



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

HÀ NỘI 14 - 11 - 2024

ERSD 2024



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

MỤC LỤC

Ban tổ chức hội nghị	i
Mục lục.....	iii
Lời nói đầu	v
Chương trình hội nghị	vii
Tiểu ban Dữ liệu lớn và chuyển đổi số trong khoa học trái đất, tài nguyên môi trường.....	1
Tiểu ban Trí tuệ nhân tạo, IOT, Blockchain và ứng dụng.....	38
Tiểu ban Cơ - Điện.....	71
Tiểu ban Dầu khí tích hợp.....	114
Tiểu ban Địa chất và tài nguyên du lịch.....	238
Tiểu ban Địa chất công trình - Địa kỹ thuật.....	312
Tiểu ban Địa chất thủy văn và Tài nguyên nước.....	430
Tiểu ban Tài nguyên địa chất và Quản lý bền vững.....	516
Tiểu ban Quản lý tài nguyên và Môi trường.....	597
Tiểu ban Công nghệ mới trong xử lý môi trường.....	730
Tiểu ban Phát triển bền vững khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường.....	818
Tiểu ban Phát triển bền vững công nghiệp khai thác và Quản lý an toàn.....	899
Tiểu ban Những tiến bộ trong chế biến khoáng sản và tái chế.....	971
Tiểu ban Xây dựng công trình với phát triển bền vững.....	1039
Tiểu ban Kỹ thuật Trắc địa - Bản đồ và Hệ thống thông tin địa lý.....	1301
Tiểu ban Vật lý, Hóa học và ứng dụng.....	1384
Tiểu ban Toán, Cơ học và ứng dụng.....	1512
Tiểu ban Ngôn ngữ học.....	1634

**TIỂU BAN
CÔNG NGHỆ MỚI
TRONG XỬ LÝ MÔI TRƯỜNG**

MỤC LỤC

Bàn về khả năng khai thác nước dưới đất của nhà máy cấp nước khu công nghiệp Sa Đéc tỉnh Đồng Tháp <i>Đỗ Văn Bình, Trần Thị Thanh Thủy, Dương Thị Thanh Xuyên</i>	732
Đánh giá sự phân bố vi nhựa trong trầm tích tại cửa sông Cái (Khánh Hòa) <i>Tạ Lê Đăng Khôi, Nguyễn Thị Thanh Hoài, Lê Hùng Phú, Trần Anh Quân, Hoàng Văn Lương, Vu Ngọc Toàn, Trần Thị Thu Hương</i>	737
Đánh giá tính hợp lý của các giếng khai thác nước dưới đất tại trạm cấp nước Dương Nội, Hà Đông <i>Đỗ Văn Bình, Dương Thị Thanh Xuyên, Đỗ Thị Hải, Trần Thị Kim Hà</i>	743
Kết quả khảo sát hoạt độ phóng xạ trong nước biển khu vực Hải Phòng - Quảng Ninh <i>Nguyễn Văn Dũng, Nguyễn Thị Thu Trang, Lê Anh Thơ, Bùi Chí Tiến</i>	749
Đánh giá chất lượng môi trường đất và nước tại một số làng nghề chế tác kim loại và cơ kim khí <i>Nguyễn Mai Hoa</i>	754
Đánh giá lan truyền bụi từ trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình, Lai Châu sử dụng ứng dụng mô hình METI-LIS <i>Trần Anh Quân, Phạm Đức Bình</i>	760
Tối ưu hóa quá trình hòa tách bộ phận nam châm trong ổ cứng đã qua sử dụng để thu hồi kim loại đất hiếm <i>Phạm Khánh Huy</i>	767
Nghiên cứu hiệu quả dự báo chất lượng nước mặt bằng các mô hình học máy: ứng dụng tại sông Ba Chẽ, tỉnh Quảng Ninh <i>Nguyễn Thị Hồng, Nguyễn Thị Thu Huyền, Đào Trung Thành</i>	773
Nghiên cứu vai trò của chủng nấm <i>Curvularia lunata</i> trong kích thích sinh trưởng và xử lý ô nhiễm môi trường <i>Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Thị Hồng, Trần Thị Ngọc, Nguyễn Phương Đông, Nguyễn Thị Nhạn</i>	779
Ảnh hưởng của bộ rễ thực vật đến việc loại bỏ hợp chất 4-Nitrophenon trong nước <i>Nguyễn Hoàng Nam, Nguyễn Hoàng Nam Anh, Nguyễn Mạnh Hà, Phạm Việt Đức</i>	784
Nghiên cứu đánh giá vai trò của chủng vi nấm <i>Trichoderma harzianum</i> <i>Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Văn Dũng, Nguyễn Thị Nhạn</i>	790
Hiệu quả xử lý Benzen, Methyl- <i>tert</i> -butylether trong nước ngầm của hệ thống constructed wetland dòng chảy ngang dưới bề mặt <i>Nguyễn Hoàng Nam, Nguyễn Hoàng Nam Anh, Nguyễn Việt Hùng, Phạm Việt Đức</i>	796
Chuyển đổi số với ngành công nghiệp môi trường ứng dụng với các doanh nghiệp khai khoáng ở Việt Nam <i>Nguyễn Ngọc Bảo, Nông Việt Hùng, Dương Phi Hùng, Nguyễn Thị Thu Hương, Nông Việt Trung, Nguyễn Hồng Thái, Ngô Thái Vinh, Dương Mai Yến</i>	803
Nghiên cứu công nghệ phân tách, thu hồi bụi than, sắt và khoáng silica từ tro bay nhà máy nhiệt điện hướng đến sản xuất nguyên liệu công nghiệp theo mô hình kinh tế tuần hoàn <i>Nông Việt Hùng, Nguyễn Ngọc Bảo, Dương Phi Hùng, Nguyễn Thị Thu Hương, Nông Việt Trung, Vũ Mạnh Anh, Nguyễn Ngọc Trục, Ngô Thái Vinh, Dương Mai Yến</i>	807
Đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải và sức chịu tải của sông Ngũ Huyện Khê thuộc địa bàn tỉnh Bắc Ninh <i>Nguyễn Thị Hoà</i>	812

Hiệu quả xử lý Benzen, Methyl-*tert*-butylether trong nước ngầm của hệ thống constructed wetland dòng chảy ngang dưới bề mặt

Nguyễn Hoàng Nam^{1,*}, Nguyễn Hoàng Nam Anh¹, Nguyễn Việt Hùng¹, Phạm Việt Đức²

¹Trường Đại học Mở - Địa chất

²Viện Hoá học môi trường Quân sự

TÓM TẮT

Bài báo đưa ra kết quả của quá trình nghiên cứu xử lý nước ngầm bị ô nhiễm benzen, metyl tert-butyl ete (MTBE) được thử nghiệm trên quy mô phòng thí nghiệm, sử dụng hệ thống constructed wetland dòng chảy ngang CW-SSF. Hệ thống sử dụng vật liệu nền là sỏi, được trồng loài thực vật *Phragmites australis*, thời gian lưu 2,5 ngày. Hiệu quả loại bỏ đạt rất cao đối với các chất ô nhiễm benzen và MTBE, giá trị trung bình đạt được lần lượt là 83,07% (624,39 mg/m².d) và 73,46% (106,73 mg/m².d). Nó mở ra hướng đi mới cho việc xử lý nước ngầm bị ô nhiễm các chất hữu cơ khó phân hủy.

Từ khóa: Benzen; MTBE; CW, xử lý; nước ngầm.

1. Đặt vấn đề

Ngành công nghiệp phát triển đặc biệt là công nghiệp hóa chất nó mang lại kinh tế cho đất nước, tuy nhiên, nó có thể gây ô nhiễm đất, nước và không khí, đặc biệt là nước ngầm ở quy mô lớn nơi sản xuất hoá chất. Nước ngầm là nguồn nước chính cung cấp cho sản xuất nước sinh hoạt, khi nước ngầm bị ô nhiễm, nó là một vấn đề nan giải vì thường không thể xác định được nguồn gây ô nhiễm và khó xử lý hoàn toàn các chất ô nhiễm, nó gây thảm họa cho môi trường và đe dọa sức khỏe con người.

Tại khu công nghiệp sản xuất hoá chất ở Việt Nam, mặc dù cũng đã có các giải pháp xử lý các chất ô nhiễm. Tuy nhiên, việc xử lý nước ngầm bị ô nhiễm bằng các phương pháp thông thường thường phức tạp, tốn kém và thực tế không thể xử lý triệt để một số chất ô nhiễm khó phân hủy như Benzen hay MTBE (metyl tert-butyl ete). Các hydrocacbon thơm như benzen và các hợp chất ete như MTBE nó được sử dụng rất phổ biến trong công nghiệp làm dung môi hữu cơ, làm chất chống kích nổ trong xăng,... khi nước ngầm bị ô nhiễm chúng gây nguy hiểm cho chất lượng nước ngầm.

Hiện nay, việc sử dụng các phương pháp nâng cao như oxy hoá, quang xúc tác, màng thẩm thấu ngược,... đang được nghiên cứu chuyên sâu. Các phương pháp xử lý tại chỗ đặc biệt hấp dẫn vì chúng thường có thể được thực hiện với ít năng lượng, chi phí và không có sự can thiệp lớn vào các điều kiện tự nhiên. Một trong những lựa chọn được sử dụng để xử lý nước ngầm bị ô nhiễm Benzen hay MTBE là hệ thống Constructed wetland (CW). Phương pháp này ngày càng được sử dụng nhiều hơn trong những năm gần đây để xử lý các chất hữu cơ ô nhiễm trong nước. Tuy nhiên, các quá trình diễn ra trong hệ thống CW cho đến nay vẫn chưa được hiểu rõ đầy đủ.

Sử dụng công nghệ wetland để loại bỏ các chất ô nhiễm Benzen hay MTBE thông qua các quá trình vật lý, hoá học, sinh học của vùng rễ như sự tiết ra oxy, tiết ra các hợp chất hữu cơ, sự tiếp nhận các chất ô nhiễm của thực vật, sự hấp phụ, bay hơi,... Sự phân hủy các chất ô nhiễm đặc biệt là các hợp chất hữu cơ như Benzen hay MTBE ở vùng rễ của thực vật chịu ảnh hưởng rất lớn của vi sinh vật. Quá trình sinh học của vi sinh vật ở vùng rễ bị ảnh hưởng bởi sự tiết ra các hợp chất hữu cơ hoặc oxy của thực vật, nó phụ thuộc vào quần thể, mật độ vi sinh vật, tính đa dạng của vi sinh vật và tiềm năng sinh hóa cao tương ứng (Nguyễn Hoàng Nam, 2023). Các cơ chế quan trọng loại bỏ các hợp chất hữu cơ như Benzen hay MTBE trong hệ thống CWs là oxy hóa, trao đổi ion, tiếp nhận của thực vật, hấp phụ, lọc, bay hơi (Cooper và nnk, 1996; Matagi và nnk, 1998; Kalin, 2004; Kosolapov và nnk, 2004; Mayes và nnk, 2009).

Mức độ ảnh hưởng thực tế của loại hệ thống CW của loài thực vật đến hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm Benzen hay MTBE rất khó định lượng. Sự đóng góp của các quá trình vi sinh vật khác nhau vào sự phân hủy các chất gây ô nhiễm và sự phụ thuộc của chúng vào loại hệ thống CW, điều kiện môi trường cũng chỉ

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenhoangnam@humg.edu.vn

được biết một phần. Để hiểu biết rõ hiệu quả loại bỏ của hệ thống CW và đưa ra nhận định về những thay đổi liên quan đến chất ô nhiễm trong vùng rễ và do đó nâng cao mức độ hiểu biết về sự tương tác trong các hệ thống. Bài báo này là nghiên cứu đánh giá hiệu quả loại bỏ của hệ thống CW dòng chảy ngầm dưới bề mặt (SSF-CW), được trồng loài thực vật *Phalaris arundinacea* (Hệ thống và loài thực vật phù hợp với điều kiện ở Việt Nam) được sử dụng để đánh giá hiệu quả loại bỏ hợp chất vòng thơm đại diện là benzen và hợp chất ete đại diện là MTBE.

2. Thực nghiệm

2.1. Hệ thống CWs và điều kiện tiến hành thí nghiệm

Hệ thống CWs được làm bằng vật liệu polymer với kích thước $100\text{ cm} \times 15\text{ cm} \times 35\text{ cm}$. Hệ thống được cho vào 66 kg sỏi kích cỡ ($5 \div 25\text{ mm}$) đến độ cao 35 cm. Mức nước trong bể là 3 cm thấp hơn bề mặt của sỏi trong hệ thống. Thể tích nước rỗng chứa trong cả hệ thống là 18,5 lít. Trong hệ thống *Phalaris arundinacea* 800÷900 cây/m².



Hình 1. Hệ thống CW được trồng *Ph. australis* sử dụng cho xử lý nước ngầm nhiễm Benzen và MTBE.

Nước ngầm nhân tạo được bơm vào hệ thống một cách liên tục thông qua bơm định lượng với lưu lượng 7,5 l/d tương ứng với thời gian lưu thủy lực là 2,5 ngày.

2.2. Lấy mẫu và phân tích mẫu

Các mẫu được lấy 3 lần trong tuần tại vị trí đầu vào, đầu ra của hệ thống. Mẫu được đựng và bảo quản trong chai đựng mẫu bằng thủy tinh. Trước khi cho mẫu vào, chai đựng mẫu được loại bỏ hết không khí bằng khí N₂. Mẫu chưa phân tích ngay được bảo quản trong tủ lạnh ở điều kiện nhiệt độ -20°C.

Trước khi phân tích Benzen và MTBE, mẫu được lọc bằng màng lọc kích cỡ 0,45 µm thực hiện theo DIN 38404-6, 1984.

Việc xác định nhanh chóng, thường xuyên nồng độ Benzen và MTBE được phân tích bằng máy sắc ký khí (GC) của hãng Hewlett Packard (HP), Series 6890 GC, sử dụng cột sắc ký Agilent 124-0034 DB-MTBE dài 30 m và đường kính trong 0,45 mm, độ dày màng hấp phụ bên trong cột là 2,55 µm. Detector ion hóa ngọn lửa (FID) được sử dụng, N₂ được sử dụng làm khí mang.

Giá trị pH của mẫu được đo bằng điện cực pH trên máy đo (WTW: Multi 340i and pH-Electrode SenTix 41, detection accuracy $\pm 0,01\text{ pH-value}$).

Thế oxy hoá khử được đo bằng điện cực oxi hóa khử (hệ điện cực Pt-Ag /AgCl/Cl) của hãng Metrom thuy sỹ.

$$Eh(tt) = Eh(\text{đo}) + Eh(ss)$$

Trong đó:

- Eh(tt) thế oxy hoá khử thực;
- Eh(đo): thế oxy hoá khử đo được;
- Eh(ss): thế oxy hoá khử của điện cực so sánh (điện cực Ag /AgCl/Cl dung dịch KCl 3M).

2.3. Nước ngầm nhân tạo

Nước ngầm nhân tạo sử dụng trong nghiên cứu được pha chế bằng cách lấy Benzen và MTBE pha trong nước ngầm với hàm lượng của Benzen là.

3. Kết quả và thảo luận

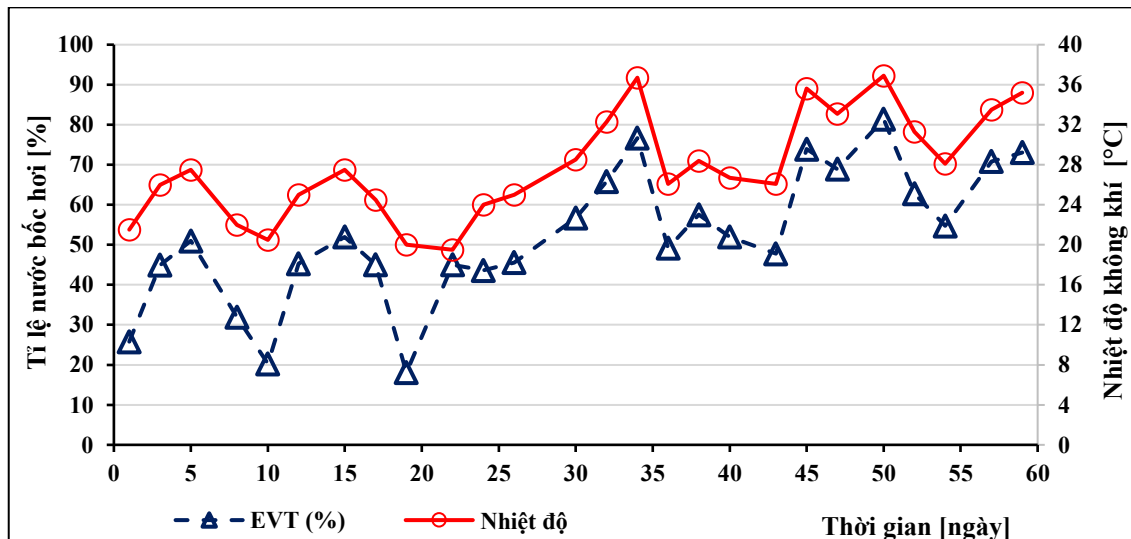
3.1. Tỷ lệ bốc hơi nước trong hệ thống CW

Hình 2 biểu diễn tỉ lệ bốc hơi nước trong thời gian nghiên cứu của hệ thống CW cũng như nhiệt độ không khí trung bình ngày trong khoảng thời gian từ 03/4/2023 đến tháng 31/5/2023.

Nhiệt độ được đo vào thời điểm lấy mẫu thấp nhất là 19,5°C vào ngày 24 tháng 4 và nhiệt độ cao nhất

là 36,9°C vào ngày 22 tháng 5. Trong khoảng thời gian nghiên cứu, nhiệt độ thay đổi không tuân theo quy luật, tuy nhiên, khi nhiệt độ cao, gió mạnh dẫn đến sự bốc hơi nước của CW tăng lên. Nhìn chung, tỉ lệ bốc hơi nước từ đầu tháng 5 trở đi tương đối cao. Trong hệ thống có vật liệu nền, có dòng chảy ngầm, sự thoát hơi nước bị cản trở bởi vật liệu nền, sự bốc hơi nước chủ yếu là do nước thoát ra qua lá của thực vật chứ không phải do sự bay hơi nước từ bề mặt.

Khi lượng nước bốc hơi càng mạnh, nó ảnh hưởng không nhỏ đến hàm lượng chất ô nhiễm ở đầu ra mặc dù hiệu quả xử lý không thay đổi. Tỉ lệ bốc hơi nước cao, làm cho nồng độ chất ô nhiễm ở đầu ra có thể cao hơn so với đầu vào do bị cô đặc.

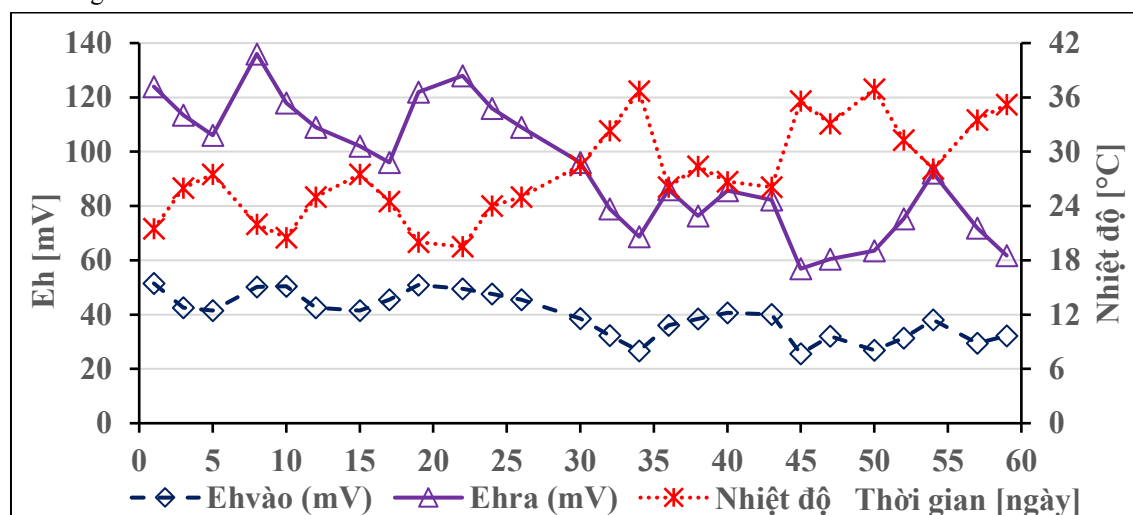


Hình 2. Tỉ lệ bốc hơi nước trong hệ thống CW theo nhiệt độ.

Tuy nhiên, khi nhiệt độ môi trường cao, nó có tác động tích cực đến hoạt động của vi sinh vật trong quá trình xử lý chất ô nhiễm (Nguyễn Hoàng Nam, 2023).

3.2. Sự thay đổi của thế oxy hoá khử

Kết quả khảo sát thế oxy hoá khử ở đầu vào và đầu ra của hệ thống CW trong 2 tháng vận hành được chỉ ra trong Hình 3.



Hình 3. Thế oxy hoá khử ở đầu vào và đầu ra của hệ thống CW.

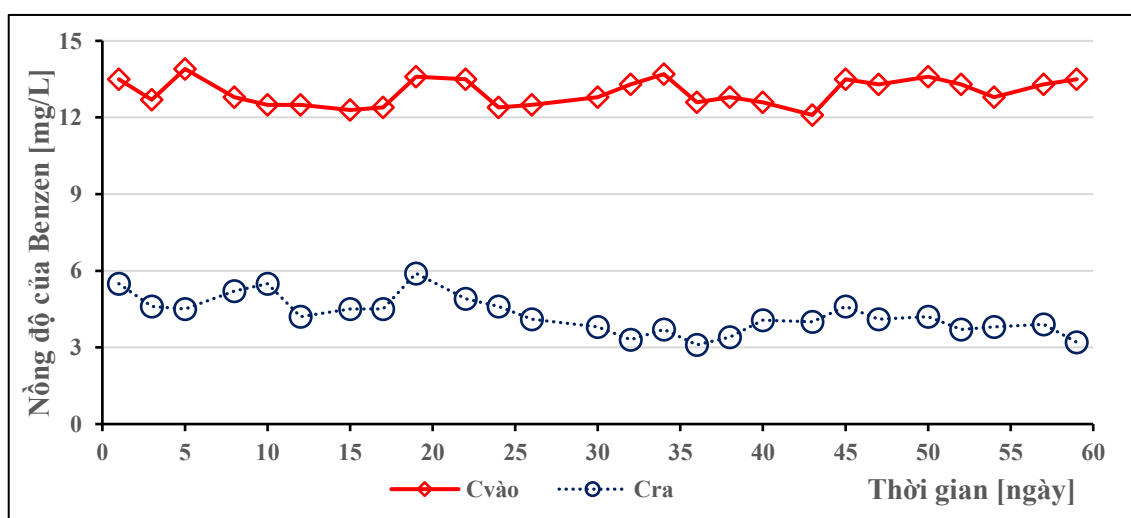
Kết quả thu được cho thấy: Eh ở đầu vào thay đổi theo nhiệt độ, giá trị của nó từ 25,6 đến 51,5 mV trong khi đó thế oxy hoá khử ở đầu ra cao hơn. Thế oxy hoá khử trong dung dịch phụ thuộc vào dạng oxy hoá khử, phụ thuộc vào nồng độ của các cặp oxy hoá khử liên hợp, phụ thuộc vào lượng oxy hoá tan trong dung dịch. Ở đầu ra của hệ thống, thế oxy hoá khử cao hơn, điều này cho thấy ở đầu ra hàm lượng của các chất oxy hoá cao hơn ví dụ như O_2 hoà tan, hàm lượng chất hữu cơ, hoặc chất khử giảm. Điều này cho thấy có sự liên quan đến độ giảm của các chất hữu cơ như Benzen và MTBE.

Trong hệ thống CW đặc biệt là hệ thống dòng chảy ngầm, sự thâm nhập O_2 từ không khí gần như không đáng kể, chủ yếu được cung cấp bởi bộ rễ. O_2 hoà tan trong hệ thống đóng vai trò làm chất oxy hoá, nó oxy hoá các chất khử đưa chúng lên mức oxy hoá cao hơn như các hợp chất hữu cơ (C_6H_6 , MTBE) thành CO_2 và H_2O , mặt khác, các hợp chất hữu cơ đóng vai trò làm nguồn chất khử, nó có thể khử các hợp chất đa hoá trị về mức oxy hoá thấp hơn như Fe^{3+} thành Fe^{2+} ... (Omondi và Navalía, 2020; Stefanakis, 2020). Như vậy khi thể oxy hoá khử ở đầu ra cao hơn so với đầu vào chúng tỏ ở đầu ra có lượng O_2 hoà tan, đồng nghĩa với độ giảm đáng kể hàm lượng C_6H_6 , MTBE.

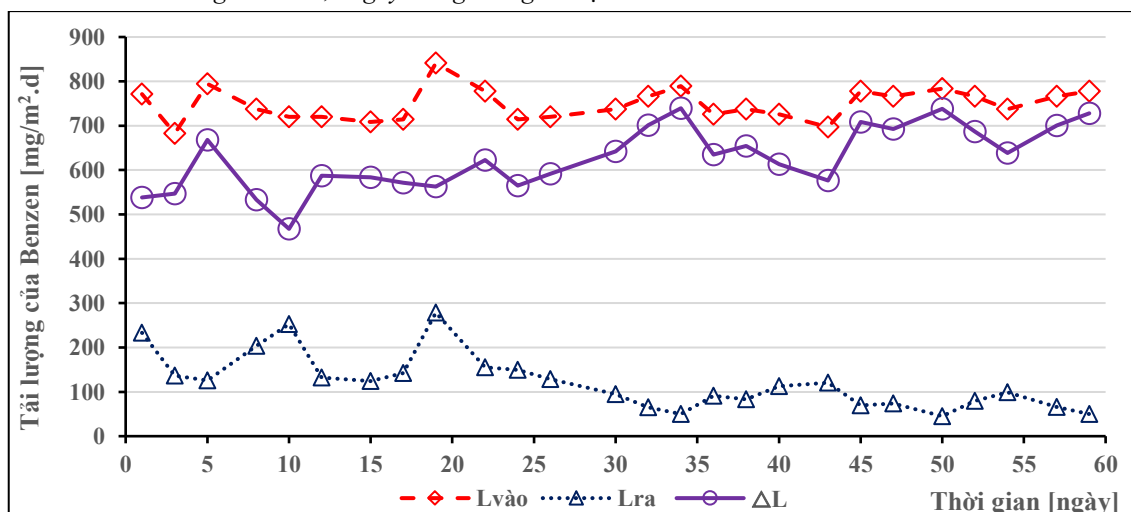
3.3. Hiệu quả loại bỏ của C_6H_6 , MTBE trong hệ thống CW

3.3.1. Hiệu quả loại bỏ C_6H_6

Hiệu quả loại bỏ C_6H_6 trong hệ thống CW dòng chảy ngầm với vật liệu nền là sỏi, được trồng loài thực vật *Phalaris arundinacea*, thời gian lưu 2,5 ngày, được chỉ ra trong Hình 4 và 5. Kết quả nghiên cứu thu được chỉ ra rằng trong suốt 2 tháng vận hành, hàm lượng của đầu vào của C_6H_6 dao động trong khoảng 12.1 đến 13,9 mg/L (giá trị trung bình khoảng 13 mg/L), sau khi đi qua hệ thống CW, hàm lượng C_6H_6 ở đầu ra chỉ còn dao động trong khoảng 3,1 đến 5,9 mg/L (giá trị trung bình khoảng 4,26 mg/L) (Hình 4) do giảm nồng độ trung bình đạt 67,13%.



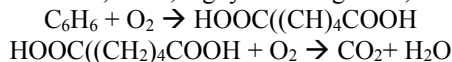
Hình 4. Sự giảm nồng độ của C_6H_6 sau khi đi qua hệ thống CW được trồng *Phalaris arundinacea* với thời gian lưu 2,5 ngày trong thời gian vận hành từ 3/4/2024 đến 31/5/2024.



Hình 5. Tải lượng đầu vào đầu ra của C_6H_6 của hệ thống CW được trồng *Phalaris arundinacea* với thời gian lưu 2,5 ngày trong thời gian vận hành từ 3/4/2024 đến 31/5/2024.

Trong khi đó, tải lượng đầu vào của C_6H_6 đối với hệ thống khá cao, giá trị của nó nằm trong khoảng 680 đến 793 $mg/m^2.d$ (giá trị trung bình 745,97 $mg/m^2.d$), sau khi đi qua hệ thống, tải lượng đầu ra của nó chỉ còn 45 đến 278 $mg/m^2.d$ (giá trị trung bình 121,57 $mg/m^2.d$) tương ứng với tải lượng loại bỏ trung bình đạt

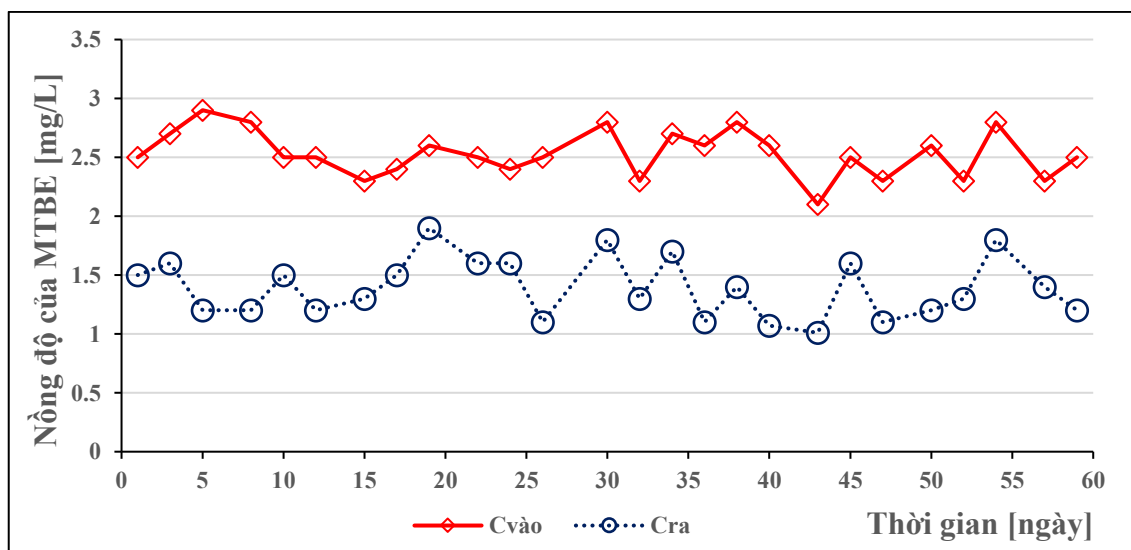
624,39 mg/m².d tương ứng với hiệu quả loại bỏ đạt 83,7%. Kết quả thu được cho thấy, việc sử dụng hệ thống CW được trồng *Phalaris arundinacea* khá hiệu quả trong việc loại bỏ C₆H₆. Hiệu quả loại bỏ Benzen cao nguyên nhân có thể thông qua quá trình sinh học hiếu khí trong vùng rễ, C₆H₆ dưới tác động của vi sinh vật trong vùng rễ tiếp nhận O₂ hoà tan do bộ rễ thực vật tiết ra chuyển hoá C₆H₆ thành các hợp chất hữu cơ mạch thẳng, qua đó nó tiếp tục được chuyển hoá thành các hợp chất hữu cơ mạch ngắn hơn hoặc thành CO₂ và H₂O (Rahman và nnk, 2020; Stefanakis, 2020; Nguyễn Hoàng Nam, 2023).



Sản phẩm thu được ít hoặc không độc hại với môi trường. Ngoài con đường sinh học, Ben zen còn có thể được bộ rễ tiếp nhận và nó có thể di chuyển lên thân rồi đến lá, phát tán vào môi trường, ngoài ra, việc loại bỏ Benzen trong hệ thống còn có thể bị hấp phụ bởi vật liệu nền của hệ thống. Mặc dù Benzen là hợp chất dễ bay hơi, nhưng vì là hệ thống CW dòng chảy ngầm dưới bề mặt nên nó ngăn cản quá trình bay hơi vật lý thông qua bề mặt nước, bởi vậy quá trình loại bỏ Benzen trong hệ thống này chủ yếu thông qua quá trình sinh học và hấp phụ (Nguyễn Hoàng Nam, 2019, 2023).

3.3.2. Hiệu quả loại bỏ MTBE

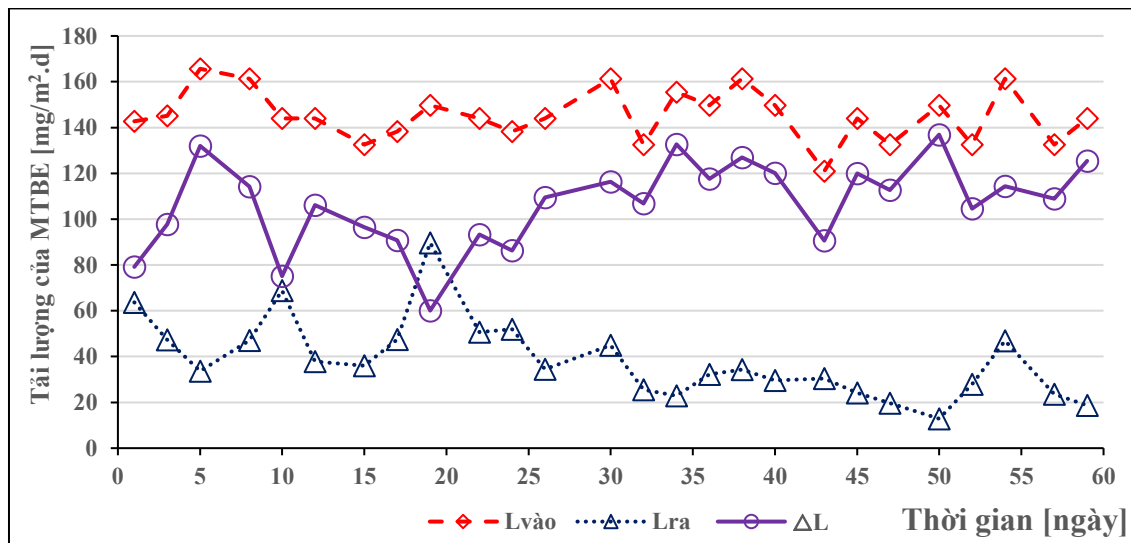
MTBE là hợp chất ete dễ bay hơi nên tồn tại trong nước ngầm với hàm lượng khá thấp so với Benzen, trong nước ngầm nghiên cứu, hàm lượng của MTBE thấp nhất là 2,1 mg/L và cao nhất là 2,9 mg/L, giá trị trung bình là 2,53 mg/L. Khi đi qua hệ thống CW, trong khoảng thời gian vận hành 2 tháng, hàm lượng MTBE giảm xuống, giá trị trung bình đạt 1,39 mg/L (giá trị nhỏ nhất đạt 1,01 mg/L và cao nhất khoảng 1,9 mg/L) (Hình 6). Ở đầu ra, mặc dù nồng độ của MTBE có giảm tuy nhiên do quá trình bốc hơi nước trong hệ thống, nó làm cho hàm lượng của MTBE bị cô đặc, qua đó thấy rằng hiệu quả loại bỏ không cao, giá trị của nó chỉ đạt khoảng 45%. Trong khi đó khi tính toán theo tải lượng, hiệu quả loại bỏ MTBE cao hơn nhiều, giá trị của nó đạt 73,47% (Hình 7). Tải lượng đầu vào của MTBE trung bình đạt 142,27 mg/m².d, ở đầu ra tải lượng trung bình khoảng 38,54 mg/m².d và độ giảm tải lượng trung bình đạt khoảng 106,73 mg/m².d.



Hình 6. Sự giảm nồng độ của MTBE sau khi đi qua hệ thống CW được trồng *Phalaris arundinacea* với thời gian lưu 2,5 ngày trong thời gian vận hành từ 3/4/2024 đến 31/5/2024.

So sánh với các công nghệ xử lý sinh học khác, thường khi hàm lượng chất ô nhiễm thấp, hiệu quả loại bỏ các chất ô nhiễm ở các hệ thống sinh học thông thường là không đáng kể (Nguyễn Hoàng Nam, 2019), trong khi đó, ở hệ thống CW SSF được trồng *Phalaris arundinacea* có thể loại bỏ được > 73% MTBE. Điều đó cho thấy tính vượt trội của hệ thống CW so với các hệ thống sinh học khác. Hiệu quả loại bỏ MTBE cao trong hệ thống CW có thể giải thích là do các quá trình sinh học vật lý, sự tiếp nhận của thực vật,... với thời gian lưu lớn hơn so với các hệ thống sinh học thông thường khác (2,5 ngày) các chất ô nhiễm hữu cơ như MTBE có đủ thời gian tiếp xúc với vi sinh vật thông qua quá trình khuếch tán, dưới tác động của vi sinh vật MTBE cũng như Benzen, tham gia phản ứng với O₂ do bộ rễ cung cấp để chuyển hoá thành các hợp chất hữu cơ mạch ngắn hoặc thành CO₂ và H₂O, qua đó loại bỏ được MTBE trong nước. Bên cạnh đó, quá trình loại bỏ MTBE cũng có thể được thông qua quá trình hấp phụ, quá trình lọc của vật liệu nền hoặc các hợp chất hữu cơ có trong hệ thống, nơi mà dòng nước thải đi qua. Nó có tác động lớn, loại bỏ được các chất ô nhiễm ngay cả ở nồng độ thấp. Ngoài ra, ở điều kiện khí hậu nhiệt đới, nhiệt độ không khí cao vào

mùa hè cũng tác động tích cực đến quá trình chuyển hoá các chất ô nhiễm đặc biệt là các hợp chất hữu cơ trong hệ thống CW.



Hình 7. Tải lượng đầu vào đầu ra của C_6H_6 của hệ thống CW được trồng *Phalaris arundinacea* với thời gian lưu 2.5 ngày trong thời gian vận hành từ 3/4/2024 đến 31/5/2024.

Từ kết quả nghiên cứu thu được cho thấy, đối với loài *Phalaris arundinacea*, có bộ rễ phát triển khỏe mạnh, cây phát triển mạnh trong quá trình xử lý, nó tác động tích cực đến hiệu quả loại bỏ các chất ô nhiễm hữu cơ khó phân huỷ như Benzen, MTBE (Yuan và nnk, 2020). Hệ thống CW sử dụng loại thực vật *Ph. australis* rất phù hợp để xử lý Benzen, MTBE có trong nước nói chung và nước ngầm nói riêng.

4. Kết luận

Đã nghiên cứu đánh giá hiệu quả xử lý Benzen, MTBE có trong nước ngầm trên hệ thống CW SSF với vật liệu nền là sỏi được trồng *Ph. australis*. Với thời gian lưu 2,5 ngày, hàm lượng đầu vào của Benzen khoảng 13 mg/L, tải lượng loại bỏ của hệ thống có thể đạt 624,39 mg/m².d. Trong khi đó, với hợp chất MTBE có nồng độ đầu vào thấp hơn khoảng 2,5 mg/L, tải lượng loại bỏ của hệ thống có thể đạt 106,73 mg/m².d. Nó cho thấy có thể mở ra một hướng đi mới sử dụng hệ thống CW SSF được trồng thực vật *Ph. australis* thay thế các công nghệ xử lý khác để xử lý hợp chất vòng thơm khó phân huỷ ngay cả ở nồng độ thấp.

Sử dụng hệ thống này vừa thân thiện với môi trường, vừa tạo cảnh quan đẹp và có chi phí vận hành, bảo trì và xử lý thấp, hiệu quả kinh tế cao phù hợp với điều kiện kinh tế của Việt Nam. Công nghệ này có thể triển khai ứng dụng để xử lý các hợp chất hữu cơ khó phân huỷ khác có trong nước một cách hiệu quả mà các công nghệ khác không thực hiện được.

Lời cảm ơn

Tác giả xin chân thành cảm ơn Trung tâm xử lý môi trường - Viện Khoa học Kỹ thuật Quân sự; Bộ Môn Hoá – Khoa Khoa học cơ bản – Trường đại học Mỏ - Địa chất, Trường Đại học Khoa học tự nhiên – Đại học Quốc Gia Hà Nội, Viện Công nghệ môi trường Đại học Bách Khoa Hà Nội đã tạo điều kiện, giúp đỡ trong quá trình nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

- Cooper, P. F., G. D. Job, M. B. Green and R. B. E. Shutes (1996). "Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment." Swindon, WRC publications.
- Kalin, M. (2004). "Passive Mine Water treatment: The Correct Approach?" Ecological Engineering 2: 299—304.
- Kosolapov, D. B., P. Kuschik, M. B. Vainshtein, A. V. Vatsourina, A. Wießner, M. Kästner and R. A. Müller (2004). "Microbial processes of heavy metal removal from carbon-deficient effluents in constructed wetlands." Eng. Life Sci. 4 (5): 403-411.
- Matagi, S. V., D. Swai and R. Mugabe (1998). "A review of heavy metal removal mechanisms in wetlands." Afr. J. Trop. Hydrobiol. Fish. 8: 23-35.
- Mayes, W. M., L. C. Batty, P. L. Younger, A. P. Jarvis, M. Koiv, C. Vohla and U. Mander (2009).

- "Wetland treatment at extremes of pH: A review." *Science of the Total Environment* 407(13): 3944-3957.
- Nguyễn Hoàng Nam (2019). *Thiết kế wetland cho xử lý nước thải*. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.
- Nguyễn Hoàng Nam (2023). *Công nghệ xử lý nước bằng thực vật*. NXB Giáo dục Việt Nam.
- Omondi, D. O. and A. C. Navalía (2020). Constructed Wetlands in Wastewater Treatment and Challenges of Emerging Resistant Genes Filtration and Reloading. *Inland Waters - Dynamics and Ecology*
- Rahman, M. E., M. I. E. B. Halmi, M. Y. B. A. Samad, M. K. Uddin, K. Mahmud, M. Y. A. Shukor, S. R. S. Abdullah and S. M. Shamsuzzaman (2020). "Review: Design, Operation and Optimization of Constructed Wetland for Removal of Pollutant." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17: 8339 -8379.
- Stefanakis, A. I. (2020). "Constructed Wetlands for Sustainable Wastewater Treatment in Hot and Arid Climates: Opportunities, Challenges and Case Studies in the Middle East." *Water* 12: 1665.
- Yuan, C., T. H. 1, X. Zhao and Y. Zhao (2020). "Numerical Models of Subsurface Flow Constructed Wetlands: Review and Future Development." *Sustainability* 12: 3498 -3514.

ABSTRACT

Effective removal of Benzene, Methyl-tert-butylether in groundwater of horizontal subsurface flow constructed wetland

Nguyen Hoang Nam¹, Nguyen Hoang Nam Anh¹, Nguyen Viet Hung¹, Pham Viet Duc²

¹*Hanoi University of Mining and Geology*

²*Military Institute of Environmental Chemistry*

The article presents the results of the research process on treating groundwater contaminated with benzene, methyl tert-butyl ether (MTBE) tested on a laboratory scale, using a horizontal flow constructed wetland (CW-SSF). The system uses gravel as a boden material, planted with the plant *Phragmites australis* species, with a hydraulic retention time of 2.5 days. The removal efficiency is very high for benzene and MTBE pollutants, the average values achieved are 83.07% (624.39 mg/ m².d) and 73.46% (106.73 mg/m².d), respectively. It opens new method for treating groundwater contaminated with persistent organic substances.

Keywords: CW; Benzen; MTBE; CW; Treatment; groundwater.