

TÍNH TOÁN LAN TRUYỀN CỦA CHẤT Ô NHIỄM TRONG ĐẤT VỚI ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

TS. Phạm Quang Hưng
Khoa Xây dựng Cầu đường
Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt: Tính toán lan truyền của chất ô nhiễm trong đất là một vấn đề mới và khó không những ở Việt Nam mà ngay cả trên thế giới. Trong bài báo này, tác giả trình bày cơ sở lý thuyết và một quy trình tính toán lan truyền của chất ô nhiễm. Việc xác định các thông số đầu vào của bài toán lan truyền là rất khó khăn, vì vậy tác giả cũng đề xuất cách thức lựa chọn thông số đầu vào một cách đơn giản và dễ áp dụng trong điều kiện của Việt Nam. Một ví dụ minh họa cho quy trình tính cũng được trình bày trong báo cáo này.

Summary: Calculation of contaminant transport in soils is a new and difficult problem not only in Vietnam but also in the world. In this paper, the author presents the basic theory and a calculation procedure for the transport of contaminants in soils. Determinant of the input data for such problem is always difficult; therefore, the author also proposes a method for the selection of the input data that is simple and application for the Vietnam condition. An example of the calculation procedure is also presented in this paper.

1. Đặt vấn đề

Xã hội loài người đã và đang phát triển mạnh, đi đôi với thành quả đạt được trên mọi lĩnh vực là “rác” thải mà hiện là một vấn đề hết sức nghiêm trọng cho môi trường chung của chúng ta. Lượng rác thải sinh hoạt của các đô thị lớn liên tục tăng, điển hình là khu vực Hà Nội (Bảng 1).

Bảng 1. Mức tăng trưởng của lượng rác thải phát sinh theo dự kiến [6]

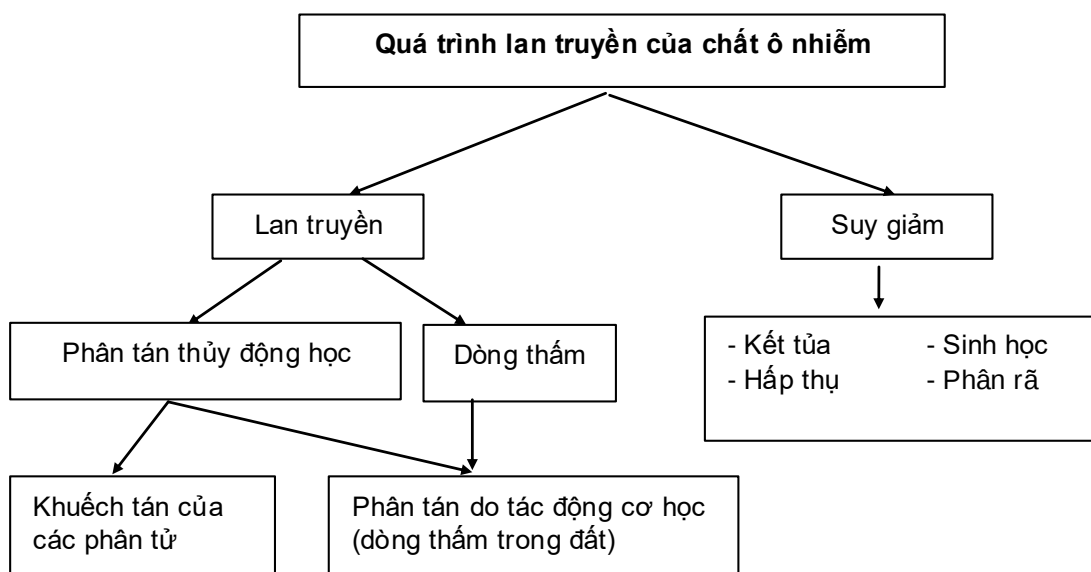
Giai đoạn	Tốc độ tăng lượng rác thải phát sinh hàng năm của thành phố Hà Nội (theo trọng lượng)
1998 – 2005	5,04 %
2006 – 2010	4.86 %
2011 - 2020	3.65 %

Các bãi chôn lấp càng phổ biến, kết quả là diện tích để sử dụng làm bãi chôn lấp ngày càng khan hiếm và có chi phí cao. Do vậy, việc chôn lấp rác cần phải được thực hiện một cách có tổ chức và theo quy hoạch. Công tác tính toán thiết kế và thi công bãi chôn lấp cần phải được quan tâm một cách đúng mực.

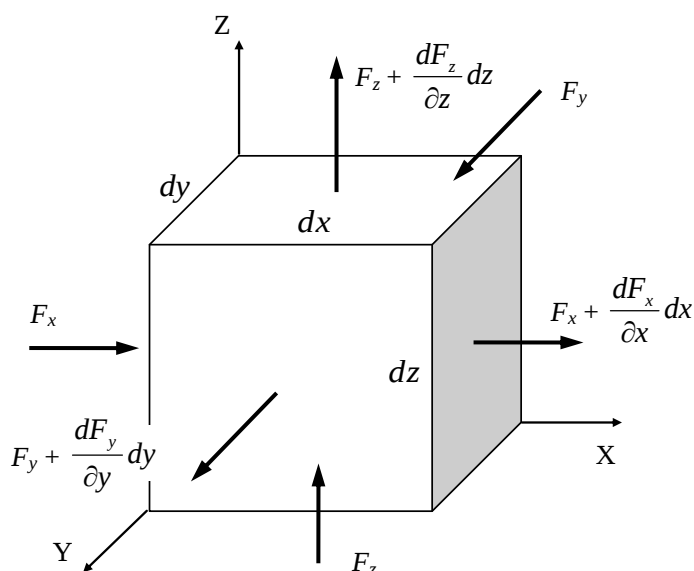
Trong bài báo này, tác giả đề cập đến quy trình tính toán lan truyền của một chất ô nhiễm trong lòng đất. Quy trình này có thể trực tiếp áp dụng cho việc tính toán, dự báo lan truyền của chất ô nhiễm từ các bãi chôn lấp hoặc vùng ảnh hưởng ô nhiễm của các làng nghề của Việt Nam.

2. Cơ sở lý thuyết

Quá trình lan truyền của chất ô nhiễm trong đất là một quá trình phức tạp bao gồm: 1) sự lan truyền của chất ô nhiễm dưới tác động của dòng thấm và sự khuếch tán của các chất này trong nước đất; 2) Sự suy giảm nồng độ của chất ô nhiễm do bị hấp thụ vào bề mặt hạt đất, phản ứng hóa học, phân rã và tác động của vi sinh vật (hình 1). Để có thể xây dựng phương trình lan truyền của một chất hòa tan trong đất, người ta phải giả thiết rằng: đất là đồng nhất, đẳng hướng, bão hòa nước và dòng thấm trong đất thỏa mãn định luật Darcy.



Hình 1. Sơ đồ mô tả sự lan truyền của chất thải trong đất



Hình 2. Phân tố đất đại diện có kích thước ba cạnh là: dx , dy , dz

Việc xây dựng phương trình lan truyền của chất ô nhiễm trong đất dựa trên sự cân bằng của một dòng chất hòa tan đi vào và đi ra của một phân tử đất (hình 2). Dòng thấm qua phân tử đất này đã được xét đến tính phức tạp của dòng thấm qua các lỗ rỗng của đất. Phương trình tổng quát cho quá trình lan truyền của chất ô nhiễm trong đất có thể được viết như sau:

$$D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_T \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - v_x \frac{\partial C}{\partial x} - R_f \lambda C = R_f \frac{\partial(C)}{\partial t} \quad (1)$$

Trong đó:

$$D_L = \alpha_L v_i + D^*$$

$$D_T = \alpha_T v_i + D^*$$

D_L = Hệ số phân tán thủy động học song song với hướng dòng thấm chính

D_T = Hệ số phân tán thủy động học vuông góc với hướng dòng thấm chính

α_L = Hệ số phân tán động học theo phương dọc theo dòng thấm

α_H = Hệ số phân tán động học theo phương vuông góc với dòng thấm

$$D^* = \omega D_d$$

$$R_f = 1 + \frac{\rho_b K_d}{n}$$

R_f = hệ số trễ; ρ_b = tỷ trọng của đất đá;

K_d = hệ số phân bố của chất hòa tan đó trên đất, đá.

Hệ số khuếch tán D_d của chất ô nhiễm trong đất thường nằm trong khoảng $2,0 \times 10^{-10}$ đến $3,7 \times 10^{-9}$ ($m^2/giây$). Hệ số ω thể hiện ảnh hưởng của sự khúc khuỷu của việc khuếch tán dọc theo các đường thấm nối giữa các hệ lỗ rỗng trong đất. Theo Bear [9] thì phân tán động học trong đất theo phương ngang có thể lấy xấp xỉ bằng 1/10. Hệ số phân tán thủy động học theo phương dọc D_T thường lấy bằng 0,1 đến 0,5 hệ số phân tán thủy động học theo phương ngang D_L .

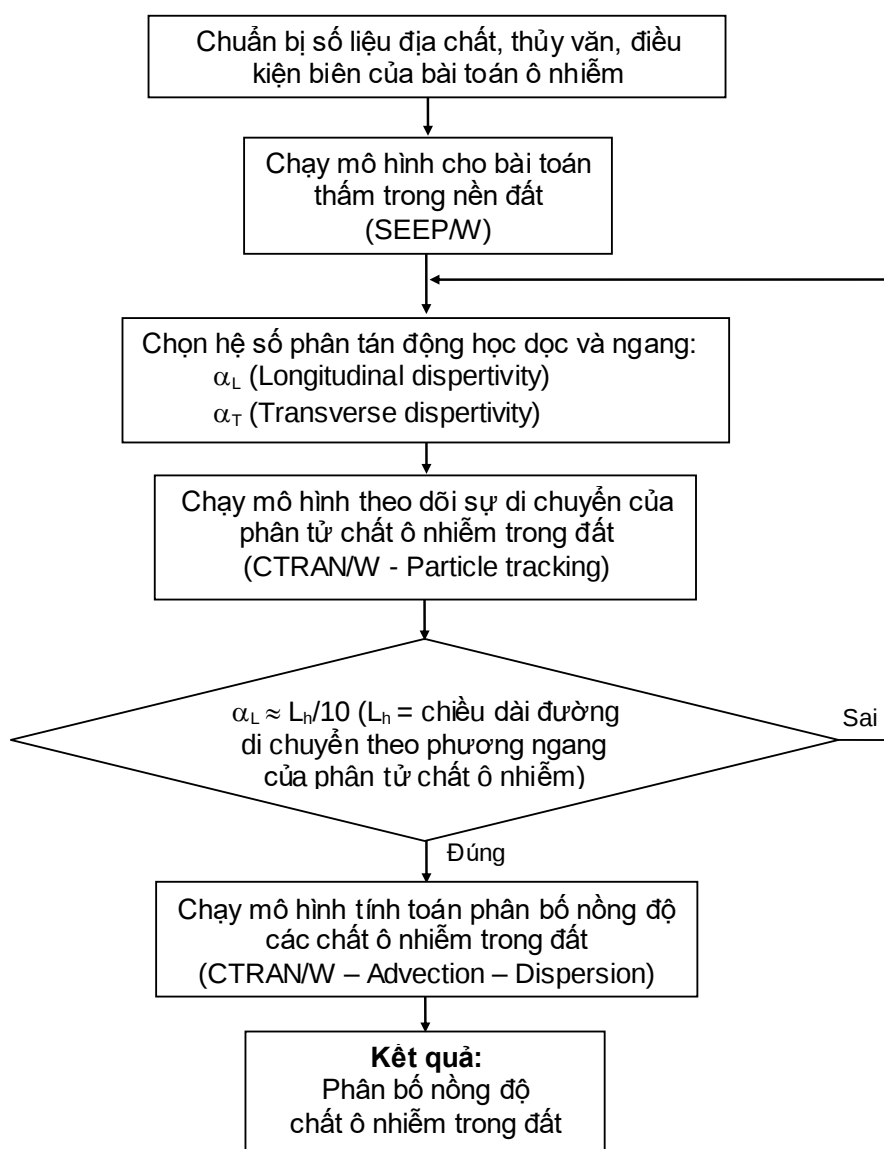
Để giải bài toán này, người ta cần phải có điều kiện đầu và điều kiện biên cho các bài toán. Điều kiện biên là các thông số về nồng độ của chất hòa tan tại các biên của khu vực tính toán trong suốt quá trình tính. Điều kiện biên phụ thuộc nhiều vào địa chất, dòng thấm và nguồn cấp của các chất ô nhiễm. Điều kiện đầu là các thông số về sự phân bố nồng độ ban đầu của chất hòa tan trong toàn bộ khu vực đất được xét trong bài toán:

$$C(x, y, 0) = C_0(x, y, 0) \quad (2)$$

3. Quy trình tính toán

Phương trình tổng quát cho sự lan truyền của chất ô nhiễm trong đất (1) trên đây là một phương trình vi phân khá phức tạp. Hiện nay, các lời giải giải tích chỉ có thể áp dụng cho trường hợp nền đồng nhất, đẳng hướng với các điều kiện đầu và biên đơn giản. Để có thể giải được các bài toán cho sự lan truyền của chất ô nhiễm trong thực tế, người ta phải sử dụng các phương pháp số để tính toán (thường là phương pháp phần tử hữu hạn).

Hiện nay trên thế giới có rất nhiều chương trình phần mềm dùng để tính toán sự lan truyền của chất ô nhiễm trong đất như: FeFlow, Geo-slope, Modflow, Hydrus-2D, ChemFlux... Mặc dù vậy hầu hết những phần mềm này chỉ giải quyết được các bài toán cho đất bão hòa nước. Trong số những phần nói trên, phần mềm CTran/W của Geo-slope là phần mềm được phát triển từ lâu đời nhất và mạnh, đặc biệt khi giải quyết các bài toán có sự xuất hiện của đất không bão hòa. Do đặc thù của Việt Nam với 3/4 diện tích là đồi núi nên hầu hết các lớp đất trên bề mặt là ở trạng thái không bão hòa nước. Do vậy, tác giả đề xuất việc sử dụng bộ phần mềm của Geo-slope để giải quyết bài toán lan truyền của chất ô nhiễm trong đất. Quy trình tính toán lan truyền của chất ô nhiễm trong đất sử dụng phần mềm GeoStudio 2004 được trình bày trên hình 3.



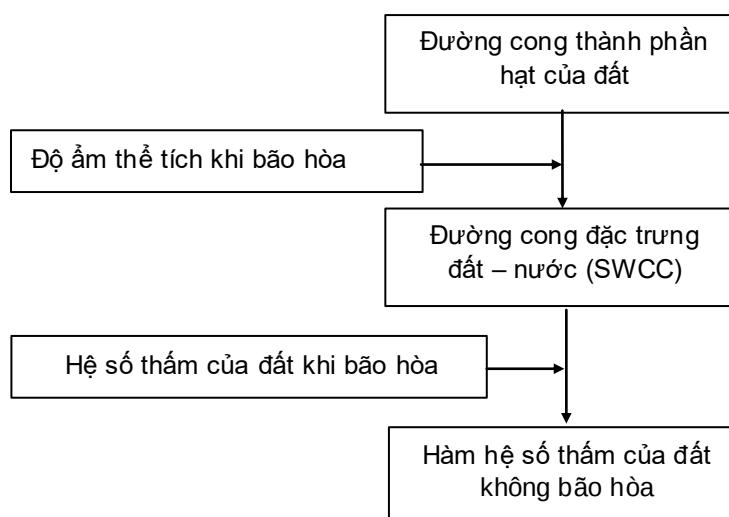
Hình 3. Quy trình tính toán lan truyền của chất ô nhiễm sử dụng bộ phần mềm GeoStudio 2004.

4. Xác định tham số đầu vào

Về cơ bản, các thông số đầu vào cho một bài toán lan truyền sẽ bao gồm 2 nhóm: 1) Số liệu về nguồn gây ô nhiễm (theo thời gian) và 2) Số liệu địa chất thủy văn. Số liệu về nguồn gây ô nhiễm sẽ phụ thuộc vào từng dự án cụ thể, số liệu này về cơ bản là khá rõ ràng cho mỗi bài toán được đặt ra. Số liệu về địa chất thủy văn đòi hỏi người phân tích phải có chuyên môn sâu về cơ học đất và địa chất thủy văn. Sau đây, tác giả sẽ trình bày một số yêu cầu quan trọng về đầu vào đối với bài toán mô hình hóa lan truyền của chất ô nhiễm có xét đến sự không bão hòa của đất nền:

4.1. Số liệu đầu vào cho bài toán thấm

Khi thực hiện tính toán dòng thấm của nước trong đất, cụ thể sử dụng phần mềm SEEP/W, chúng ta thường phải nhập các bộ số liệu sau: 1) Đường cong đặc trưng đất – nước cho từng lớp đất (quan hệ độ ẩm và lực hút dính); 2) Hàm hệ số thấm không bão hòa cho mỗi lớp đất (quan hệ hệ số thấm và lực hút dính). Có nhiều cách để xác định đường cong đặc trưng đất-nước và hàm hệ số thấm không bão hòa cho một loại đất. Thực tế cho thấy, việc thực hiện các thí nghiệm cho đất không bão hòa là hết sức khó khăn trong điều kiện của Việt Nam hiện nay, vì vậy tác giả kiến nghị sử dụng đường cong thành phần hạt để xác định đường cong đặc trưng đất – nước và hàm hệ số thấm không bão hòa của đất (Hình 4). Quy trình này hoàn toàn có thể thực hiện được sử dụng phần mềm SEEP/W của công ty Geo-Slope, Canada.



Hình 4. Các phương pháp thường được sử dụng để xác định đường cong đặc trưng đất – nước và hàm hệ số thấm không bão hòa cho một loại đất

4.2. Số liệu đầu vào cho bài toán lan truyền

Khi thực hiện mô hình hóa sự lan truyền của chất ô nhiễm dọc theo dòng thấm trong đất, người ta cần phải xác định được một thông số hết sức quan trọng, đó là hệ số khuếch tán của chất ô nhiễm trong đất (D_d). Trên thực tế, hệ số khuếch tán này phụ thuộc vào chất ô nhiễm và loại đất, vì vậy cần phải tiến hành thí nghiệm để có thể tìm được hệ số khuếch tán một cách chính xác nhất. Tuy nhiên, với điều kiện thực tế ở Việt Nam, công việc này là rất tốn kém về thời gian và kinh phí và vì vậy tác giả đã tiến hành thu thập một số số liệu liên quan đến hệ số khuếch tán này (Bảng 2). Số liệu cho thấy, hệ số khuếch tán đề xuất bởi UFA Ventures năm 1996 [21] là hợp lý. Tác giả cũng kiến nghị sử dụng giá trị khuếch tán này trong trường hợp thí nghiệm không thực hiện được.

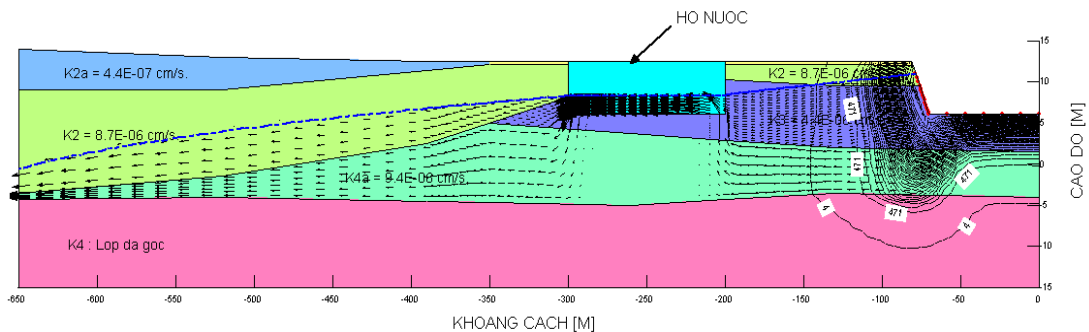
Bảng 2. Danh sách các chất ô nhiễm cùng với hệ số khuếch tán trong đất
được nghiên cứu bởi các nhà nghiên cứu khác

TT	Tác giả	Chất nghiên cứu	Hệ số khuếch tán (cm ² /s)
1	Treadaway, Lynch & Bolton (1998)	Dung dịch màu xanh (green dye)	1×10^{-5}
2	Ronnie Nehr Glud*, Tom Fenchel	Teflon (Polytetrafluoroethylene)	$3,7 \times 10^{-5}$
3	Hayduk & Laudie (1974)	Rhodamine	$(3,1 \text{ đến } 6,8) \times 10^{-6}$
4	Broecker & Peng (1974)	O ₂	$(1,6 \text{ đến } 2,1) \times 10^{-5}$
5	Broecker & Peng (1974)	NO ₃ ⁻	$(1,6 \text{ đến } 2,1) \times 10^{-5}$
6	Broecker & Peng (1974)	NH ₄ ⁺	$(1,6 \text{ đến } 2,1) \times 10^{-5}$
7	Boudreau (1997)	CO ₂	$(1,6 \text{ đến } 2,1) \times 10^{-5}$
8	Boudreau (1997)	H ₂ S	$(1,6 \text{ đến } 2,1) \times 10^{-5}$
9	UFA Ventures, Inc. (1996)	Dung dịch hỗn hợp (Aqueous)	$5,44 \times 10^{-6}$
10	Barone F.S., Rowe, R. K. & Quigley R. M. (1989).	Cl ⁻ trong đất sét	$(1,4 \text{ đến } 1,6) \times 10^{-6}$
11	Rowe R. K., Fraser M. J. (1995)	Dung dịch nước rác (contaminants) trong đất sét	$3,5 \times 10^{-6}$
12	M. Zekü Amur & Hasan Yazicigül (2005)	Cd (trong đất sét Ankara)	$2,5 \times 10^{-6}$
13	M. Zekü Amur & Hasan Yazicigül (2005)	Cl (trong đất sét Ankara)	$9,5 \times 10^{-6}$
14	M. Zekü Amur & Hasan Yazicigül (2005)	Cr (trong đất sét Ankara)	$2,2 \times 10^{-6}$
15	M. Zekü Amur & Hasan Yazicigül (2005)	Cu (trong đất sét Ankara)	$2,9 \times 10^{-6}$
16	M. Zekü Amur & Hasan Yazicigül (2005)	Fe (trong đất sét Ankara)	$2,2 \times 10^{-6}$
17	M. Zekü Amur & Hasan Yazicigül (2005)	K (trong đất sét Ankara)	$7,9 \times 10^{-6}$
18	M. Zekü Amur & Hasan Yazicigül (2005)	Mn (trong đất sét Ankara)	$3,1 \times 10^{-6}$
19	M. Zekü Amur & Hasan Yazicigül (2005)	Ni (trong đất sét Ankara)	$1,6 \times 10^{-6}$
20	M. Zekü Amur & Hasan Yazicigül (2005)	Pb (trong đất sét Ankara)	$3,2 \times 10^{-6}$
21	M. Zekü Amur & Hasan Yazicigül (2005)	Zn (trong đất sét Ankara)	$2,5 \times 10^{-6}$
	Klaus Wallmann & Cộng sự (1997)	Dung dịch hỗn hợp và các vi sinh vật trong đất sét	$5,0 \times 10^{-6}$

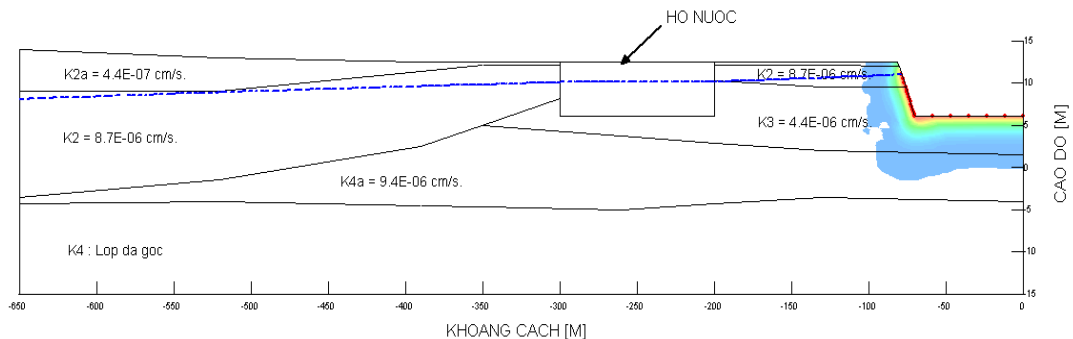
5. Ví dụ tính toán

Trong phần ví dụ tính toán này, tác giả tiến hành tính toán lan truyền của chất COD dọc theo trục Tây – Nam cho trường hợp bãi chôn lấp Nam Sơn với giả thiết thiết là dòng thấm có gradient thủy lực là 2%. Giả thiết rằng nồng độ của chất COD tại khu vực đáy bãi chôn lấp là 700mg/l; nồng độ cho phép của COD là 4mg/l.

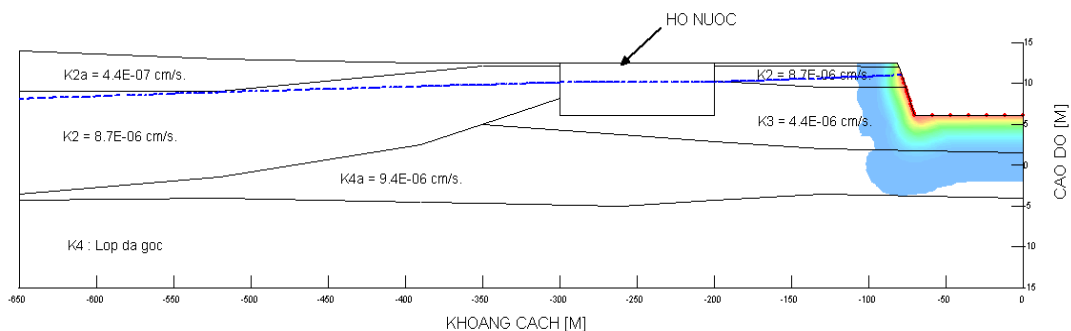
Kết quả tính toán dòng thấm ổn định trong nền đất được thể hiện trên Hình 5. Kết quả tính toán vùng ô nhiễm COD sau khoảng thời gian 50, 100 và 200 được thể hiện trên Hình 6. Kết quả tính toán cho thấy sau 50 năm, bán kính vùng ô nhiễm theo phương ngang là 50m và theo phương đứng là 5m (từ đáy hồ chôn lấp). Sau 200 năm, bán kính vùng ô nhiễm theo phương ngang là xấp xỉ 150m và theo phương đứng là hơn 10m.



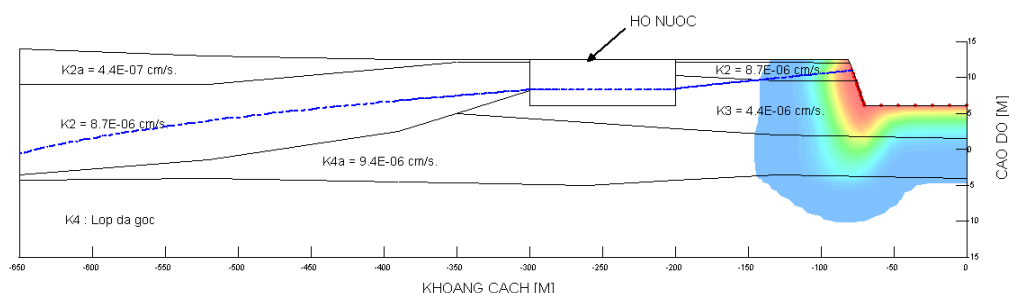
Hình 5. Kết quả dòng thấm theo trục Tây - Nam với gradient thủy lực $i = 2,0\%$ sử dụng phần mềm SEEP/W thuộc bộ phần mềm GeoStudio 2004



a) Sau thời gian 50 năm



b) Sau thời gian 100 năm



c) Sau thời gian 200 năm

Hình 6. Kết quả tính toán vùng ô nhiễm COD sau thời gian 50, 100 và 200 năm sử dụng phần mềm CTRAN/W thuộc bộ phần mềm GeoStudio 2004

6. Kết luận và kiến nghị

Trong bài báo này, tác giả đã trình bày cơ sở lý thuyết của sự lan truyền của chất ô nhiễm trong đất nền. Trên cơ sở lý thuyết lan truyền, tác giả đã trình bày một quy trình tính toán sự lan truyền của chất ô nhiễm trong đất nền sử dụng một số phần mềm sẵn có ở Việt Nam và xét đến yếu tố không bão hòa của đất nền.

Kết quả ví dụ tính toán lan truyền của chất ô nhiễm COD trong đất nền với địa chất tại khu vực bãi chôn lấp Nam Sơn, Sóc Sơn, Hà Nội cho thấy quy trình tính toán được trình bày cho phép dự báo được đầy đủ các thông tin về nồng độ của chất ô nhiễm theo thời gian tại khu vực nghiên cứu. Đây là những thông tin rất cần thiết cho các nhà thiết kế và quy hoạch bãi chôn lấp.

Tác giả kiến nghị có thêm những nghiên cứu, tính toán cụ thể cho các vùng địa chất khác nhau của Việt Nam để có thể cụ thể hóa hơn trong “*Hướng dẫn các quy định về bảo vệ môi trường đối với việc lựa chọn địa điểm, xây dựng và vận hành bãi chôn lấp chất thải rắn được ban hành trong thông tư liên tịch: 01/2001/TTLT-BKHCNMT-BXD ngày 18/1/2001 của Bộ Khoa học Công nghệ và Môi Trường và Bộ Xây dựng*”.

Tài liệu tham khảo

1. QCVN 02:2009/BYT (2009), *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sinh hoạt*.
2. QCVN 03:2008/BTNMT (2008), “*Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về giới hạn cho phép của kim loại nặng trong đất*”.
3. QCVN 08:2008/BTNMT (2008), *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt*.
4. QCVN 09:2008/BTNMT (2008), *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước ngầm*.
5. QCVN 25:2009/BTNMT (2009), *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước thải bãi chôn lấp chất thải rắn*.
6. Nguyễn Hồng Khánh, Lê Văn Cát, Tạ Đăng Toàn, Phạm Tuấn Linh (2009), *Môi trường bãi chôn lấp chất thải và kỹ thuật xử lý nước rác*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
7. Thông tư liên tịch 01/2001/TTLT-BKHCNMT-BXD (2001), *Hướng dẫn các quy định về bảo vệ môi trường đối với việc lựa chọn địa điểm, xây dựng và vận hành bãi chôn lấp chất thải rắn*.
8. Barone F.S., Rowe, R. K. & Quigley R. M., (1989), *Laboratory determination of chloride diffusion coefficient in an intact shale*. Canadian Geotechnical Journal. Vol. 27:177-184.

9. Bear, J. (1972), *Dynamics of Fluids in Porous Media*, American Elsevier. New York.
10. Boudreau B (1997), *Diagenetic models and their implementation*, Springer-Verlag, Heidelberg Crank, J., (1956), *The mathematics of diffusion*, Oxford University Press, New York, p.12-15.
11. Fetter, (1988), *Applied Hydrogeology*, Merrill Pubs. Co. Columbus Ohio United States of America.
12. Freeze, R.A. and J.A. Cherry, (1979), *Groundwater*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 604 pp.
13. Hans Valerius (2006), *Municipal Waste Collection Treatment System for Developing Countries*, Eco-Web.
14. Hayduk W, Laudie H (1974), *Prediction of diffusion coefficients for onelectrolytes in dilute aqueous solutions*, Am Inst Chem Eng J Vol. 20:611-615.
15. John Krahn, (2004), *Seepage Modeling with SEEP/W*, An Engineering Methodology, First Edition.
16. John Krahn, (2004), *Transport Modeling with CTran/W*, An Engineering Methodology, First Edition.
17. M. Zekü Amur & Hasan Yazicigül (2005), *Laboratory Determination of Multi component Effective Diffusion Coefficients for Heavy Metals in a Compacted Clay*. Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), Vol. 14:91-103.
18. Ronnie Nehr Glud, Tom Fenchel (1999), *The importance of ciliates for nterstitial solute transport in benthic communities*,. Mar Ecol Prog Ser. Vol. 186: 87-93.
19. Rowe R. K., Fraser M. J. (1995), *Waste disposal facility site selection and design considerations*, Canadian Geotechnical Conference.
20. Treadaway A.C.J., R.J. Lynch, M.D. Bolton (1998), *Pollution transport studies using an in-situ fibre optic photometric sensor*, Engineering Geology Vol. 53:195-04.
21. UFA Ventures, Inc. (1996), *Unsaturated Flow Apparatus Ventures, Inc.*, Richland, WA, USA.