu ngăn để giới hạn khí mang các chất thải lơ lửng vào ống ra T

Bể tự hoại cần được xác định như là một công trình vệ sinh sử dụng lâu dài nên cần xem xét kết cấu của bể cho chắc chắn. Không được sử dụng các chất alkalis hoặc các chất tẩy rửa như thuốc tẩy chlorine đổ vào bể tự hoại. Những hóa chất này sẽ hủy hoại hoặc làm chậm các tiến trình sinh học trong bể. Trước khi sử dụng bể, cần thiết phải đổ đầy nước đến ống ra của bể. Nếu có thể, đổ thêm vào bể một ít phân gia súc như phân heo, bò đang phân hủy để tạo điều kiện cho các vi khuẩn trong bể hoạt động. Điều này làm cho bể hoạt động hiệu quả trong những thời gian đầu. Ngoài ra, một số chế phẩm vi sinh cho bể tự hoại (có bán ngoài thị trường) có thể được sử dụng để gia tăng thời gian giữa 2 lần lấy cặn.

Sau một thời gian (hình 4.11), khi bể tự hoại đã đầy các chất lắng đọng thì cần phải hút loại ra ngoài. Thông thường, có những xe hút hầm cầu chuyên nghiệp với các bơm hút, ống dẫn và thùng chứa của các Công ty Vệ sinh sẽ đảm nhận công việc này, như hình dưới.



Hình 4.10: Xe hút hầm cầu



Hình 4.11: Biểu đồ xác định thời gian bơm hút bể tự hoại

Nguồn: Bounds, T.R., *Design and Performance of Septic Tanks*, 1997

Ví dụ 4.4: Hai gia đình cần bạn tư vấn cho thời gian cần thiết để hút bể tự hoại của họ. Một gia đình 4 người có bể tự hoại với dung tích chứa (1,8 x 2,0 x 1,0) m<sup>3</sup> và gia đình kia có 5 người có bể tự hoại (2,0 x 2,2 x 1,3) m<sup>3</sup>.

Giải:

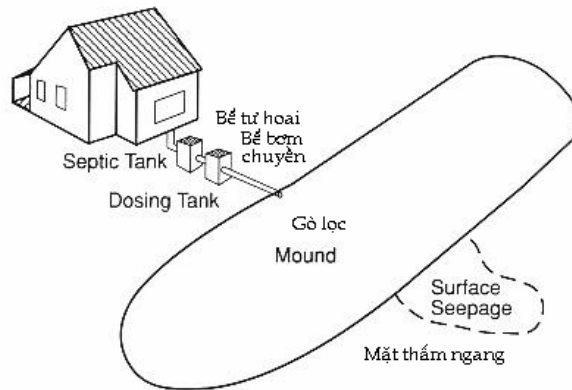
- Gia đình có 4 người và bể tự hoại (1,8 x 2,0 x 1,0) m<sup>3</sup> = 3,6 m<sup>3</sup> = 3,600 L sẽ phải bơm hút hầm cầu khoảng sau 6 năm (chọn đường cong gần nhất thiên về an toàn: V = 3,785 L, trong biểu đồ của Bounds).
- Gia đình có 5 người và bể tự hoại (2,0 x 2,2 x 1,3) m<sup>3</sup> = 5,72 m<sup>3</sup> = 5720 L sẽ phải bơm hút hầm cầu khoảng sau 9 năm.

**4.3 HỆ THỐNG GÒ LỘC**

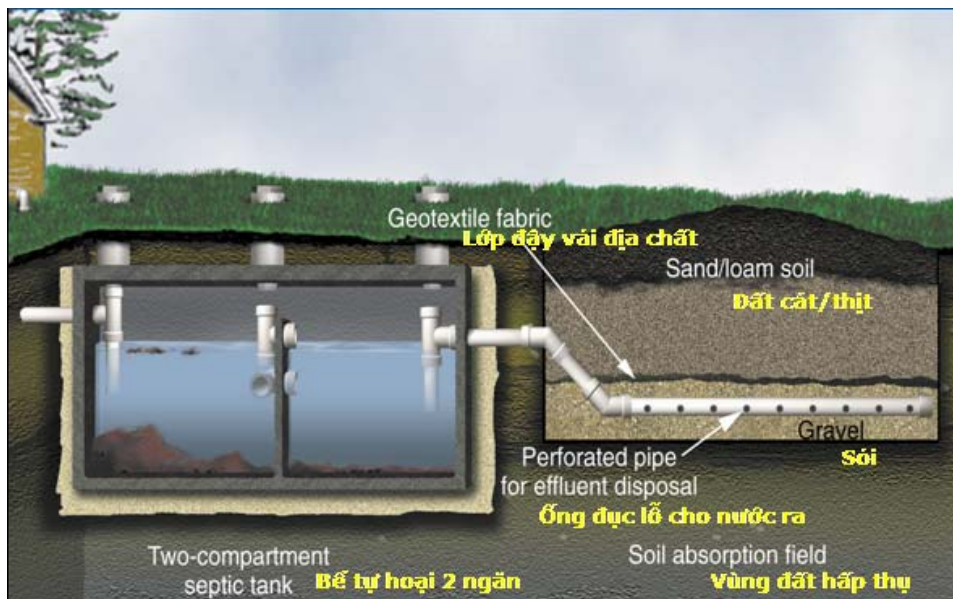
Gò lọc (mound) là một hệ thống xử lý nước thải bằng phương pháp thấm lọc qua đất được xây dựng trên nền đất cát xếp lớp. Phương pháp xử lý nước thải bằng gò lọc được phát triển vào đầu thập niên 1970 tại Đại học Wisconsin (Mỹ). Gò lọc được sử dụng hiệu quả ở:

- Các vùng đất thấm rút chậm được;
- Các vùng đất thấm rút cạn trên nền đá;
- Các vùng đất thấm rút được với mức nước ngầm cao trong mùa mưa.

Ở Việt Nam, có thể xây dựng gò lọc ở các gò cát, đồi cát hoặc các giếng cát dọc theo bờ biển hoặc sườn núi. Ta có thể cho nước thải từ nhà vệ sinh qua bể tự hoại, sau đó chuyển sang bể bơm chuyển và từ đây nước thải được bơm vào gò lọc trên mặt đất. Đây là biện pháp xử lý nước thải đơn giản nhưng bị hạn chế là cần một diện tích tương đối lớn và phải có cát. Trên gò lọc có thể trồng cỏ, cây xanh hoặc vườn hoa. Sơ đồ như sau:

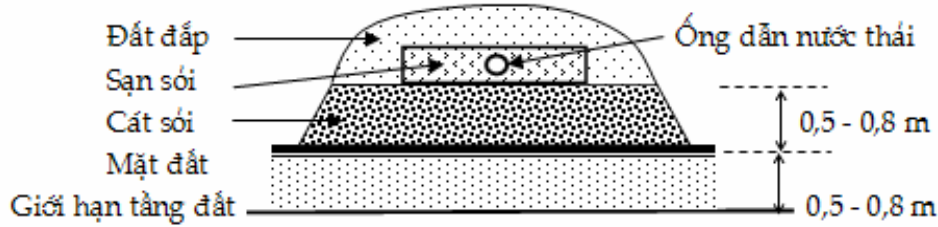


Hình 4.12: Sơ đồ bố trí gò lọc trong xử lý nước thải nhà vệ sinh

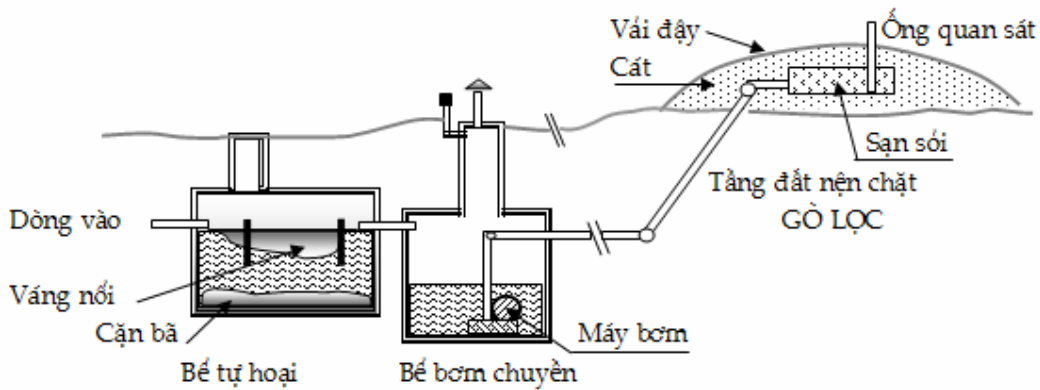


Hình 4.13: Sơ đồ nguyên lý lọc nước thải từ bể tự hoại qua đất

Kích thước gò lọc xê xích trong khoảng 8 - 10 m chiều rộng, 35 - 40 m chiều dài và khoảng 0,5 - 0,8 m chiều cao. Tuyến bố trí gò là nơi thấp hơn khu vực nhà ở, xa nguồn lấy nước, độ dốc khoảng 12%. Đất đắp cho gò lọc là các loại đất cát, cát pha thịt hoặc sét, nơi lỗ ra của ống bơm nước có rải sạn sỏi hoặc cát thô.



Hình 4.13 : Mặt cắt ngang gò lọc

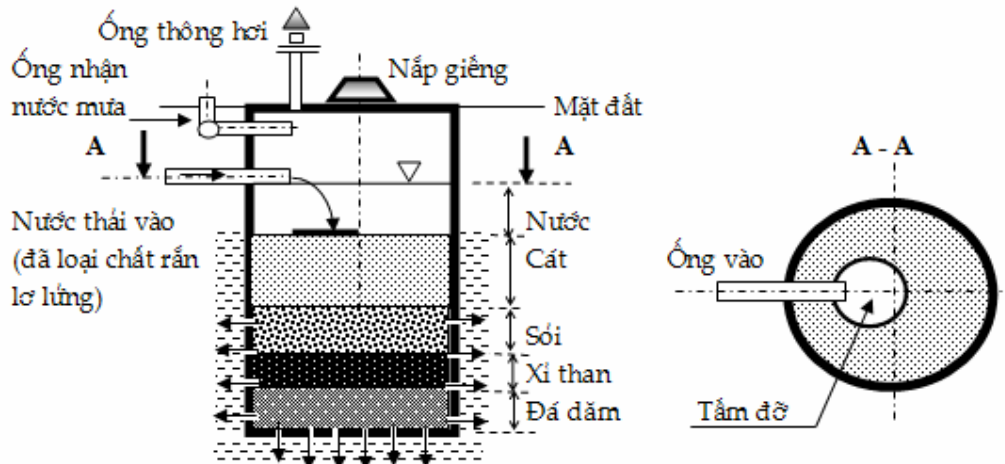


Hình 4.14: Mặt cắt ngang một hệ thống gò lọc (theo Converse and Tyler, 1990)

## 4.2 CÔNG TRÌNH GIẾNG THẨM

### 4.2.1 Nguyên lý và Sơ đồ giếng thấm

Giếng thấm là một biện pháp công trình tương đối đơn giản nhằm xả nước thải đã qua một phần xử lý đi vào đất để được tiếp tục làm sạch vào thấm vào nguồn nước chung.



Hình 4.15: Sơ đồ một giếng thấm

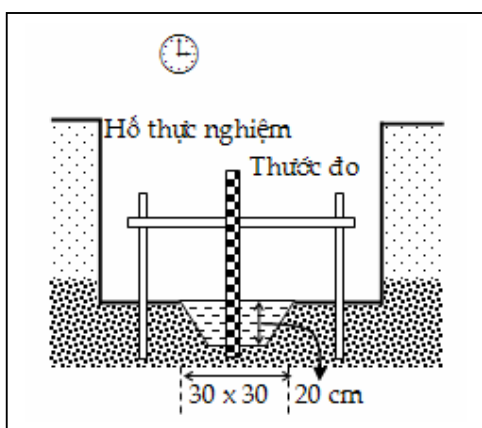
Nguyên tắc cần tôn trọng là giếng thăm không được làm nhiễm bẩn và nhiễm bệnh nguồn nước ngầm và các nguồn nước tự nhiên khác. Ngoài ra, khi thiết kế giếng thăm cần lưu ý là thành phần nước thải đi vào giếng thăm không có cặn lơ lửng để không làm tắc nghẽn giếng. Muốn như vậy, cần có bể tự hoại lớn hoặc bể phân hủy. Đối với nước ngầm tầng mặt, đáy giếng phải cao hơn mực nước ngầm cao nhất trong mùa mưa ít nhất 1,00 m. Nếu mực nước ngầm quá cao, sát mặt đất thì có thể xây dựng hệ thống tưới ngầm, hoặc gò lọc như phần trước, lúc đó chi phí sẽ cao hơn. Nên xây giếng ở vị trí dưới hướng nước chảy của giếng lấy nước. Sau khi sử dụng một thời gian dài, cần làm sạch lại giếng thăm hoặc xây giếng mới. Trong tính toán giếng thăm, cần xác định diện tích thấm. Diện tích thấm cần thiết được định nghĩa là diện tích bề mặt đáy thấm nước và thành ngoài nằm trong đất thấm nước. Độ thấm nước tùy thuộc vào loại đất và chiều cao áp lực cột nước trong giếng. Trường hợp không có điều kiện khảo nghiệm, có thể lấy 1 - 2 m<sup>2</sup> diện tích thấm cho 1 người sử dụng. Có thể dùng bảng tra sau:

Bảng 4.3 : Diện tích thấm có ích (m<sup>2</sup>, cho 1 người) khi xây giếng thăm

Loại đất	Nhà ở (200 l/ng/day)	Trạm trại (100 l/h/d)	Trường học (65 l/h/d)
Cát thô hoặc sỏi	0,93	0,23	0,14
Cát mịn	1,40	0,37	0,23
Cát pha sét	2,30	0,60	0,37
Sét trộn nhiều cát hoặc sỏi	3,70	0,93	0,60
Sét trộn ít cát hoặc sỏi	7,10	1,85	1,25
Sét nặng, đất, đất cứng, không thấm nước,...	không dùng	không dùng	không dùng

Nguồn: J. Gruhler, 1980, Công trình làm sạch nước thải loại nhỏ, V.K. Long dịch

Có thể làm thí nghiệm đơn giản sau để xác định độ thấm của đất ngoài hiện trường: tại chỗ đặt giếng, nơi độ sâu đáy giếng, đào 1 hố có kích thước hình vuông 30 x 30 cm, sâu 20 cm. Đổ đầy nước (làm từ 3 - 5 lần), tính trung bình thời gian (phút) mực nước hạ xuống 10 cm. Thêm điều kiện tắt bùn, lưu lượng thấm:



$$q_s \approx \frac{1200}{2,5.t + 6,2} \quad (4-5)$$

trong đó:

$q_s$  - lưu lượng thấm (l/m<sup>2</sup>/ngày)  
 $t$  - thời gian (phút) cần thiết để mực nước hạ xuống 10 cm

Ví dụ 4.5: Đo  $t$  trung bình = 2 phút

$$\rightarrow q_s = 107 \text{ l/m}^2/\text{ngày}$$

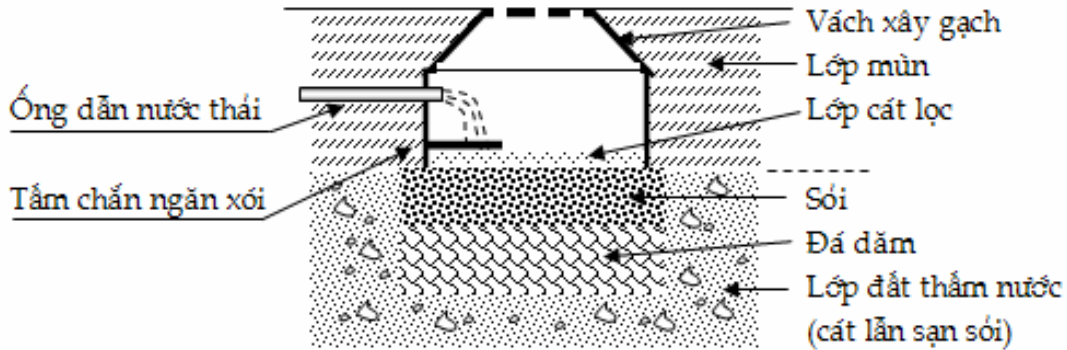
Hình 4.16: Bố trí đo thời gian thấm

Lưu ý: Khi mới đào giếng không nên đo ngay mà phải đổ nước nhiều lần rồi đo thì chính xác hơn.

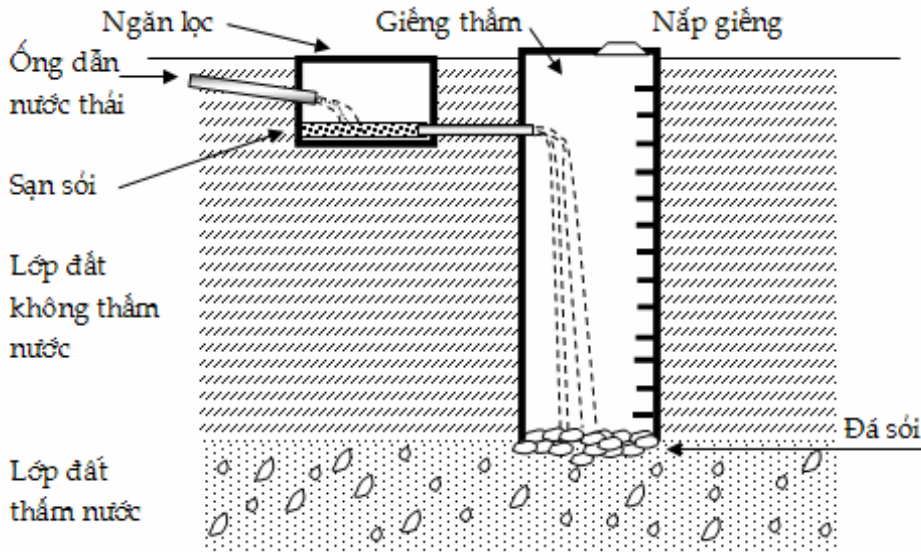


**4.2.2 Kết cấu giếng thấm**

Rất nhiều tác giả đã thiết kế nhiều kiểu giếng thấm khác nhau. Dưới đây là một số kiểu tiêu biểu:



Hình 4.17: Giếng thấm cạn khi lớp đất thấm nước sát mặt đất



Hình 4.11: Giếng thấm đặt sâu khi lớp không thấm nước dày

Tùy theo lớp đất không thấm phía trên mặt dày hay mỏng mà ta quyết định chọn kiểu giếng nông hay sâu. Giếng thấm nông có kinh phí xây dựng rẻ so với giếng thấm đặt sâu nhưng cần thay thế các lớp đá vụn, sỏi, cát thường xuyên. Một tấm chắn nhỏ cũng cần thiết nếu lượng nước thải đổ vào khá nhiều ( $\approx 0,5$  l/s) có khả năng gây xói. Để tăng khả năng thấm, phía bên ngoài đáy của giếng nên đổ thêm sỏi. Trên nắp giếng có thể bố trí lỗ thông hơi. Một số giếng thấm được thiết kế kết hợp giữa lọc nước thải và thoát nước mưa. Khi đó, lượng nước nhận được vào giếng thấm phải cộng thêm lượng nước mưa, hay cường độ mưa (tính bằng l/s.m<sup>2</sup> hoặc l/s. ha hoặc mm/phút).

**4.3 CÁCH ĐỒNG LỌC, TƯỚI****4.3.1 Nguyên lý**

Nước thải có khả năng tự làm sạch qua quá trình thấm rút qua đất cát như là một phương thức xử lý tự lọc sinh học và hóa lý, được gọi tổng quát là xử lý nước thải qua đất (*land treatment*). Bằng cách xả nước thải sau khi xử lý sơ bộ qua một hào lọc ngầm hay một cánh đồng tưới hay bãi lọc có diện tích tương đối rộng, các chất cặn lơ lửng trong nước sẽ bị giữ lại ở tầng đất mặt. Nhờ có ôxy và vi khuẩn háo khí mà các hạt chất bẩn đó được ôxy hóa và nước được làm sạch thấm xuống mặt đất. Điều kiện quan trọng trong phương pháp này là phải có lớp đất cát khá đủ dày để lọc, chiều dày tối thiểu khoảng 0,2 - 0,5 m. Thực tế cho thấy khả năng xử lý nước thải hữu hiệu diễn ra ở độ sâu 1,50 m từ mặt đất. Sử dụng phương pháp lọc nước thải theo chu kỳ. Chu kỳ lọc được thay đổi bằng chu kỳ thông thoáng với lớp vật liệu lọc. Ngoài ra, lượng nước này có thể sử dụng để tăng độ ẩm trong lớp thổ nhưỡng và cung cấp một phần dưỡng chất cho cây trồng.

Do trong nước thải chứa một lượng N:P:K khá cao (theo tác giả Hoàng Huệ, 1996, trong nước thải, đạm Nitơ khoảng 15 - 60 mg/l, Lân khoảng 3 - 12 mg/l và Kali khoảng 6 - 25 mg/l) đạt tỉ lệ 5:1:2 so với nhu cầu của thực vật nói chung khoảng 2:1:2 thì ta có thể sử dụng nước thải để tưới được nhất là các vùng trồng rau xanh, cỏ gia súc, ... nếu trong nước thải không có các chất dầu mỡ công nghiệp, lượng muối khoáng không quá 2 mg/l và không chứa các kim loại nặng độc hại có hàm lượng cao khác.

Một vấn đề cần lưu ý khác là trong nước thải, đặc biệt là nước thải sinh hoạt, có chứa nhiều mầm bệnh và trứng giun sán. Như vậy khi tưới vào các cánh đồng cần phải có bước xử lý sơ bộ qua bể lắng ngang với tốc độ chảy khoảng 1 mm/s và tốt hơn nếu được xử lý ở nhiệt độ khoảng 50 - 60°C trong vài giờ thì có thể tiêu diệt được các trứng giun sán. Trong các yếu tố, khâu vệ sinh là một trong các điều kiện xem xét quan trọng.

**4.3.2 Thiết kế**

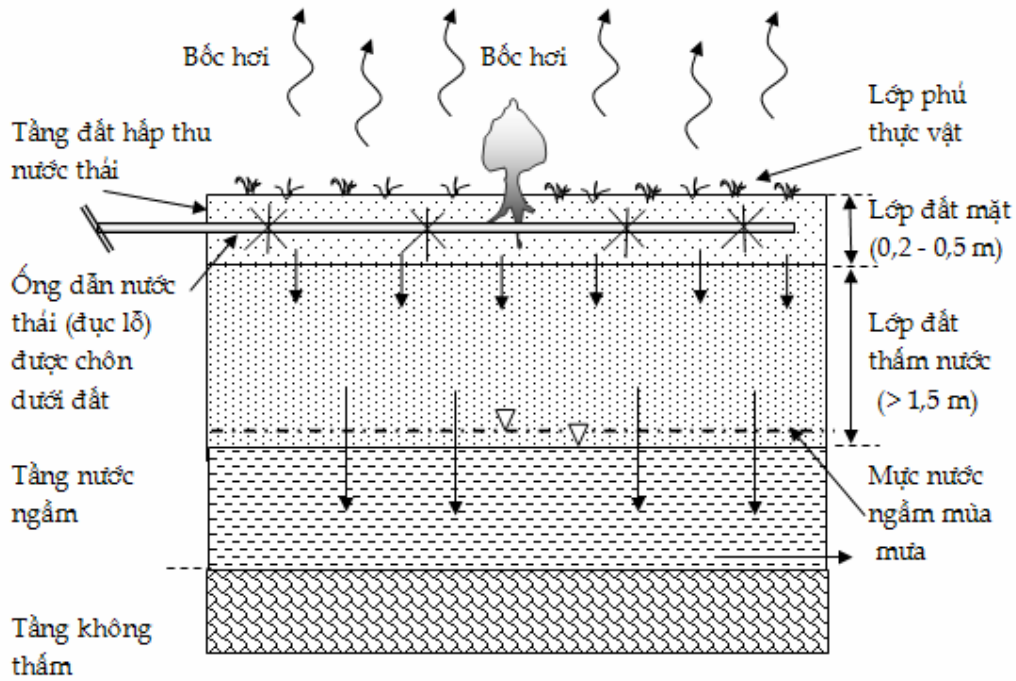
Việc dùng nước thải để tưới cũng cần xem xét nhu cầu nước của cây trồng theo các yếu tố loại cây trồng, thời vụ, loại đất và giai đoạn sinh trưởng. Kích thước các ô tưới cũng không nhỏ hơn 3 ha, nếu ô hình chữ nhật thì bố trí tỉ lệ chiều rộng/chiều dài khoảng 1:4 đến 1:8, chiều dài của ô khoảng 300 - 1.500 m để thuận lợi cho việc cơ giới hóa. Độ dốc khu tưới chọn khoảng 0,02 và khu tưới nên để xa khu dân cư theo bảng sau:

Lượng nước thải (m <sup>3</sup> /ngày)	Khoảng cách đến khu dân cư (m)	
	Bãi lọc	Cánh đồng tưới
200 - 5.000	300	200
5.000 - 50.000	500	400
> 50.000	1.000	1.000

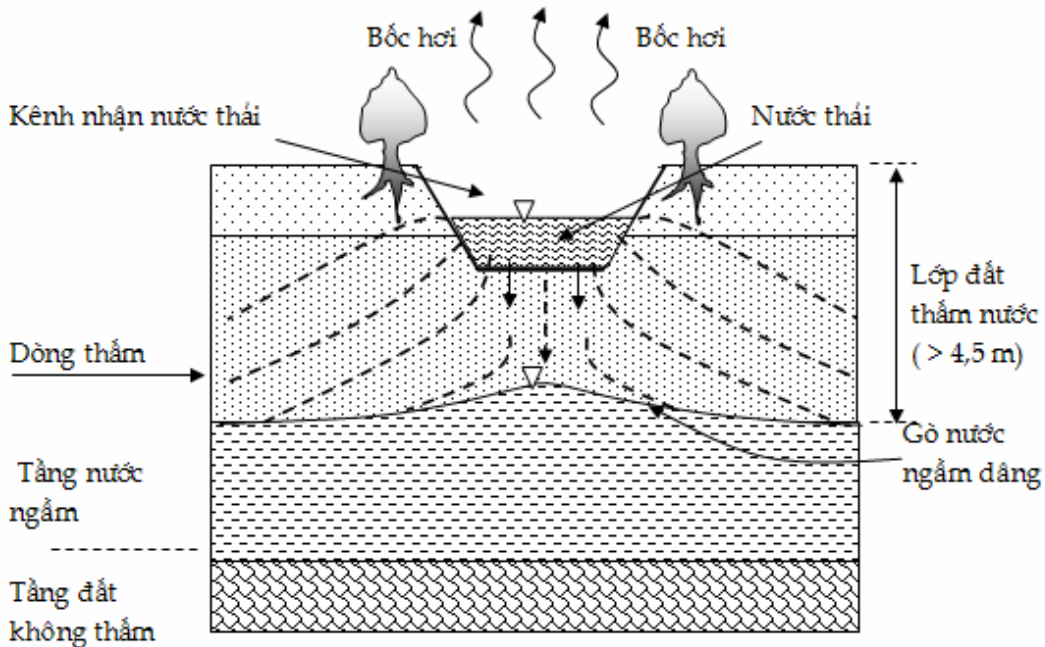
Nguồn: Hoàng Huệ, *Xử lý nước thải*, 1996

Ba hình thức xử lý nước thải qua đất thông dụng là: lọc chậm (*slow rate*), thấm nhanh (*rapid infiltration*) và chảy tràn mặt (*overland flow*). Trong hình thức lọc chậm còn có các kiểu tính toán khác là: Kiểu (1) tính mức tải thủy lực dựa vào tính

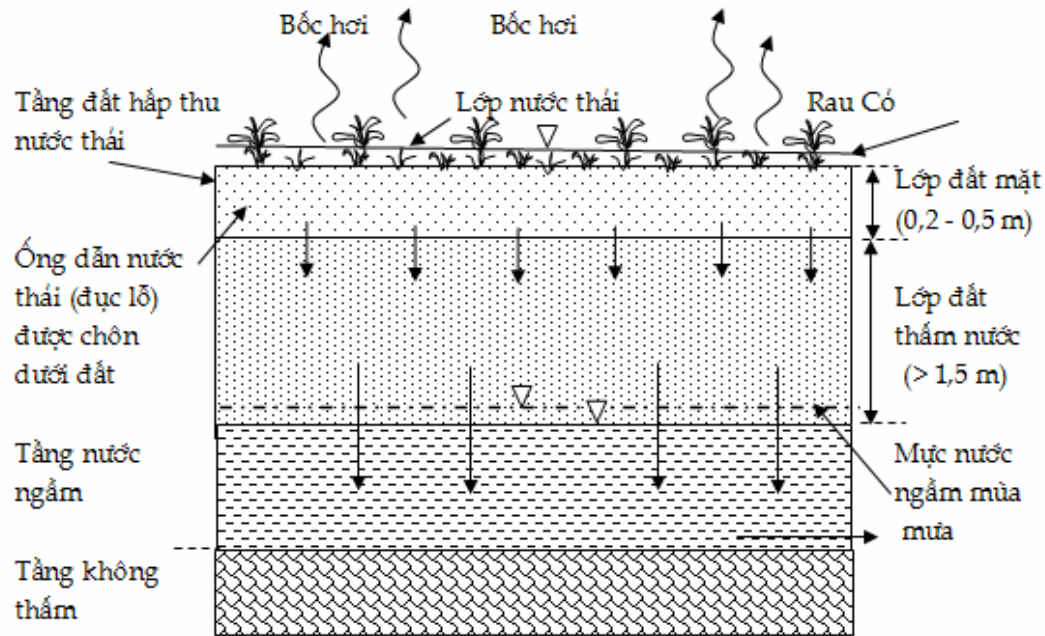
thấm của đất, kiểu (2) tính mức tải thủy lực dựa vào nhu cầu tưới, ngoài ra còn có kiểu tính mức tải thủy lực dựa vào mức giới hạn Nitrogen (xem cách tính toán ở 4.3.3). Mỗi kiểu phù hợp với tính chất công trình nơi xử lý, có thể tham khảo ở bảng 4.5.



Hình 4.12: Xử lý nước thải bằng cách lọc chậm qua đất



Hình 4.13: Xử lý bằng cách cho thấm nhanh qua đất



Hình 4.14: Cánh đồng lọc bằng chảy tràn mặt

Trong 3 phương cách làm sạch nước thải qua đất nói trên, cách thức cho tưới chảy tràn mặt cho hiệu quả cao hơn, xem bảng 4.6.

Bảng 4.5: So sánh chất lượng nước thải xử lý qua 3 phương thức lọc chậm, thấm nhanh và chảy tràn mặt của hệ thống xử lý tự nhiên qua đất

Thành phần	Giá trị đo, mg/L					
	Lọc chậm <sup>a</sup>		Thấm nhanh <sup>b</sup>		Chảy tràn mặt <sup>c</sup>	
	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất
BOD	< 2	< 5	2	< 5	10	< 15
Chất rắn lơ lửng	< 1	< 5	2	< 5	15	< 25
Dung dịch nitrogen (N)	< 0.5	< 2	0.5	< 2	1	< 3
Tổng nitrogen N	3	< 8	10	< 20	5	< 8
Tổng phosphorus P	< 0.1	< 0.3	1	< 5	4	< 6

a. Thấm của nước thải sau khi xử lý sơ cấp hoặc thứ cấp qua độ sâu 1,5 m đất

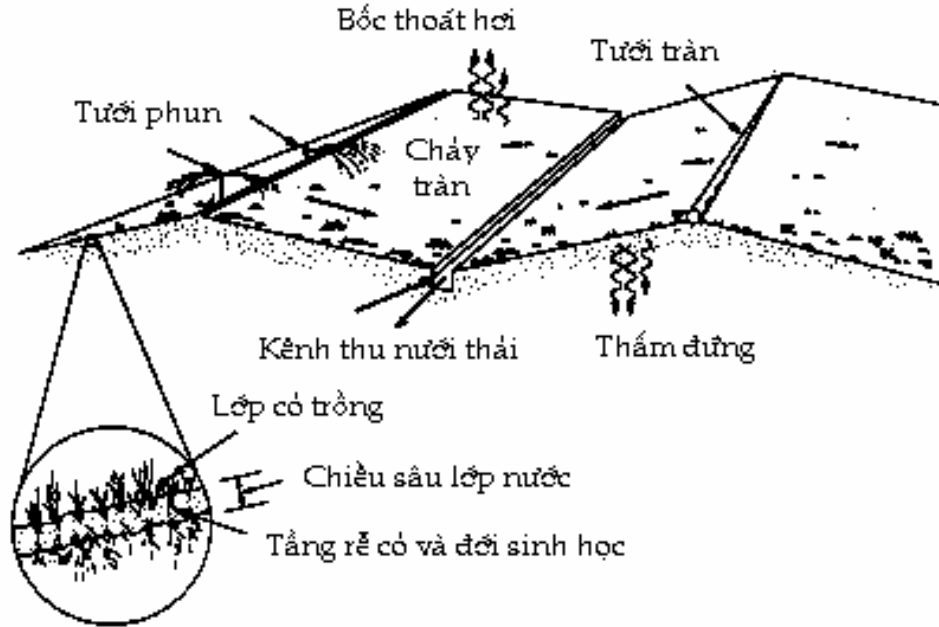
b. Thấm của nước thải sau khi xử lý sơ cấp hoặc thứ cấp qua độ sâu 4,5 m đất

c. Chảy tràn của lượng nước thải thành phố liên tục chừng 450 m mặt dốc

Tùy theo hiện trạng của đất (loại đất, hướng dốc, độ dốc, tầng nước ngầm, mực tiêu sử dụng đất,...) người ta có thể một phương thức xử lý hoặc kết hợp nhiều phương thức khác nhau.

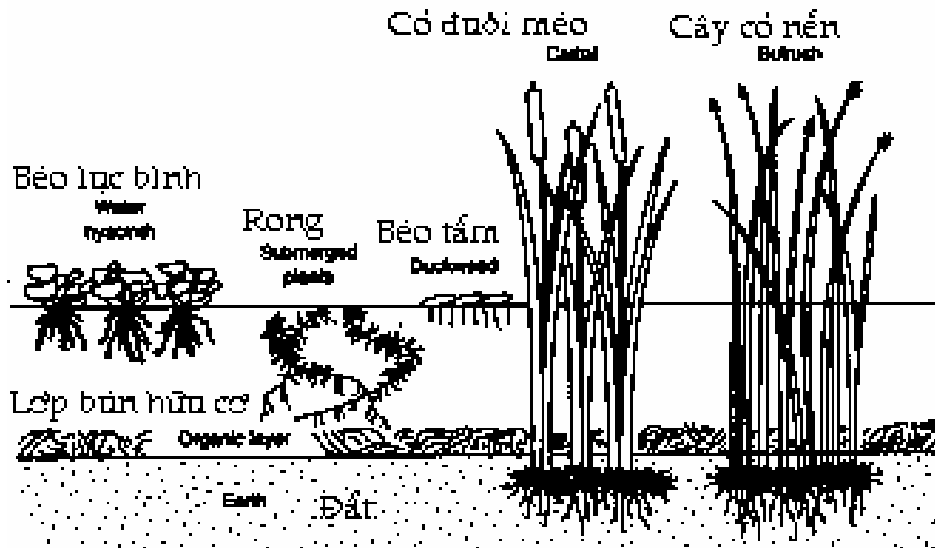
Bảng 4.6: Hướng dẫn chọn tuyến xử lý nước thải qua đất

Đặc trưng xem xét	Kiểu công trình	Ghi chú
Tính thấm của đất	Chảy tràn mặt Thấm nhanh Lọc chậm	Phù hợp với vùng đất có tính thấm cao Tốc độ tải thủy lực gia tăng theo tính thấm của đất
Ô nhiễm tầng nước ngầm tiềm năng	Thấm nhanh Lọc chậm	Bị ảnh hưởng bởi (1) mức độ gần sát với các tầng nước mặt, (2) sự hiện diện của các công trình thủy ngầm (3) hướng chảy của nước ngầm (4) mức độ khôi phục lớp nước ngầm do giếng nước hoặc hệ thống tiêu ngầm
Sự hồi phục và trữ của nước ngầm	Thấm nhanh	Khả năng trữ lại nước qua lọc và hồi phục bởi giếng và hệ thống tiêu ngầm dựa trên cơ sở độ sâu các tầng nước mặt, tính thấm của đất, tính liên tục của các công trình ngầm, chiều sâu xử lý hiệu ích và khả năng ngầm nước trong khu vực công trình
Sự sử dụng đất hiện tại	Tất cả các tiến trình	Có thể liên quan đến các sự cố tự nhiên và mặt nào đó có thể mâu thuẫn đến việc sử dụng đất
Sự sử dụng đất tương lai	Tất cả các tiến trình	Việc phát triển đô thị tương lai có thể bị ảnh hưởng do sự mở rộng hệ thống
Qui mô của tuyến công trình	Tất cả các tiến trình	Có thể gặp khó khăn khi mua hoặc thuê đất cần thiết để xây dựng công trình
Độc chất do lũ mang đi	Tất cả các tiến trình	Đôi khi phải loại bớt hoặc giới hạn lại qui mô của tuyến công trình
Độ dốc	Tất cả các tiến trình  Thấm nhanh  Chảy tràn mặt	Độ dốc lớn có thể (1) gia tăng chi phí cho công trình đất (2) gia tăng hiểm nguy xói mòn trong mùa mưa Độ dốc lớn có thể ảnh hưởng tính chất dòng chảy ngầm Độ dốc lớn có thể giảm thời gian chảy trên vùng đất xử lý và ảnh hưởng hiệu quả xử lý. Độ dốc nhỏ thì lại yêu cầu tăng chi phí công tác đất để tạo độ dốc lớn hơn
Quyền sử dụng nước	Tất cả các tiến trình	Có thể yêu cầu phải sắp đặt lượng nước đã xử lý trong một thủy vực riêng rẽ



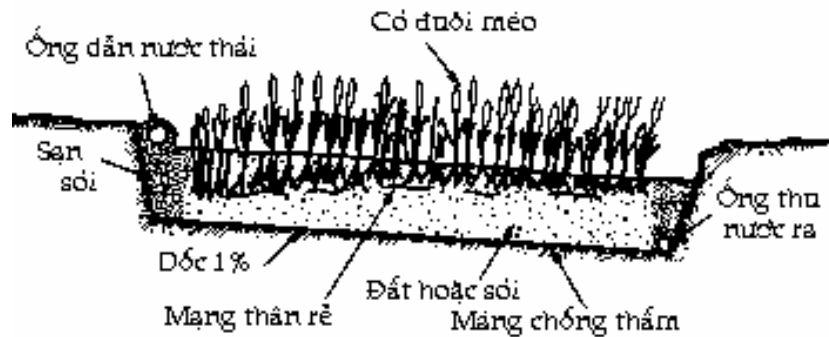
Hình 4.15: Sơ đồ tiến trình chảy tràn mặt với nhiều hình thức tưới  
(Nguồn: Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering*, 1995)

Ngoài ra, một số nơi còn áp dụng việc xử lý nước thải qua các vùng đất ngập nước (wetland application), độ sâu ngập trong khoảng 0,1 - 1,8 m, hoặc dùng nước thải xả vào các vùng trũng thấp để nuôi trồng các thực vật thủy sinh nổi (floating aquatic plant) như hình 4.16.



Hình 4.16: Một số loại thực vật có khả năng hấp thụ nước thải  
(Nguồn: George T., Franlin L. B., *Wastewater Engineering*, 1995)

Hình 4.17 ở dưới là một kiểu kênh lọc bằng thực vật. Bằng cách cho nước thải qua các ống PVC có đục lỗ hoặc cửa chéo dẫn vào các đoạn kênh đổ đất cát sỏi, đáy kênh được trải các tấm nylon, trong lòng kênh các loại cỏ có thể hấp thu các độc chất trong nước thải như cỏ đuôi mèo (*cattail*), nước thải sau khi được xử lý qua thực vật có thể thu hồi bằng một ống PVC có đục lỗ ở đáy bên kia của kênh lọc.



Hình 4.17: Mặt cắt ngang một kiểu kênh lọc bằng thực vật  
(Nguồn: George T., Franlin L. B., *Wastewater Engineering*, 1995)

Bảng 4.7: Số liệu thiết kế tiêu chuẩn cho việc xử lý nước thải qua đất

Đặc trưng	Lọc chậm	Thấm nhanh	Chảy tràn mặt
Kỹ thuật áp dụng	Tưới phun/tràn mặt <sup>a</sup>	Tràn mặt	Tưới phun/tràn mặt
Mức tải hằng năm (m)	0.5 - 6	6 - 125	3 - 20
Diện tích yêu cầu (ha) <sup>b</sup>	23 - 280	3 - 23	6.5 - 44
Mức tải hằng tuần chuẩn (cm)	1.3 - 10	10 - 240	6 - 40 <sup>c</sup>
Tiền xử lý tối thiểu ở Mỹ	Lắng sơ cấp <sup>d</sup>	Lắng sơ cấp <sup>e</sup>	Lọc qua sỏi & phân tán <sup>e</sup>
Hướng xử lý nước thải	Bốc thoát hơi & thấm	Thấm chủ yếu	Tràn mặt, bốc thoát hơi & thấm
Cây trồng	Theo yêu cầu	Chọn lựa	Theo yêu cầu

a. Bao gồm cách đánh luống - cày xới và bóc lớp biên.

b. Diện tích tính bằng hectares không bao gồm các vùng đệm, đường sá và kênh mương cho dòng chảy 3785 m<sup>3</sup>/ngày.

c. Khoảng tính bao gồm nước thải chưa xử lý đến chỗ ra thứ cấp, mức thải cao hơn cho việc tiền xử lý cao hơn.

d. Hạn chế việc sử dụng công cộng, canh tác hoa màu cho người dùng trực tiếp.

e. Hạn chế việc sử dụng công cộng.

(Nguồn: Robert A. Corbitt, *Standard handbook of Environmental Engineering*, 1989)

#### 4.3.3 Tính toán mức tải thủy lực và xác định diện tích

Mức tải thủy lực (*the hydraulic-loading rate*) là khối lượng nước tải trên một đơn vị diện tích đất trong một thời kỳ tính toán như hàng tuần, hàng tháng hoặc hàng năm. Đơn vị tương ứng của nó là in/wk, (hoặc cm/tuần), in/mo (hoặc cm/tháng) và ft/yr (hoặc m/năm). Mức tải thủy lực có thể tham khảo ở bảng 4.8.

Tuy nhiên, tùy theo yêu cầu thực tế, cách tính toán có khác nhau dựa vào các yếu tố thiết kế giới hạn cơ bản.

**✓ Tính mức tải thủy lực theo tính thấm của đất (hệ thống lọc chậm loại 1)**

Phương trình cân bằng nước tổng quát, trong thời kỳ tính là tháng, được sử dụng để xác định mức tải thủy lực dựa vào tính thấm của đất:

$$L_{W(P)} = ET - P + W_P \quad (4-6)$$

trong đó:

- $L_{W(P)}$  - mức tải thủy lực nước thải dựa vào tính thấm của đất (cm/tháng)
- ET - lượng bốc thoát hơi tháng tính toán (cm/tháng)
- P - lượng mưa tháng tính toán (cm/tháng)
- $W_P$  - lượng thấm của đất trong tháng tính toán (cm/tháng)

Các giá trị thiết kế như ET và P cần dựa vào kết quả các bài toán phân tích tần suất số liệu khí tượng - thủy văn (ít nhất chuỗi số liệu 15 năm liên tục) với tần suất thiết kế vượt quá được đề nghị vào khoảng 90%. Giá trị của  $W_P$  được xác định bằng cách tính lượng nước thấm ở tháng tính toán, nó phụ thuộc vào tầng rễ, chiều sâu lớp nước ngầm và hệ thống tiêu nước trong khu vực. Lớp đất thấm được xem xét nằm trong khoảng từ 0 - 2,5 m. Trong thiết kế sơ bộ, tốc độ thấm lớn nhất hàng ngày lấy vào khoảng 2 - 6 % lượng thấm đứng tối thiểu của đất. Trị thiết kế mức thấm theo tháng được xác định bằng cách nhân trị thấm lớn nhất theo ngày với tổng số ngày hoạt động trong tháng. (xem ví dụ 4.1)

**✓ Tính mức tải thủy lực dựa vào giới hạn Nitrogen**

Nếu lượng nước thấm trong hệ thống lọc chậm sẽ đi vào tầng nước ngầm sử dụng, thì theo Tiêu chuẩn Nước uống Thiết yếu, hệ thống phải được thiết kế sao cho độ tập trung lượng nitrat nitrogen khi đi vào lớp nước ngầm không vượt quá 10 mg/l nitrogen. Để đạt được yêu cầu giới hạn nitrogen này, thì mức tải thủy lực cho phép sẽ dựa vào việc xác định mức tải nitrogen hàng năm  $L_{W(N)}$  và được so sánh với lượng nitrogen đã tính toán trước đó  $L_{W(P)}$ . Công thức tính  $L_{W(P)}$  sau:

$$L_{W(N)} (mg/l) = \frac{2,54.C_p(P - ET) + 4,32.U}{(1 - f)(C_N) - C_p} \quad (4-7)$$

trong đó:

- $L_{W(N)}$  - mức tải thủy lực cho phép theo mức tải nitrogen hàng năm, mg/l.
- $C_p$  - tổng số nitrogen tập trung trong lượng nước thấm, mg/l.
- ET - lượng bốc thoát hơi tính toán, cm/yr.
- P - lượng mưa tính toán, cm/yr.
- U - lượng nitrogen hấp thu bởi cây trồng, kg/ha.yr (xem bảng 4.8)
- 2,54 và 4,32 - hệ số quy đổi đơn vị
- $C_N$  - tổng lượng nitrogen tập trung trong nước thải, mg/l
- f - hệ số xác định tổng nitrogen loại ra do cách khử nitrit và bay hơi.

Hệ số f phụ thuộc vào mức tải và đặc trưng của thành phần nước thải, cũng như điều kiện vi sinh vật trong vùng hoạt động của đất. Trong đất thoáng khí, lượng thải nitrit có thể đạt chừng 15 - 25% lượng nitrogen trong nước thải. Lượng này có thể cao hơn nếu tỉ lệ carbon/nitrogen trong nước thải lớn hơn 2,0. Lượng bay hơi amoniac sẽ không đáng kể khi độ pH nhỏ hơn 7,0 hoặc khi nước thải có nồng độ nitrat cao (theo: George T., Franlin L. B., *Wastewater Engineering*, 1995).

Nếu giá trị  $L_{W(N)}$  tính theo công thức trên cao hơn  $L_{W(P)}$  thì lấy trị  $L_{W(P)}$  làm giá trị



thiết kế. Nếu ngược lại,  $L_{W(P)} > L_{W(N)}$ , thì sử dụng trị  $L_{W(N)}$  và sau đó so sánh từng tháng một giữa  $L_{W(N)}$  và  $L_{W(P)}$ , giá trị nào nhỏ hơn thì lấy trị đó làm số liệu thiết kế theo tháng. ET và P tính theo phân tích tần suất như trình bày ở phần trước.

Giá trị U lấy theo bảng 4.8.

**Bảng 4.8:** Mức hấp thụ nutrient cho các loại cây trồng khác nhau

Loại cây trồng	Mức hấp thụ nutrient U, lb/acre.yr (# x 1,1209 kg/ha.năm)		
	Nitrogen	Phosphorus	Potassium
<b>Cây thức ăn gia súc</b>			
Cỏ Alfafla	200 - 480	20 - 30	155 - 200
Cỏ Brome	116 - 200	35 - 50	220
Cỏ Coastal Bermuda	350 - 600	30 - 40	200
Cỏ xanh Kentucky	180 - 240	40	180
Cỏ Quack	210 - 250	27 - 41	245
Cỏ Reed canary	300 - 400	36 - 40	280
Cỏ Rye	180 - 250	55 - 75	240 - 290
Cỏ ba lá ngọt (Sweet clover)	158	16	90
Cỏ đuôi trâu cao (Tall fescue)	135 - 290	26	267
Cỏ vườn (orchard grass)	230 - 250	20 - 50	225 - 315
<b>Cây hoa màu</b>			
Lúa mạch (Barley)	63	15	20
Bắp (Corn)	155 - 172	17 - 25	96
Bông vải (Cotton)	66 - 100	12	34
Lúa miến hạt (Grain sorghum)	120	14	62
Khoai tây (Potatoes)	205	20	220 - 288
Đậu nành (Soybeans)	94 - 128	11 - 18	29 - 48
Lúa mì (Wheat)	50 - 81	15	18 - 4

(Nguồn: George T., Franlin L. B., *Wastewater Engineering*, 1995)

Trường hợp, các giá trị (P - ET) tính theo in/yr, U theo lb/acre.yr, thì  $L_{W(N)}$  sẽ là:

$$L_{W(N)}(mg/l) = \frac{C_p(P - ET) + 4,4.U}{(1 - f)(C_n) - C_p} \quad (4-8)$$

Ví dụ 4.6: Xác định mức tải thủy lực cho một hệ thống lọc chậm qua đất thấm được và bị giới hạn bởi mức nitrogen, theo số liệu sau:

Tháng	Lượng mưa (in.)	Bốc thoát hơi tiềm thế (in.)
1	2,3	0,7
2	2,3	1,5
3	2,1	3,1
4	1,6	3,9
5	0,4	5,2
6	0,2	6,5
7	0,1	7,0
8	không đáng kể	6,5
9	0,2	4,4
10	0,6	3,9
11	1,0	1,5
12	2,2	0,8

Giả thiết:

Lượng mưa thiết kế cho ở trên được tính từ chuỗi 10 năm mưa.

Lượng bốc thoát hơi trung bình tháng cho ở bảng trên là chuẩn cho khu vực Tuyến công trình gần như bằng phẳng.

Loại đất là đất thịt pha sét, dày với độ thấm 0,35 in./h (9 mm/h).

Loại cây trồng là cỏ vùng biển Bermuda.

Khu chứa nước được cho hình thành từ lượng nước trữ lại trong mùa đông.

Chảy tràn, nếu có, sẽ được thu thập và trữ cho việc tái sử dụng.

Tổng số nitrogen trong nước thải là  $C_n = 20$  mg/l.

Lượng nitrogen tập trung cho thấm là  $C_p = 10$  mg/l.

Hệ số tổn thất do khử nitrit/bay hơi là 0,15.

Số ngày không vận hành của hệ thống là 0.

Giải:

1. Xác định lượng thấm theo tháng ( $W_p$ ). Chọn giá trị thiết kế 4% của giá trị thấm nhỏ nhất, tốc độ thấm thiết kế theo tháng là:

$$W_p = (0,35 \text{ in/h})(24 \text{ h/d})(0,04)(30 \text{ d/mo}) = 10 \text{ in/mo}$$

2. Xác định mức tải thủy lực dựa vào tính thấm của đất  $L_{W(P)}$ . Sử dụng phương trình (4-6), giá trị  $L_{W(P)}$  sẽ bằng hiệu số giữa tổng lượng nước tổn thất ( $ET + W_p$ ) và lượng mưa, trình bày theo bảng tính sau:

Tháng	Lượng nước tổn thất, in			Lượng nước phải xử lý, in	
	ET	$W_p$	$(ET+W_p)$	P	$L_{W(P)} = (ET + W_p) - P$
(1)	(2)	(3)	(4) = (2) + (3)	(5)	(6) = (4) - (5)
1	0,7	10,0	10,7	2,3	8,4
2	1,5	10,0	11,5	2,3	9,2
3	3,1	10,0	13,1	2,1	11,0
4	3,9	10,0	13,9	1,6	12,3
5	5,2	10,0	15,2	0,4	14,8
6	6,5	10,0	16,5	0,2	16,3
7	7,0	10,0	17,0	0,1	16,9
8	6,5	10,0	16,5	0,0	16,5
9	4,4	10,0	14,4	0,2	14,2
10	3,9	10,0	13,9	0,6	13,3
11	1,5	10,0	11,5	1,0	10,5
12	0,8	10,0	10,8	2,2	8,6
Tổng năm	45,0	120,0	165,0	13,0	152,0

3. Xác định lượng nitrogen hấp thụ hàng năm, tra bảng 4.9, lấy:

$$U = 400 \text{ lb/acre.yr}$$

4. Xác định mức tải nitrogen hàng năm cho phép  $L_{W(N)}$ , dùng phương trình (4 -8):

$$L_{W(P)} = \frac{(10 \text{ mg/l})(13,0 - 45,0 \text{ in/yr}) + 4,4.(400 \text{ lb/acre.yr})}{(1 - 0,15)(20 \text{ mg/l}) - (10 \text{ mg/l})} = 205,7 \text{ in/yr}$$

5. So sánh 2 giá trị  $L_{W(P)}$  và  $L_{W(N)}$ : bởi vì  $L_{W(N)} > L_{W(P)}$  nên chọn mức tải thủy lực là (xem cột số 6 trong bảng tính):  $L_{W(P)} = 152 \text{ in/yr}$  làm giá trị thiết kế.

Ghi chú:

Nếu  $L_{W(N)}$  nhỏ hơn  $L_{W(P)}$  thì giá trị tháng của  $L_{W(N)}$  sẽ được chọn và sẽ được so sánh tiếp với giá trị tháng tương ứng của  $L_{W(P)}$ . Nếu có giá trị nào nhỏ hơn sẽ làm trị số tải thủy lực thiết kế theo tháng. Các giá trị từng tháng sẽ được cộng lại để có mức tải thủy lực thiết kế theo năm.

✓ **Tính mức tải thủy lực dựa vào nhu cầu tưới (hệ thống lọc chậm loại 2)**

Nhu cầu nước tưới tối thiểu (R) của một vụ cây trồng trong một thời đoạn tính toán nào đó được xác định bằng lượng nước cần thiết (thể hiện bằng chiều dày lớp nước) để bù cho lượng nước mất đi do bốc thoát hơi cộng với các tổn thất do thấm, nước cho gieo hạt, kiểm soát khí hậu, phân bón hoặc hóa chất, ... Đối vùng đất khô hạn và gần biển, lượng thấm thường được yêu cầu nhằm hạn chế việc tập trung sự nhiễm mặn đến tầng rễ. Trong các trường hợp như vậy, lượng thấm thường xác định vào khoảng 10 - 25 % lượng nước tưới.

Tổng quát: 
$$R = \frac{ET - P}{1 - (LR/100)} \quad (4-9)$$

trong đó:

- R - nhu cầu tưới tối thiểu, mm hoặc in.
- ET - bốc thoát hơi vụ mùa, mm hoặc in.
- P - lượng mưa, mm hoặc in.
- LR - lượng thấm, %

Thực tế, hệ thống phân phối nước không thể tưới đồng đều cho cả cánh đồng và một số nước bị mất đi trong quá trình phân phối, do vậy lớp nước tưới thực (D) sẽ lớn hơn lớp nước tưới theo nhu cầu tối thiểu R. Lớp nước tưới thực được xác định theo:

$$D = \frac{R}{E_u / 100}, \quad \text{mm hoặc in} \quad (4-10)$$

với  $E_u$  là hiệu suất tưới của hệ thống phân phối nước, tính bằng %. Giá trị của  $E_u$  có thể lấy theo bảng 4.9.

Bảng 4.9: Bảng tra hệ thống tưới và các điều kiện sử dụng

Hệ thống phân phối nước	Kiểu canh tác phù hợp và điều kiện sử dụng				
	Cây trồng	Địa hình	Đất	Nước	Hiệu suất tưới
<b>Tưới phun</b> + Di chuyển bằng tay	+ Cây ăn trái, đồng cỏ, nho, rau màu thấp cây	+ Độ dốc dọc = 20%	+ Min IR= 0,1in/h WHC= 3,0 in	+ SL : Không hạn chế CL : Nước có TDS cao có thể gây cháy lá	70 - 80 %
+ Có bánh xe lăn	+ Các loại cây trồng có chiều cao dưới 1 m	+ Độ dốc dọc = 15%	+ Min IR= 0,1in/h WHC= 3,0 in	+ SL : Không hạn chế CL : Nước có TDS cao có thể gây cháy lá	70 - 80 %
+ Đặt cố định	+ Không hạn chế	+ Không hạn chế	+ Min IR=0,05 in/h	+ SL : Không hạn chế CL : Nước có TDS cao có thể gây cháy lá	70 - 80 %
+ Bán cố định	+ Tất cả các loại hoa màu trừ cây vườn cao	+ Độ dốc dọc = 15%	+ Min IR= 0,3in/h WHC= 2,0 in	+ SL : Cần dòng chảy lớn. CL : Nước có TDS cao có thể gây cháy lá	70 - 80 %
+ Súng phun di động	+ Đồng cỏ, ngũ cốc, cây màu, vườn rau	+ Độ dốc dọc = 15%	+ Min IR= 0,3in/h WHC= 6,0 in	+ SL: 100 - 1000 gal/min-unit CL : Nước có TDS cao có thể gây cháy lá	70 - 80 %
<b>Tưới mặt</b> + Biên hẹp đến 15 in.	+ Đồng cỏ, ngũ cốc, vườn nho	+ Độ dốc dọc = 7% Độ dốc ngang = 0,2%	+ Min IR= 0,3in/h WHC = 6,0 in Chiều sâu phải đủ để thỏa độ dốc ngang	+ SL : Cần dòng chảy trung bình. CL : cần dòng chảy lớn	65 - 85 %
+ Biên rộng đến 100 in.	+ Đồng cỏ, ngũ cốc, vườn cây ăn trái	+ Độ dốc dọc = 0,5 - 1,0% Độ dốc ngang = 0,2%	+ Min IR= 0,1in/h Min IR không hạn chế khi chiều dài tầng rãnh được điều chỉnh để lấy nước Chiều sâu phải đủ để thỏa độ dốc ngang	+ SL: cần dòng chảy trung bình	65 - 85 %
+ Tưới tràn bờ	+ Ngũ cốc, cây màu, lúa	+ Độ dốc dọc = bằng	+ Min IR= 0,3in/h	+ SL: cần dòng chảy	75 - 90 %

Hệ thống phân phối nước	Kiểu canh tác phù hợp và điều kiện sử dụng				
	Cây trồng	Địa hình	Đất	Nước	Hiệu suất tưới
+ Tưới dải (luống)	nước, cây ăn trái  + Rau, màu, cây ăn trái, vườn nho	phẳng Độ dốc ngang = 0,2%  + Độ dốc dọc = 3% Độ dốc ngang = 10% (xói mòn mạnh)	WHC = 6,0 in Chiều sâu phải đủ để thỏa độ dốc ngang  + Min IR= 0,1in/h Min IR không hạn chế khi chiều dài tầng rãnh được điều chỉnh để lấy nước Chiều sâu phải đủ để thỏa độ dốc ngang	trung bình  + SL: cần dòng chảy trung bình	70 - 85 %
+ Tưới theo đường đồng mức	+ Rau, màu, cây ăn trái, vườn nho	+ Độ dốc dọc = 8% (gợn sóng) Độ dốc ngang = 10% (xói mòn mạnh)	+ Min IR= 0,1in/h Max IR không hạn chế khi chiều dài tầng rãnh được điều chỉnh để lấy nước Không cày xới đất	+ SL: không hạn chế	70 - 85 %
<b>Tưới nhỏ giọt</b>	+ Vườn cây ăn trái, vườn nho, rau, vườn ươm cây	+ Không hạn chế	+ Min IR=0,02 in/h		70 - 85 %

Ghi chú:

Min IR = *Minimum Infiltration Rate* = Độ thấm tối thiểu của đấtWHC = *Water-Holding Capacity* = Khả năng giữ nước của đấtTDS = *Total Dissolved Solids* = Tổng các chất rắn không hòa tan trong nước

1 in = 25,4 mm

1 ft = 0,3048 m

1 gal = 3,7854 lít

(Nguồn: George T., Franlin L. B., *Wastewater Engineering*, 1995)

Ví dụ 4.7: Xác định mức tải thủy lực thiết kế cho một hệ thống dùng nước thải để tưới, sử dụng các số liệu và giả thiết sau:

1. Một cánh đồng canh tác 2 vụ mùa trồng bắp và đậu. Trị số ET - P (tính theo in.) theo tháng được cho như bảng dưới :

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ET - P	-3,69	-2,59	-1,82	1,34	1,02	4,74	8,56	6,68	2,05	1,06	-2,10	-2,98

2. Lượng thấm là LR = 10%

3. Dùng hệ thống tưới phun từ ống dẫn đặt ở giữa đồng.

Cho hiệu suất tưới  $E_u = 80\%$ .

Giải:

Lập bảng tính để có kết quả như sau:

Tháng	Giá trị tính theo inches (in.)			
	ET - P	100/(100 - LR)	(100/ $E_u$ )	$L_{W(R)}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)(3)(4)
1	- 3,69	-	-	-
2	- 2,59	-	-	-
3	- 1,82	-	-	-
4	1,34	1.11	1.25	1.86
5	1.02	1.11	1.25	1.42
6	4.74	1.11	1.25	6.58
7	8.56	1.11	1.25	11.89
8	6.68	1.11	1.25	9.28
9	2.05	1.11	1.25	2.85
10	1.06	1.11	1.25	1.47
11	- 2.10	-	-	-
12	- 2.98	-	-	-
Tổng năm				35.35

Ghi chú:

Giá trị tính toán của  $L_{W(R)}$  cần phải được so sánh với mức tải thủy lực cho phép trên cơ sở giới hạn  $L_{W(N)}$  như trong ví dụ 4.1. Nếu  $L_{W(N)} > L_{W(R)}$  thì lượng nitrogen tập trung cho nước thải dùng để tưới phải được làm giảm thông các biện pháp tiền xử lý nhằm đạt giá trị  $L_{W(N)} = L_{W(R)}$ , hoặc cần phải thêm lượng nước sạch vào lượng nước thải để có tổng lượng nước tưới yêu cầu. Trong thực tế, cần phải có khu trữ nước thải để có điều chỉnh về lượng khi lượng nước thải xả ra nhiều hơn lượng nước mà cây trồng cần.

✓ **Tính toán diện tích đất yêu cầu**

Tổng số diện tích đất cần thiết cho một hệ thống lọc chậm bao gồm diện tích canh tác, cộng thêm các diện tích phụ như đất cho công trình tiền xử lý, vùng đệm để ngăn cách an toàn khu cư dân, đường giao thông và các khu ao hồ trữ nước. Diện tích yêu cầu cho mức tải thủy lực thiết kế tính theo công thức sau:

$$A_w = \frac{(Q.ft^3 / d)(365.d / yr) + \Delta V_s .ft^3 / yr}{(L_w.in / yr)(1,0.ft / 12.in)(43.560.ft^2 / ac)} \tag{4-11}$$

trong đó:

$A_w$  - diện tích thiết kế, acres

$Q$  - lưu lượng nước thải trung bình ngày,  $\text{ft}^3/\text{yr}$

$\Delta V_s$  - thể tích khu trữ nước mưa tối thiểu để bù tổn thất do bốc hơi, thấm,  $\text{ft}^3/\text{yr}$

$L_w$  - mức tải thủy lực thiết kế

Theo khuyến cáo, tổng diện tích đất cần thiết cho hệ thống lọc chậm dựa vào tính thấm của đất (hệ thống loại 1) vào khoảng 60 - 200 acres (# 24 - 80 ha) và nếu dựa vào nhu cầu tưới của cây trồng (hệ thống loại 2) trong khoảng 175 - 550 acres (# 70 - 220 ha) cho mức lưu lượng dòng chảy trung bình 1 Mgal/d (# 43,8126 l/s = 3,7854  $\text{m}^3/\text{d}$ .)

Nếu  $Q$  tính bằng  $\text{m}^3/\text{d}$ ,  $\Delta V_s$  tính bằng  $\text{m}^3/\text{yr}$ ,  $L_w$  tính bằng  $\text{cm}/\text{yr}$  thì  $A_w$  công thức (4-13) sẽ được tính bằng hectares bởi :

$$A_w = \frac{40,6945 \cdot [(365 \cdot Q) + \Delta V_s]}{L_w} \quad (\text{ha}) \quad (4-12)$$

(xem ví dụ 4.9)

Nếu biết độ sâu đất cho phép nhận nước thải trong năm hay còn gọi là mức sử dụng an toàn (*safe application rate*) thì ta cũng có thể xác định diện tích đất cần thiết tương đối đơn giản như ví dụ 4.3.

Ví dụ 4.8 : Xử lý nước thải qua đất cho 1 khu dân cư. Cho biết:

1. Dân số khu vực P = 5.000 người

2. Mức sử dụng an toàn = 1,5 m/năm

(độ sâu đất cho phép nhận nước thải/năm)

3. Mức xả nước thải = 150 l/người.ngày

4. Lượng BOD<sub>5</sub> đầu vào = 210 mg/l

Tính diện tích cần thiết cho cánh đồng tưới, đồng thời xác định mức tải các chất hữu cơ.

Giải:

Tính diện tích tưới

Mức xả nước thải toàn khu = 150 l/người.ngày x 5.000 người = 750.000 l/ngày

Mức xả trong 1 năm = 750.000 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/ngày x 365 ngày/năm  
= 273.750 m<sup>3</sup>/năm

Mức chấp nhận an toàn = 1,5 m/năm

Diện tích đất cần thiết =  $\frac{273.750}{1,5} = 182.500 \text{ m}^2 = 182,5 \text{ ha}$

Mức tải BOD =  $\frac{210}{182,5} = 1,15 \text{ mg}/\text{l}.\text{ha}$

**✓ Tính thể tích khu trữ**

Khu trữ nước thải, như chỉ thị ở ví dụ 4.1 và 4.2, sẽ được yêu cầu xây dựng khi lượng nước thải phải đổ ra lớn hơn mức tải thủy lực thiết kế. Để thiết kế thể tích khu chứa nước, cần lập bảng tính toán cân bằng nước theo tháng, như minh họa ở ví dụ 4.4. Thể tích khu trữ được tính ban đầu phải được điều chỉnh theo một biến thiên lượng mưa, bốc hơi, thấm của khu trữ  $\Delta V_s$  trước và sau thời đoạn tính.

Cho một hệ thống lọc chậm sử dụng cho cây trồng, lượng nước thải sử dụng bị khống chế theo thời đoạn tăng trưởng của cây trồng, khu trữ phải cân đối trong thời đoạn tính từ 1 - 3 tháng trong điều kiện khí hậu bình thường và khoảng 4 - 7 tháng cho các vùng đất có khí hậu lạnh phía bắc. Lượng nước tưới trong trường hợp trồng cỏ lưu niên hoặc các cây trồng 2 -3 vụ /năm có thể kéo dài thời gian tính toán. Trong các vùng có điều kiện tuyết phủ hay đông đá có thể rút ngắn thời gian cho đất trồng cỏ lưu niên hay đất rừng.

Ví dụ 4.9:

Tính toán thể tích khu trữ nước cần thiết cho một hệ thống lọc chậm bằng cách dùng phương trình cân bằng nước. Các số liệu và giả thiết cho trước:

1. Lưu lượng dòng chảy trung bình là 1 Mgal/ngày và hầu như không đổi theo tháng.
2. Mức tải thủy lực lấy theo ví dụ 4.1.
3. Giả thiết  $\Delta V_s = 0$  trong giai đoạn đầu tính toán.

Giải:

1. Xác định diện tích đất yêu cầu, sử dụng công thức (4-13):

$$A_w = \frac{(Q \cdot ft^3 / d)(365 \cdot d / yr) + \Delta V_s \cdot ft^3 / yr}{(L_w \cdot in / yr)(1,0 \cdot ft / 12 \cdot in)(43.560 \cdot ft^2 / ac)}$$

$$A_w = \frac{(10^6 \cdot gal / d)(0,134 \cdot ft^3 / gal)(365 \cdot d / yr) + 0}{(152 \cdot in / yr)(1,0 \cdot ft / 12 \cdot in)(43.560 \cdot ft^2 / ac)} = 88,5 \text{ acres}$$

2. Chuyển đổi mức tải thủy lực thiết kế theo tháng thành mức tải thủy lực thể tích tương đương ( $V_w$ ), sử dụng phương trình sau:

$$V_w (acre \cdot ft / yr) = \frac{A_w (acres) \times L_w (in / yr)}{12 \cdot in / ft} \quad (4-13)$$

Lấy kết quả tính  $L_w$  ở ví dụ 4.1, lập bảng tính toán như dưới. Trong bảng này nên khởi đầu tính toán với tháng bắt đầu mùa hè (hoặc cuối mùa mưa), là tháng bắt đầu mùa trồng cây màu. Trong ví dụ này lấy là tháng 11 của năm.



Tháng	Giá trị tính bằng acres-ft				
	Mức tải thủy lực ( $L_w$ )	Mức tải thể tích nước thải ( $V_w$ )	Thể tích nước thải sử dụng ( $Q_m$ )	Chênh lệch về thể tích ( $\Delta S$ )	Thể tích tích lũy ( $\Sigma \Delta S$ )
(1)	(2)	(3) = $A_w \cdot L_w / 12$	(4)	(5) = (4) - (3)	(6)
11	10,5	77,4	93,4	16,0	0,0
12	8,6	63,4	93,4	30,0	16,0
1	8,4	62,0	93,4	31,4	46,0
2	9,2	67,8	93,4	25,6	77,4
3	11,0	81,0	93,4	12,4	103,0
4	12,3	90,7	93,4	2,7	115,4
5	14,8	109,2	93,4	- 15,8	<b>118,1</b>
6	16,3	120,2	93,4	- 26,8	102,3
7	16,9	124,6	93,4	- 31,2	75,5
8	16,5	121,7	93,4	- 28,3	44,3
9	14,2	104,5	93,4	- 11,1	16,0
10	13,3	98,1	93,4	- 4,7	4,9
<b>Tổng</b>	<b>152,0</b>	<b>1.120,8</b>	<b>1.120,8</b>		

3. Dựa vào kết quả tính toán của bảng trên, trong cột (6) cho thấy giá trị tính toán thể tích lũy tích theo tháng lớn nhất là 118,1 acres-ft, xảy ra vào tháng 5.

4. Thể tích khu chứa thiết kế cuối cùng được xác định bằng cách lập lại các bước tính toán trước với giá trị chênh lệch thể tích nước năm  $\Delta V_s$  trong phương trình (4-13) và chênh lệch thể tích nước theo tháng  $\Delta V_s$  trong tính toán thay đổi thể tích nước theo tháng, ( $\Delta S = \Delta V_s + Q_m - V_w$ ), nhằm tính sự thay đổi lượng nước do mưa, bốc hơi và thấm. Để xác định ( $V_s$ , cần thiết phải xác định diện tích mặt ban đầu  $A_s$  của khu chứa nước, bằng cách xác định thể tích ban đầu và giả thiết chiều sâu nước. Sử dụng phương trình sau để tính  $\Delta V_s$ :

$$\Delta V_s = (P - E_{\text{pond}} - \text{thấm})(A_s) \tag{4-14}$$

Với  $E_{\text{pond}}$  là bốc hơi mặt thoáng của ao hồ.

=====