

# Đánh giá ảnh hưởng của lan truyền xuyên biên giới đến lắng đọng khô tại Miền Bắc Việt Nam sử dụng phương pháp mô hình hóa WRF-CMAQ

Đàm Duy Ân<sup>1,\*</sup>, Lê Văn Linh<sup>2</sup>, Đàm Duy Hùng<sup>2</sup>, Mai Trọng Thông<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Đào tạo và Truyền thông Môi trường, Tổng cục Môi trường, 556 Nguyễn Văn Cừ, Hà Nội

<sup>2</sup>Trung tâm Nghiên cứu Môi trường, Viện Khoa học Khí tượng, Thủy văn và Biến đổi Khí hậu, 23/62 Nguyễn Chí Thanh, Hà Nội

<sup>3</sup>Viện Địa Lý - Viện Hàn lâm Khoa học & Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 08 tháng 8 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 26 tháng 8 năm 2016; Chấp nhận đăng ngày 16 tháng 12 năm 2016

**Tóm tắt:** Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương pháp mô hình hóa để đánh giá lắng đọng khô trong lắng đọng axit cho khu vực miền Bắc Việt Nam. Mô hình lan truyền chất ô nhiễm đa chỉ tiêu, đa chiều CMAQ kết hợp mô hình dự báo thời tiết WRF được sử dụng cho tính toán này. Các kết quả đánh giá lắng đọng khô trong mùa đông và mùa hè năm 2013 cho thấy lượng lắng đọng vào mùa đông thường cao hơn vào mùa hè tại Hà Nội và Hòa Bình. Tuy nhiên với lắng đọng HNO<sub>3</sub> thì ngược lại và mùa hè cao hơn vào mùa đông. Các kết quả nghiên cứu đánh giá lượng lắng đọng khô theo không gian và thời gian, đã chỉ ra những khu vực có lượng lắng đọng cao, thấp.

**Từ khóa:** Lắng đọng khô, CMAQ, Miền Bắc, xuyên biên giới, ô nhiễm không khí.

## 1. Mở đầu

Hiện nay, nghiên cứu về các vấn đề ô nhiễm không khí liên quốc gia và các ảnh hưởng của chúng đến chất lượng không khí ở Việt Nam còn nhiều hạn chế [1]. Một số vấn đề như lắng đọng axit, sương mù quang hóa hay ô nhiễm xuyên biên giới (XBG) đã có những dấu hiệu ảnh hưởng nhất định.

Lắng đọng axit (bao gồm cả lắng đọng khô và lắng đọng ướt) được tạo thành trong điều kiện khí quyển bị ô nhiễm do sự phát thải quá mức các khí SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO [1]. Ô nhiễm không khí không dừng lại ở các đường biên giới của bất kỳ quốc gia nào, rất nhiều quốc gia vừa là

nguồn gây ô nhiễm vừa là nguồn tiếp nhận ô nhiễm không khí xuyên biên giới [2].

Một số nghiên cứu về lắng đọng axit của các tác giả nước ngoài cho thấy: có sự ảnh hưởng liên quốc gia của các khu vực có mức độ phát thải ô nhiễm cao [11]; nghiên cứu này cho thấy có sự vận chuyển một lượng chất ô nhiễm từ khu vực lục địa quanh khu vực Trung Quốc, Hàn Quốc tới Nhật Bản. Lượng SO<sub>2</sub> lắng đọng tại Trung Quốc gấp 1 - 3 lần ngưỡng cho phép của tiêu chuẩn Châu Âu trong đó lắng đọng tại Việt Nam là xấp xỉ ngưỡng này [3].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi bước đầu đánh giá mức độ lắng đọng khô tại Việt Nam có nguồn gốc liên quốc gia. Trong nghiên cứu sẽ chỉ ra mức lắng đọng khô cho một số chất khí tại Việt Nam có nguồn gốc từ các nước trong khu vực, cho một số thời điểm khác nhau trong năm 2013.

\* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-983214678  
Email: damduyan@gmail.com

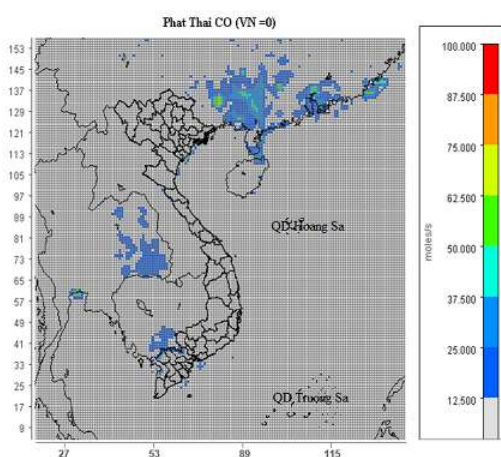
## 2. Phương pháp nghiên cứu

Việc đánh giá ảnh hưởng của quá trình lan truyền xuyên biên giới đến mức độ lắng đọng khô tại Miền Bắc Việt Nam được ứng dụng bằng phương pháp mô hình hóa. Với các công thức tính toán lắng đọng khô được thiết lập trong mô hình CMAQ, chúng tôi tính toán với các trường hợp phát thải đầy đủ và bỏ qua phát thải của Việt Nam [2, 3].

Mô hình CMAQ (*Community Multi-scale Air Quality Model*) là hệ thống mô hình chất lượng không khí đa chất, đa quy mô có khả năng mô phỏng quá trình vận chuyển, biến đổi hóa học của ozone, bụi, axit... CMAQ có khả năng mô phỏng các quá trình khí quyển phức tạp ảnh hưởng tới biến đổi, lan truyền, hoá học và lắng đọng [2, 4].

Trong nghiên cứu sử dụng nguồn phát thải từ số liệu kiểm kê phát thải châu Á (*REAS, Regional Emission inventory in Asia*) để tính toán làm điều kiện đầu vào cho mô hình. Hình 1 chỉ ra phát thải của CO với kịch bản (KB) phát thải của Việt Nam bằng 0.

Lắng đọng khô tượng trưng cho việc loại bỏ các chất ô nhiễm từ khí quyển lên bề mặt trái đất [5]. Sự phức tạp của các yếu tố ảnh hưởng đến mức độ vận chuyển, vận tốc lắng đọng, thường làm cho quá trình khái quát hóa gặp khó khăn trong các mô hình tính toán.



Hình 1. Phát thải CO với trường hợp phát thải Việt Nam = 0.

Đã có nhiều nghiên cứu trên thế giới về tính toán lắng đọng khô (dry deposition) trong các mô hình chất lượng không khí khác nhau, trong đó có CMAQ [10] và các mô hình khác như WRF-Chem [9], hoặc hệ mô hình ghép nối khác [8].

Các công trình nghiên cứu cũng đưa ra các kỹ thuật tham số hóa khác nhau để tính toán tốc độ cũng như định lượng trong quá trình lắng đọng khô. Nhưng cơ sở chung nhất vẫn là các công thức cơ bản được đề xuất bởi (Wesely, 1989) và (Walcek, 1987), và hệ thống mô hình CMAQ cũng đang sử dụng công thức tính toán này trong việc lượng hóa lắng đọng khô.

CMAQ thông qua phương pháp ước lượng, lượng hóa lắng đọng khô từ Wesley [6] và Walcek [7]. Dòng lắng đọng khô của chất khí và các hạt vật chất được tính bằng tích của nồng độ không khí và tốc độ lắng đọng:

$$F_i = V_d^i \times C_i$$

Theo Walcek (1987) ước lượng tốc độ lắng đọng cần xem xét các yếu tố khí tượng, vấn đề sử dụng đất. Mô hình CMAQ đánh giá sự ổn định và bất ổn định bằng cách sử dụng phương pháp kháng khí động học:

$$V_d = \frac{1}{r_a + r_b + r_c}$$

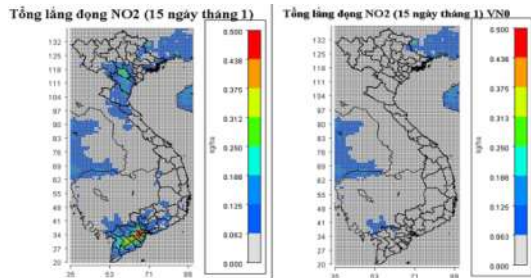
Trong đó:  $V_d$  là tốc độ lắng đọng;  $r_a$  là trở kháng khí động học (aerodynamic resistance),  $r_b$  là trở kháng đoạn tầng;  $r_c$  là trở kháng bề mặt.

## 3. Kết quả và thảo luận

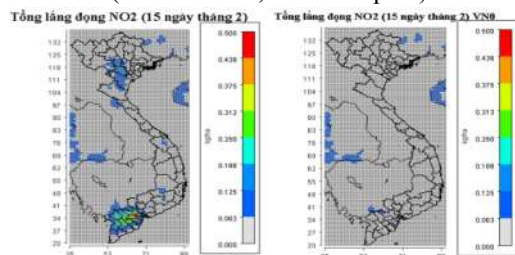
Mô hình tính toán cho 2 kịch bản (KB) khác nhau: kịch bản 1 (KB1) là tính toán với trường hợp phát thải đầy đủ, kịch bản 2 (KB2) tính toán cho trường hợp phát thải của Việt Nam bằng 0.

Với thời gian tính toán 15 ngày cho các tháng 1, 2, 6 và 8 trong năm 2013 cho 02 KB khác nhau để đánh giá sự ảnh hưởng lan truyền xuyên biên giới trong mùa đông và mùa hè.

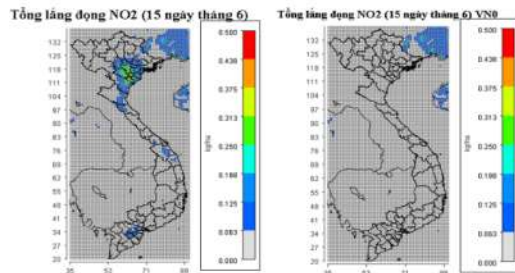
### 3.1. Lắng đọng $\text{NO}_2$



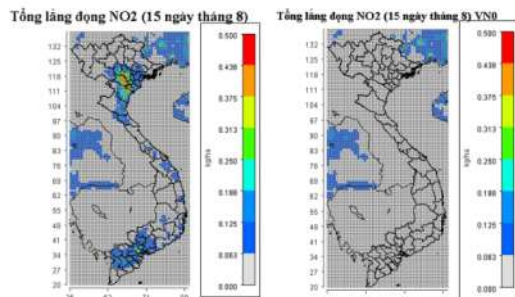
Hình 2. Tổng lắng đọng  $\text{NO}_2$  15 ngày trong tháng 1 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).



Hình 3. Tổng lắng đọng  $\text{NO}_2$  15 ngày trong tháng 2 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).



Hình 4. Tổng lắng đọng  $\text{NO}_2$  15 ngày trong tháng 6 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).



Hình 5. Tổng lắng đọng  $\text{NO}_2$  15 ngày trong tháng 8 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).

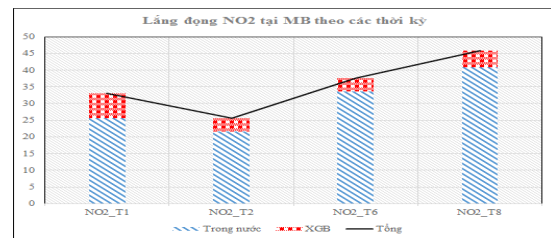
Với các hình 2, 3, 4 và 5 thể hiện tổng lắng đọng  $\text{NO}_2$  trong 15 ngày với các tháng 1,

2, 6 và 8 cho khu vực Việt Nam với 02 KB tính toán.

Bảng 1. Tổng lắng đọng  $\text{NO}_2$  tại MB theo các KB

| Tổng lắng đọng tại MB theo các KB (kg/ha) |       |       |       |      |
|---|-------|-------|-------|------|
|   | T1    | T2    | T6    | T8   |
| KB1                                       | 33.02 | 25.55 | 37.57 | 45.9 |
| KB2                                       | 7.37  | 4     | 4.05  | 5.11 |

Theo KB1, tại khu vực Miền Bắc Việt Nam có lượng lắng đọng  $\text{NO}_2$  cao nhất vào tháng 8 và thấp nhất vào tháng 2. Với KB2, tại khu vực Miền Bắc Việt Nam có lượng lắng đọng  $\text{NO}_2$  cao nhất vào tháng 1 và thấp nhất vào tháng 2.



Hình 6. Mức độ lắng đọng tại MB theo các tháng (kg/ha).

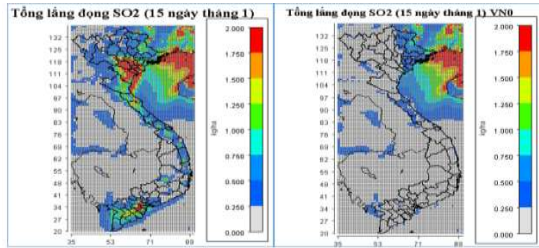
Với hình 6 và bảng 1 có thể thấy rõ, vào tháng 1 tại miền Bắc Việt Nam lượng lắng đọng  $\text{NO}_2$  có nguồn gốc từ các quốc gia lân cận nhiều nhất và tháng 6 có mức độ thấp nhất. Theo kết quả tính toán tỷ lệ lắng đọng  $\text{NO}_2$  có nguồn gốc từ các quốc gia lân cận vào các tháng 1, 2, 6 và 8 lần lượt là: 22,31%, 15,66%, 10,78% và 11,13%.

Có thể nhận thấy, sự ảnh hưởng của vấn đề xuyên biên giới đến lắng đọng khô phân biệt theo mùa đông và mùa hè, vào mùa đông (tháng 1, 2) khu vực Miền Bắc VN chịu ảnh hưởng nhiều hơn so với mùa hè (tháng 6, 8).

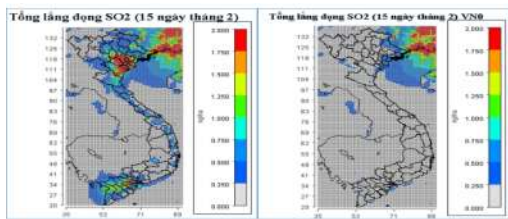
Theo [3], ô nhiễm không khí từ Trung Quốc ảnh hưởng đến Miền Bắc Việt Nam đối với  $\text{NO}_2$  vào mùa đông và mùa hè lần lượt là: 48% và 1,5%. Với kết quả tính toán, khu vực Miền Bắc VN chịu ảnh hưởng lắng đọng có nguồn gốc từ các khu vực lân cận vào mùa đông và mùa hè đối với  $\text{NO}_2$  lượt là: 15,66% - 22,31% và 10,78% - 11,13%.

### 3.2. Lắng đọng $SO_2$

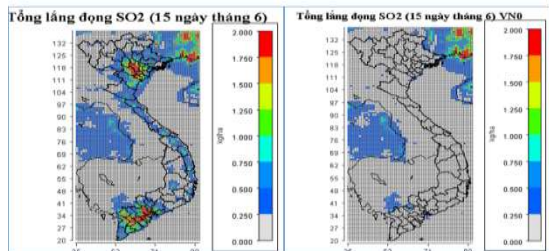
Vào mùa đông ô nhiễm không khí từ Trung Quốc ảnh hưởng đến Việt Nam rất lớn 55% đối với  $SO_2$  [2]. Với tỷ lệ ô nhiễm không khí có tỷ lệ rất lớn từ Trung Quốc di chuyển sang Việt Nam, việc đánh giá mức độ lắng đọng  $SO_2$  có nguồn gốc từ các quốc gia lân cận rất cần thiết.



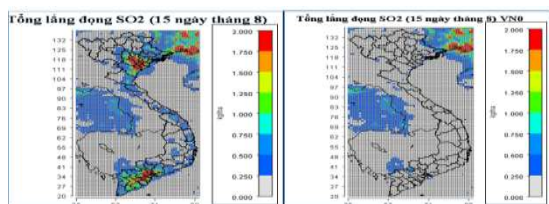
Hình 7. Tổng lắng đọng  $SO_2$  15 ngày trong tháng 1 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).



Hình 8. Tổng lắng đọng  $SO_2$  15 ngày trong tháng 2 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).



Hình 9. Tổng lắng đọng  $SO_2$  15 ngày trong tháng 6 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).



Hình 10. Tổng lắng đọng  $SO_2$  15 ngày trong tháng 8 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).

Khu vực Miền Bắc Việt Nam trong KB1 có tổng lắng đọng theo các tháng 1, 2, 6, 8 lần lượt là: 465,55 kg/ha, 438,63 kg/ha, 288,96 kg/ha, 307,95 kg/ha. Lắng đọng  $SO_2$  tại MB VN lớn nhất vào tháng 1 và thấp nhất vào tháng 6. Tỷ lệ lắng đọng giữa MB VN và cả VN lần lượt theo các tháng là: 43,78%, 48,8%, 33,31%, 35,44%. Tỷ lệ này lớn vào mùa đông và thấp vào mùa hè.

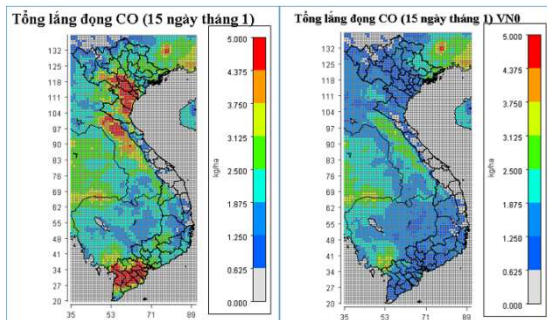
Với KB2 khi phát thải tại Việt Nam bằng 0, lượng lắng đọng  $SO_2$  tại Miền Bắc Việt Nam chủ yếu từ các quốc gia lân cận di chuyển đến. Theo kết quả tính toán, lượng lắng đọng tại Miền Bắc Việt Nam theo các tháng 1, 2, 6, 8 lần lượt là: 133,18 kg/ha, 89,41 kg/ha, 43,73 kg/ha, 38,9 kg/ha.

Theo những kết quả của KB2 có thể thấy lắng đọng vào mùa đông luôn cao hơn vào mùa hè. Tuy nhiên khác với KB1, trong KB2 lắng đọng vào mùa đông cao hơn khoảng 4 lần so với mùa hè, trong khi với KB1 lắng đọng vào mùa đông cao hơn mùa hè khoảng 1,2 lần. Nguyên nhân có lẽ do sự ảnh hưởng của Trung Quốc dẫn đến sự chênh lệch tỷ lệ lớn như vậy. Tỷ lệ % giữa Miền Bắc và cả Việt Nam theo các tháng giữa KB2 và KB1 cũng có sự chênh lệch khá lớn, tỷ lệ giữa KB2 lớn hơn KB1 khoảng 20% vào các tháng.

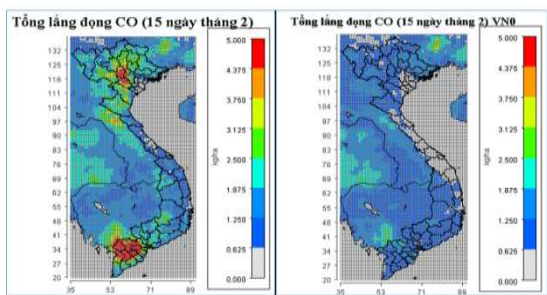
Tỷ lệ lắng đọng  $SO_2$  có nguồn gốc từ các quốc gia lân cận tại Miền Bắc vào các tháng 1, 2, 6 và 8 lần lượt là: 28,61, 20,38, 15,13, 12,63. Chúng ta có thể thấy rõ nguồn gốc lắng đọng  $SO_2$  tại Miền Bắc có nguồn gốc từ các khu vực còn lại chiếm tỷ lệ bao nhiêu %. Với khu vực Miền Bắc Việt Nam lại có lắng đọng từ các khu vực khác lên tới 28,61%. Vào mùa đông lắng đọng  $SO_2$  từ các khu vực lân cận cao hơn vào mùa hè khoảng 2 lần.

### 3.3. Lắng đọng CO

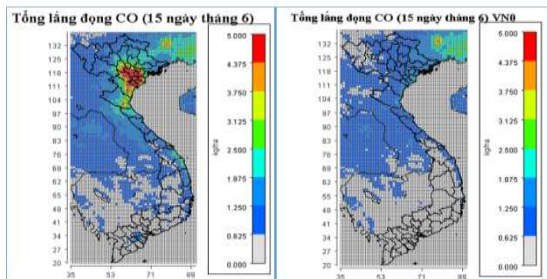
Với KB 1, tổng lắng đọng CO vào tập trung chủ yếu tại khu vực đồng bằng sông Hồng và khu vực đồng bằng sông Cửu Long, tuy nhiên vào tháng 6 khu vực đồng bằng sông Cửu Long có lượng lắng đọng CO rất ít.



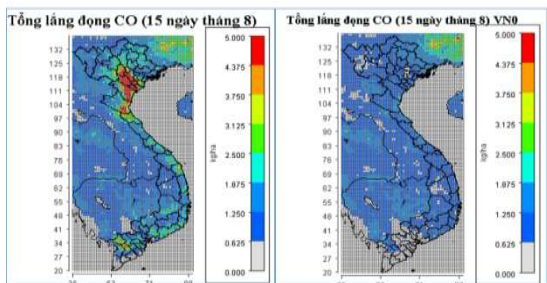
Hình 11. Tổng lắng đọng CO 15 ngày trong tháng 1 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).



Hình 12. Tổng lắng đọng CO 15 ngày trong tháng 2 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).



Hình 13. Tổng lắng đọng CO 15 ngày trong tháng 6 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).



Hình 14. Tổng lắng đọng CO 15 ngày trong tháng 8 (KB1 bên trái, KB2 bên phải).

Với KB2, tổng phân bố lắng đọng CO trên Việt Nam rất khác so với SO<sub>2</sub> và NO<sub>2</sub>, phân bố CO có tính trải đều trên lãnh thổ Việt Nam. Vào mùa đông lượng lắng đọng CO cũng luôn cao hơn so với mùa hè.

Tỷ lệ lắng đọng CO tại Miền Bắc có nguồn gốc xuyên biên giới luôn chiếm hơn 40% vào các thời kỳ khác nhau.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã bước đầu phân tích đánh giá ảnh hưởng của vấn đề xuyên biên giới đến lắng đọng khô cho khu vực Việt Nam.

Với lắng đọng khô CO tại Việt Nam và khu vực Miền Bắc Việt Nam có nguồn gốc từ các khu vực lân cận lên đến hơn 40%.

Với lắng đọng khô SO<sub>2</sub>, với khu vực Việt Nam, tỷ lệ cao nhất vào tháng 1 lên đến 20,67%, nguồn này chủ yếu từ Trung Quốc sang chiếm tỷ lệ chủ yếu dưới sự ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc. Cũng vào tháng 1 khu vực Miền Bắc Việt Nam lại có lắng đọng từ các khu vực khác lên tới 28,61%. Vào mùa đông lắng đọng SO<sub>2</sub> từ các khu vực lân cận cao hơn vào mùa hè khoảng 2 lần.

Với lắng đọng khô NO<sub>2</sub> cho khu vực Miền Bắc Việt Nam có nguồn gốc từ các khu vực lân cận vào mùa đông và mùa hè đối với NO<sub>2</sub> lượt là: 15,66% - 22,31% và 10,78% - 11,13%.

Cần có những nghiên cứu sâu hơn về vấn đề lắng đọng axit xuyên biên giới.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] BTNMT, Báo cáo Môi trường quốc gia 2013 - Môi trường không khí, 2014.
- [2] Dương Hồng Sơn, Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của ô nhiễm không khí xuyên biên giới đến miền Bắc Việt Nam, ứng dụng công nghệ tiên tiến, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ TNMT, 2013.
- [3] Dương Hồng Sơn, Nghiên cứu cơ sở khoa học nhằm đánh giá lan truyền ô nhiễm không khí

- xuyên biên giới, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học, 2007.
- [4] [www.cmascenter.org/cmaq/](http://www.cmascenter.org/cmaq/)
- [5] Arya, S.P., Air Pollution Meteorology and Dispersion. Oxford University Press, New York, NY, 1999.
- [6] Wesley, Parameterizations of surface resistances to gaseous dry deposition in regional scale numerical models, Atmospheric Environment, 23 (1989) 1293.
- [7] Walcek, C.J., A theoretical estimate of O<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dry deposition over the northeast United States, Atmospheric Environment, 21 (1987) 2649-1659.
- [8] Cabaraban, M. T. I., et al., "Modeling of air pollutant removal by dry deposition to urban trees using a WRF/CMAQ/i-Tree Eco coupled system", Environmental Pollution 176 (2013) 123-133.
- [9] Park, R. J., et al., "An evaluation of ozone dry deposition simulations in East Asia", Atmos. Chem. Phys. 14(15) (2014) 7929.
- [10] Sharon B. Phillips, V. P. A., Daiwen Kang, S. Pal Arya, "Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina", International Journal of Global Environmental Issues 6 (2006) 21.
- [11] Murano, K., Mukai, H., Hatakeyama, S., Suk Jang, E., & Uno, I., "Trans-boundary air pollution over remote islands in Japan: observed data and estimates from a numerical model". Atmospheric Environment, 34(29-30) (2000) 5139-5149. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(00\)00319-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00319-8)

## Assessment of Transboundary Pollution Influences on Dry Deposition in the Air in Vietnam by Applying WRF-CMAQ Modeling Approach

Dam Duy An<sup>1</sup>, Le Van Linh<sup>2</sup>, Dam Duy Hung<sup>2</sup>, Mai Trong Thong<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Central Center for Environmental Training and Communication,  
Vietnam Environment Administration, 556 Nguyen Van Cu, Hanoi

<sup>2</sup>Center for Environmental Research, Vietnam Vietnam Institute of Meteorology,  
Hydrology and Climate Change, 23/62 Nguyen Chi Thanh, Hanoi

<sup>3</sup>Institute of Geography, Viet Nam Academy of Science and Technology, 18 Hoang Quoc Viet, Hanoi, Vietnam

**Abstract:** In this study, we used modeling methodology to assess the impact of trans-boundary air pollution on dry deposition in the North of Vietnam. The Community Multi-scale Air Quality (CMAQ) model in combination with weather forecasting WRF model was used to calculate the dry deposition for Vietnam areas. The estimate of dry deposition in winter and summer 2013 presents the higher concentration of dry deposition in the winter compared to summer at Hanoi and Hoa Binh site. However, the HNO<sub>3</sub> deposition trend, with the high concentrations found in summer and low in winter, is in opposite compared to NH<sub>3</sub> due to Nitrogen oxidation reaction.

**Keywords:** Dry deposition, CMAQ, trans-boundary, North of Vietnam, air pollution.