Open Access Full Text Article

Khảo sát phương pháp lấy mẫu và xác định kim loại trong nước mưa: một số kết quả quan trắc bước đầu tại Thành phố Hồ Chí Minh

Võ Trương Gia Hân^{1,2}, Nguyễn Lý Sỹ Phú^{1,2,*}, Trịnh Đan Phương^{1,2}, Đặng Nguyễn Minh Chiến^{1,2}, Lê Quốc Hâu^{1,2}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Việt Nam, Việt Nam

²Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Liên hệ

Nguyễn Lý Sỹ Phú, Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Việt Nam, 👔 MỞ ĐẦU Viêt Nam

Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Viêt Nam

Email: nlsphu@hcmus.edu.vn

Lich sử

- Ngày nhận: 31-12-2023
- Ngày sửa đổi: 17-5-2024
- Ngày chấp nhận: 27-8-2024
- Ngày đăng:

DOI:



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license



TÓM TẮT

Lắng đong tổng (bao gồm khô và ướt) là một quá trình quan trong giúp loại bỏ ô nhiễm kim loại khỏi không khí. Trong đó lấy mẫu nước mưa là phương pháp tương đối phổ biến để ước tính sự lắng đong. Hiên nay, trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về lắng đong kim loai, tuy nhiên ở Việt Nam cũng như khu vực Đông Nam Á, lĩnh vực này chưa thu hút được sự quan tâm đúng mức. Bài báo trình bày bước đầu tìm hiểu nồng độ của 6 kim loại (Pb, Zn, As, Ni, Cu, Cr) trong các mẫu nước mưa được thu thập tại khu vực đô thị Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) và thiết kế và đánh giá mô hình lấy mẫu nước mưa để xác định nồng độ kim loại và bước đầu khảo sát nồng độ của 6 kim loại trong mẫu thu được. Nồng độ kim loại được phân tích bằng phương pháp ICP-MS. Khảo sát gồm việc thực hiện trên mẫu rỗng, đánh giá quá trình bay hơi và so sánh với lượng mưa lý thuyết. Kết quả cho thấy mô hình thiết kế là phù hợp và đáng tin cậy để thu thập mẫu nước mưa nhằm xác định hàm lượng các kim loại. Kết quả quan trắc trong 5 tháng (tháng 1 đến tháng 6 năm 2023) cho thấy sự có mặt của cả 6 kim loại với nồng độ trung bình giảm dần theo thứ tự Zn (46,9 μ g/L), Ni (4,53 μ g/L), Cu (4,34 μ g/L), Pb (2,46 μ g/L), Cr (1,33 μ g/L) và As (0,20 μ g/L). Hiện tượng pha loãng đóng vai trò guan trong trong viêc xác đinh nồng đô kim loai trong mẫu nước mưa. Ngoài ra, phân tích ma trận tương quan đã thể hiện rằng có sự tương quan đáng kể giữa các kim loại Cr, Cu, Zn, As điều này cho thấy sự đóng góp quan trọng của các nguồn ô nhiễm có nguồn gốc nhân tạo đối với nồng độ kim loại trong mẫu nước mưa. Nhìn chung, mô hình lấy mẫu được thiết kế phù hợp cho việc khảo sát sự lắng đọng ướt cho kim loại trong không khí tại TP.HCM cũng như cung cấp số liêu ban đầu về hàm lượng 6 kim loại trong các mẫu nước mưa. Từ khoá: Kim loại, lắng đọng tổng, nước mưa, ICP-MS, TP.HCM

- 2 Các kim loại nặng (KLN) là các chất gây ô nhiễm $_3$ trong nước ngầm, nước mặt và nước mưa¹⁻³. Một
- 4 số các KLN phổ biến như: As, Ni, Pb, Zn,... là các
- 5 tác nhân phổ biến gây ô nhiễm thường gặp trong các 6 hệ sinh thái trên trái đất. Trong không khí, kim loại
- 7 nặng phần lớn tồn tại ở pha rắn (bụi). Nguồn gốc của
- 8 kim loại vô cùng đa dạng, các nguyên tố có thể đến từ 9 nguồn tự nhiên (hoạt động núi lửa phun trào, xói mòn 10 đất, phong hoá địa chất...) và nguồn gốc nhân tạo 11 chiếm phần lớn hàm lượng kim loại nặng trong khí 12 quyển (giao thông vận tải, hoạt động công nghiệp, đốt 13 sinh khối...)⁴⁻⁶. KLN từ các nguồn phát thải được 14 giải phóng vào môi trường khí quyển, trải qua các quá trình biến đổi và sau đó trở lại môi trường khí quyển 16 thông qua quá trình lắng đọng. Về cơ bản, có hai loại
- 17 lắng đọng trong khí quyển là lắng đọng khô và lắng 18 đọng ướt. Lượng chất ô nhiễm lắng đọng khí quyển

19 phụ thuộc vào một số yếu tố, chẳng hạn như: khoảng

cách đến nguồn phát thải, điều kiện khí tượng, v.d. 20 gió, tần suất và lượng mưa, và cấu trúc của bề mặt 21 lắng đọng giúp tăng cường thu giữ các aerosol. Lắng đọng ướt là quá trình các chất ô nhiễm từ không khí 23 được mưa, tuyết hoặc sương lôi cuốn xuống bề mặt 24 trái đất và do đó quá trình này chỉ xảy ra trong một 25 số thời gian nhất định, trong khi đó lắng đọng khô 26 xảy ra liên tục trong toàn bộ thời gian⁷. Khi kết hợp 27 2 quá trình trên lại với nhau, chúng được gọi chung là lắng đọng tổng. Hơn nữa, nghiên cứu⁸ đã cho biết 29 việc loại bỏ các chất ô nhiễm từ khí quyển bằng lắng đọng ướt thường được coi là một yếu tố trung gian tự 31 nhiên quan trọng trong việc làm sạch bầu khí quyển. 32 Mưa là một hiện tượng biểu thị đặc trưng nhất cho 33 quá trình lắng đọng ướt tại khu vực có khí hậu nhiệt 34 đới ẩm gió mùa, đặc biệt là Việt Nam. Các chất 35 ô nhiễm bị nước mưa rửa trôi, nhờ hiệu ứng lôi cuốn của mưa, các chất ô nhiễm như kim loại nặng 37 được dẫn nhập vào môi trường khác nhau như đất, 38 nước,...⁹. Tốc độ loại bỏ của các hơp chất do ảnh 39

Trích dẫn bài báo này: Hân V T G, Phú N L S, Phương T D, Chiến D N M, Hậu L Q. Khảo sát phương pháp lấy mẫu và xác định kim loại trong nước mưa: một số kết quả quan trắc bước đầu tại Thành phố Hồ Chí Minh. Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci. 2025; ():1-13.

⁴⁰ hưởng của mưa được trớc tính dựa trên các đặc điểm
⁴¹ của trận mưa, bao gồm cường độ mưa, kích thước hạt
⁴² mưa. Tấm quan trọng của quá trình này cần được xem
⁴³ xét, đặc biệt là trong bối cảnh tăng trưởng đô thị, như
⁴⁴ là sự mở rộng của các ngành công nghiệp và sự phát
⁴⁵ triển của giao thông đô thị. Lắng đọng khí quyển là
⁴⁶ một cơ chế quan trọng gây ô nhiễm nước mưa tại khu
⁴⁷ vực đô thị.

Nghiên cứu về lắng đọng kim loại trong không khí, tập 49 trung vào đo đạc nồng độ kim loại trong nước mưa, đã được thực hiện rộng rãi tại nhiều quốc gia trên thế giới^{3,10-12}. Mục tiêu của những nghiên cứu này là 51 hiểu rõ ảnh hưởng của hoạt động con người đối với 52 sự tích tụ kim loại nặng trong khí quyển. Nghiên cứu của¹³ tại sườn núi Himalaya đã tập trung vào hiện 54 tương lắng đong ướt của 10 kim loai năng trong nước 55 mưa. Kết quả cho thấy khu vực thành thị có nồng độ 56 kim loại cao hơn so với khu vực nông thôn¹¹, trong 57 nghiên cứu tại Bắc Kinh, Trung Quốc về lắng đọng tổng của 9 kim loại nặng, đã xác định hệ số làm giàu 59 60 (EF) cao cho As, Zn, Pb và Cu, đồng thời chỉ ra ảnh hưởng lớn từ nguồn nhân tạo. Nghiên cứu của³ về nồng độ kim loại nặng trong trầm tích từ đồng bằng 62 sông Dương Tử đã chỉ ra mức ô nhiễm nước uống 63 vượt quá mức tiêu chuẩn, đặc biệt là Ni, Cu, Zn và Pb. Những nghiên cứu này cũng mô tả ảnh hưởng của vận 65 chuyển ô nhiễm không khí từ hoạt động công nghiệp 66 ở Trung Âu đến lưu vực Địa Trung Hải, cũng như tác động của bui từ sa mạc Sahara đối với sự lắng đong 68 ướt của nguyên tố vi lượng trong nước mưa ở khu vực Địa Trung Hải và Bắc Âu. Các nghiên cứu cũng nhấn 70 mạnh sự khác biệt đáng kể trong nồng độ các nguyên 71 tố vi lương trong tổng lương mưa giữa các nguồn ô nhiễm không khí, và do đó, việc giám sát tổng lượng 73 74 mưa cũng được coi là quan trọng để hiểu rõ nguồn gốc của ô nhiễm không khí 10. 75

Tại Việt Nam, nghiên cứu về lắng đọng chất ô nhiễm 76 trong không khí, cụ thể như lắng đọng KLN vẫn còn 77 nhiều hạn chế. Đặc biệt chưa có nghiên cứu được 78 công bố về lắng đọng KLN trong mẫu nước mưa. Một 79 số nghiên cứu đã thực hiện tại Hà Nội, Thái Nguyên và Đà Lạt sử dụng phương pháp quan trắc sinh học 81 (biomonitoring) trên mẫu rêu để ước tính lắng đong 82 KLN^{14,15}. Tuy nhiên, phương pháp này phụ thuộc vào mô hình sinh trưởng và hấp thụ của thực vật, 84 mang lại độ không đảm bảo cao. Năm 2014, các mẫu 85 nước mưa đã được thu thập tại Hà Nội và Thái Nguyên 86 87 theo mang lưới APMMN và được chuyển sang Đài Loan để phân tích hàm lượng Hg theo dự án liên kết giữa Trung Tâm Quan Trắc Môi Trường Miền Bắc 89 (NCEM) và APMMN, tuy nhiên những dữ liêu về 90 hàm lượng Hg trong mẫu này vẫn chưa được công bố. 92 Các nghiên cứu tại TPHCM đã tập trung vào ô nhiễm không khí, với sự chú ý đặc biệt đến tác động của ô 93 nhiễm không khí đối với sức khỏe con người và môi trường^{2,13,16–18}. Tuy nhiên, các nghiên cứu này chủ 95 yếu tập trung vào đánh giá nồng độ và tác động trực tiếp đối với sức khỏe con người từ các chất ô nhiễm 97 không khí. Các mẫu bui PM10 thu thập tại TPHCM 98 đã cho thấy hàm lượng KLN tương đối cao, đặc biệt là nồng độ Cr ở mức có khả năng gây ung thư đối với trẻ em¹³. Tuy nhiên, cần thêm nghiên cứu để ước lượng 101 lắng đong và tác đông của KLN trong không khí đến khu vực này, điều này đặt ra nhu cầu mở rộng và đa 103 dang hóa các nghiên cứu về lắng đong chất ô nhiễm, 104 đặc biệt là ở mức độ tỉ mỉ và chi tiết hơn. 105

Thành phố Hồ Chí Minh là một thành phố động dân 106 và năng động hàng đầu tại Việt Nam cũng như khu 107 vực Đông Nam Á. Các hoạt động sản xuất, dịch vụ, thương mại và giao thông tại TPHCM đều cao nhất so với tất cả các khu vực khác tại Việt Nam, và vì vậy vấn 110 đề quan trắc đánh giá ô nhiễm môi trường không khí 111 từ đó đề ra những giải pháp để bảo vệ môi trường cũng 112 trở nên quan trọng và cần có nhiều hơn những cơ sở 113 dữ liêu đáng tin cây để nâng cao hiêu quả quản lý và phát triển bền vững lâu dài. Bên cạnh đo đạc ô nhiễm 115 không khí thì lắng đọng ô nhiễm từ không khí cũng 116 cần được đánh giá để có cái nhìn tổng quát về tác động 117 của ô nhiễm không khí đến môi sinh và con người. 118 Các khu công nghiệp lớn với nhiều ngành nghề bao 119 phủ tai TPHCM là những nguồn phát thải KLN tiềm 120 tàng lớn vào môi trường không khí và kết quả quan 121 trắc từ nhóm nghiên cứu cho thấy rằng những lo lắng 122 về KLN trong không khí tại TPHCM là hoàn toàn có cơ sở. Bài báo trình bày thiết kế một mô hình lấy mẫu 124 lắng đọng tổng nhằm thu thập mẫu nước mưa và tiến 125 hành phân tích nồng đô kim loại trong các mẫu thu 126 được. Kết quả này không chỉ đóng góp vào việc cung 127 cấp một phương pháp tối ưu và chi phí hiệu quả để thu mẫu nước mưa, mà còn giúp mô tả nồng độ kim 129 loai, tao tiền đề cho việc ước tính quá trình lắng đong 130 của chúng. Hơn nữa, đây có thể được xem là nghiên 131 cứu đầu tiên cung cấp một nguồn dữ liệu có giá trị để 132 đánh giá hiện trạng và cung cấp hiểu biết về những 133 nguồn ô nhiễm tác động đến nồng độ kim loại trong 134 mẫu nước mưa 135

PHƯƠNG PHÁP

Vị trí nghiên cứu

Các mẫu mưa được thu tại Trường Đại học Khoa học 138 Tự nhiên thuộc Đại học Quốc gia TP.HCM cơ sở 139 Nguyễn Văn Cừ (NVC) (10°76'N-106°68'E, Hình 1). 140 Vị trí lấy mẫu ở tại trung tâm của thành phố, cách ngã 141 sáu Cộng Hoà khoảng 500 m, nơi dòng lưu thông của 142 các phương tiện tấp nập. Các phương tiện giao thông 143

136

137



144 chủ yếu ở khu vực này là xe máy, ô tô, xe buýt. Hệ lấy mẫu được đặt trên nóc tòa nhà E của Trường để 145 tránh ảnh hưởng của bụi từ đường có thể tác động 146 ảnh hưởng đến kết quả đo đạc. Nhìn chung vị trí đặt 147 mẫu phải đảm bảo hạn chế tối đa các tác động ngoại vi 148 đến quá trình lắng đọng của bụi và nước mưa. Ngoài 149 ra, việc lựa chọn lấy mẫu tại vị trí NVC vì các lý do sau: 150 1. Vị trí lấy mẫu cần bảo đảm cho việc quan trắc trong 151 thời gian dài và giảm thiểu rủi ro mất mát dung cu lấy 152 mẫu cũng như tiện lợi trong việc thu mẫu; 2. Theo 153 các nghiên cứu trước đây vị trí NVC quận 5 có thể đại 154 diện tương đối cho khu vực đô thị thuộc TP.HCM; 3. Việc phân tích mẫu kim loại nặng bằng phương pháp 156 ICP-MS là rất tốn kém và do đó việc mở rộng nhiều 157 vị trí là tương đối khó khăn. 158

¹⁵⁹ Thiết kế mô hình lấy mẫu nước mưa để phân ¹⁶⁰ tích kim loại

161 Mô hình lấy mẫu nước mưa thông qua bộ lấy mẫu
162 nước mưa mà nhóm đã thiết kế dựa theo nghiên cứu
163 khác ¹⁹. Mô hình được thiết kế với dụng cụ thu mẫu
164 hở toàn thời gian với bình hứng chuyên dụng (High165 density polyethylene, HDPE) 1 lít để thu thập nước
166 mưa. Thiết kế của dụng cụ lấy mẫu phải đảm bảo cho
167 hệ lấy mẫu luôn thẳng đứng và che chẳn, nhằm giảm
168 thiểu tác động không mong muốn của môi trường
169 như nhiệt độ, gió, con người,... Mô hình lấy mẫu được

đặt tại tòa nhà E để tránh ảnh hưởng của bụi đường 170 có tác dung ảnh hưởng đến kết quả đo đạc. Mẫu 171 nước mưa được lấy theo tần suất 1 tuần/lần, trong 172 những ngày không có mưa không tiến hành lấy mẫu 173 và đo đạc dữ liệu. Tổng cộng 10 mẫu nước mưa đã 174 được thu thập từ ngày 31/12/2022 đến 06/06/2023. 175 Các dụng cụ thu mẫu trước khi đặt lên hệ thống lấv 176 mẫu đều được làm sạch bằng dụng dịch HNO3 5% và 177 rửa bằng nước siêu tinh khiết, sau đó được để khô tự 178 nhiên trong 24 giờ. Sau đó, tiếp tục thực hiện acid 179 hóa mẫu bằng dung dịch HNO3 65% và bảo quản tủ 180 lạnh. Tiếp tục, tiến hành nung mẫu cách thủy ở nhiêt 181 độ 80-90 °C trong 2 giờ. Mẫu sau khi kết thúc quá 182 trình nung sẽ được để nguội ở nhiệt độ phòng và tiến 183 hành lọc mẫu trước khi thực hiện đo. Mặc dù các kim 184 loại được nghiên cứu có đặc tính tương đối bền và 185 không bị phân hủy dưới tác động của ánh sáng mặt 186 trời, tuy nhiên, nếu lượng nước trong bộ lấy mẫu bốc 187 hơi nhiều, có thể gây ảnh hưởng đáng kể đến nồng độ 188 của kim loại trong mẫu khi thực hiện đo, dẫn đến sai 189 số trong quá trình thu mẫu. Đã khảo sát về độ bay 190 hơi của mẫu để đánh giá tính phù hợp của mô hình 191 sử dụng. 192

Đối với mẫu trắng (blank), thực hiện tương tự và tiến hành song song với mẫu nước mưa, mẫu blank được thay thế bằng 40 mL nước DIW (deionized Water) nhằm đánh giá nhiễm bẩn. Ngoài ra, nghiên cứu cũng 197 tiến hành thực hiện mẫu Blank sampler để kiểm tra 198 đô nhiễm bẩn của dung cu lấy mẫu. Các mẫu được 199 lưu trữ trong tủ lạnh cho đến khi thực hiện phân tích bằng ICP-MS. Xác định mẫu blank là rất quan trọng 200 để đánh giá ảnh hưởng của môi trường thí nghiệm và 201 đồng thời kiểm tra hiệu suất của quy trình ngâm rửa 202 dụng cụ lấy mẫu. 203 Các kim loại Pb, Zn, As, Ni, Cu, Cr trong các mẫu 204 nước mưa được xác đinh bằng ICP-MS (Inductively 205 Coup Plasma Mass Spectrometry). Đường chuẩn 206 được dựng tại các điểm nồng độ 0, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 ppb và có hệ số hồi quy thoả điều kiện $0.99 < R^2$ 208 < 1. Đường chuẩn này được sử dụng để tính toán 209 nồng đô các kim loại có trong mẫu. Giới han phát 210 hiện (Limit of detection, LOD) của phương pháp xác 211

212 định nồng độ các kim loại nặng trong nước mưa như
213 sau As (0,033), Cu (0,1), Pb (0,033), Cr (0,1), Ni (0,1),
214 Zn (0,55) ppb. Độ chính xác của quy trình phân tích
215 được xác định dựa trên phép đo lặp lại cùng 1 mẫu
216 chuẩn và mẫu thật nhiều lần và giá trị SD giữa các lần
217 đo phải nhỏ hơn 5%.

218 **QA/QC**

Việc lấy mẫu, bảo quản, vận chuyển và phân tích mẫu 219 bằng ICP-MS được tiến hành với các biện pháp phòng 220 ngừa đặc biệt để tránh lây nhiễm chéo trong các mẫu. 221 Việc phân tích mẫu nghiên cứu đã thực hiện theo 222 phương pháp phân tích US EPA method 200.7²⁰ và 223 US EPA method 200.8²¹ đối với 6 kim loại bằng ICP-224 MS. Phương pháp cung cấp các quy trình chi tiết cho 225 việc chuẩn bị mẫu, hiệu chuẩn thiết bị, kiểm soát chất 226 lương và phân tích dữ liêu để đảm bảo kết quả chính 227 228 xác và đáng tin cậy. Phương pháp này được công nhận và chấp nhận rộng rãi trong việc giám sát môi trường, 229 kiểm tra tuân thủ quy định và nghiên cứu liên quan 230 đến đánh giá chất lượng nước và ô nhiễm môi trường 231 về kim loại. Ngoài ra, các mẫu đo lặp được thực hiện 232 sau mỗi 10 mẫu đo nhằm kiểm tra độ tái lặp của kết 233 quả phân tích và có độ lệch dưới 5%.

Tất cả các mẫu (bao gồm mẫu blank) được bảo quản 235 tốt trong tủ lạnh. Găng tay phòng sạch được sử dụng 236 trong suốt quá trình lấy mẫu và phân tích trong phòng 237 thí nghiệm. Thiết bị phân tích được chuẩn hóa bằng 238 cách sử dụng các dung dịch chuẩn có nồng độ kim loại 239 khác nhau. Mẫu thêm chuẩn được thực hiện nhằm 240 đảm bảo độ tin cậy của phương pháp với hiệu suất 241 thu hồi ở 90-110% cho tất cả các kim loại được khảo 242 243 sát.

244 Mô hình HYSPLIT

²⁴⁵ Mô hình Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated
²⁴⁶ Trajectory (HYSPLIT), phát triển bởi Cơ quan Biển và

Đại dương Hoa Kỳ (NOAA), đã được sử dụng trong247nhiều nghiên cứu khác nhau để mô phỏng quỹ đạo248di chuyển của khối không khí trước khi đến địa điểm249thu mẫu 22,23 . Mô hình này đã được áp dụng rộng rãi250trong nghiên cứu ô nhiễm không khí cả trong nước và251trên toàn cầu. Các quỹ đạo truy hồi (backward trajec-252tories, BWT) trong vòng 48 giờ được tính toán bằng253mô hình HYSPLIT 24 , với đầu vào từ hệ thống dữ liệu254toàn cầu của Trung tâm Dự báo Môi trường Quốc gia255(GDAS $1^o \times 1^o$). BWT được tính toán mỗi 24 giờ tại256độ cao 1000 m trên mực nước biển, tương ứng với257thời điểm lấy mẫu. Các BWT được tính cho các ngày258có mưa.259

Xác định nồng độ kim loại trong nước mưa 260 và nồng độ trọng số thể tích 261

Nổng độ kim loại trong nước mưa được tính toán theo 262 công thức: 263

264

278

283

$C = (C_{do} - C_{blank})^*1,01$

Trong đó, C_{do} là nồng độ kim loại đo được từ mẫu 265 nước mưa (ppb); C_{blank} là nồng độ kim loại đo được 266 từ mẫu nước DIW +acid (ppb); 1,01 là hệ số pha 267 loãng. Ngoài ra, trong quá trình lắng đọng, việc xác 268 định nồng độ trung bình trọng số thể tích là vô cùng 269 quan trọng. Đặc biệt đối với mẫu nước mưa, hiện 270 tượng giảm nồng độ do tăng thể tích mẫu, được gọi 271 là yếu tố pha loãng, tác động đáng kể đến quá trình 272 tổng lượng lắng đọng. Công thức được biểu diễn như 274 sau: 275

$$C(VWM) = \frac{(\Sigma i.ci.vi)}{\Sigma i.vi}$$

Trong đó, Ci là nồng độ mẫu thứ i và Vi là thể tích 276 mẫu thứ i ²³. 277

Phân tích thống kê

Việc phân tích tương quan và kiểm định t của Pearson.279So sánh tương quan được coi là ý nghĩa thống kê khi280giá trị p < 0,05. Dữ liệu nông độ lượng mưa được tóm281tắt dưới dạng trung bình \pm SD.282

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Khảo sát tính phù hợp của mô hình lấy mẫu284lắng đọng tổng285

Đã thiết kế mô hình lấy mẫu lắng đọng tổng để khảo
sát tính phù hợp của thiết kế bằng cách kiểm tra lượng
bay hơi và mẫu blank. Hình 2 mô tả chi tiết mô hình
dùng lấy mẫu; mô hình được thiết kế với kích thước
phù hợp để bộ dụng cụ thu mẫu có thể được bảo vệ
nột cách chắc chắn nhất. Bộ thu mẫu được cấu tạo từ
2 phần bao gồm chân đế bằng vật liệu inox (Hình 2a)
292



và bô thu mẫu bao gồm chai thu mẫu chuyên dung 1 293 lít, phễu thu mẫu và khớp nối (Hình 2b). Phần tiếp 294 xúc giữa phễu và chân để inox được gắn ron bằng cao 295 su giúp phễu được cố định và chắc chắn hơn và hạn 296 chế hư hại phễu. Phần chân đế được thiết chắc chắn 297 và gắn liền với nhau làm cho mô hình cân bằng. Hộp inox bao quanh chai đựng mẫu với kích thước đã được 299 cân chỉnh nhằm đựng vừa chai thu mẫu 1 lít. Hộp 300 inox dùng để bảo vệ chai đựng mẫu khỏi tác động của 301 gió, ánh sáng mặt trời. 302

Để khảo sát tính phù hợp của mô hình, nhóm đã tiến 303 hành kiểm tra tốc đô bay hơi của mẫu nước bằng việc 304 đặt các ống ly tâm với thể tích nước 30 mL ở trong và 305 ngoài mô hình (Hình 3) với tần suất 1 tuần/lần. Kết 306 quả cho thấy tổng lượng bay hơi một tuần khoảng 5,5 307 mL (Bảng 1), có thể thấy lượng bay hơi thay đổi không đáng kể qua các tuần ở các ống và các ống đặt trong 309 mô hình có sự bay hơi ít hơn so với ống đặt ngoài mô 310 hình. Điều này có thể thấy rằng việc thiết kế hộp bao 311 312 quanh chứa nước mưa là cần thiết giúp hạn chế sự bay hơi làm mất mẫu. 313

Nhằm xác nhận sự phù hợp của mô hình đã được xây 314 dưng dưa vào các dữ liêu về lương mưa (đơn vi mm) 315 được thu thập để tính toán lượng mưa theo lý thuyết 316 và so sánh với lượng mẫu nước mưa thu được thực tế. 317 Hình 4 cho thấy các điểm dữ liệu luôn tập trung gần 318 đường hồi quy với hệ số R=0,99, thể hiện mối tượng 319 quan dương giữa lượng mưa thực tế và lượng mưa lý 320 thuyết, vì thế, có thể kết luận rằng mô hình đã thiết 321 kế là phù hợp, cung cấp thêm bằng chứng cho việc 322 mô hình đã thiết kế được xem xét là phù hợp và có 323 thể áp dụng trong các giai đoạn tiếp theo. 324 Đối với mô hình được thiết kế, việc khảo sát mẫu 325

³²⁵ Đối với mô hình đuộc thiết kẽ, việc khảo sát màu
³²⁶ blank là vô cùng cần thiết. Kết quả khảo sát mẫu blank
³²⁷ tại Bảng 2 cho thấy rằng mẫu blank cũng chứa các
³²⁸ thành phần của kim loại nặng, tuy nhiên nông độ các

kim loại trong mẫu blank theo quan sát khá nhỏ so ³²⁹ với mẫu thật. Kết quả blank sampler cũng tương tự ³³⁰ với mẫu blank DIW + acid cho thấy rằng sampler khi ³³¹ mang đi lấy mẫu là không chứa các kim loại được khảo ³³² sát. Nhìn chung, kết quả sau khi tính tỉ lệ phần trăm ³³³ đều nhỏ hơn 30% cho thấy nồng độ mẫu thu được là ³³⁴ phù hợp tính toán và quy trình ngâm rửa dụng cụ lấy ³³⁵ mẫu tương đối tốt và phù hợp cho nghiên cứu. ³³⁶

Nồng độ kim loại nặng trong mẫu nước mưa 🛛 🗤 🖓

Nồng độ kim loại nặng trong nước mưa đại diện cho 338 lắng đọng tổng của kim loại trong thời gian khảo sát. 339 Bảng 3 thể hiện giá trị nồng độ trung bình kim loại 340 trong suốt khoảng thời gian khảo sát của tất cả 6 kim 341 loại với nồng độ trung bình giảm dần theo thứ tự Zn 342 $46.9 \ \mu g/L > Ni \ 4.53 \ \mu g/L > Cu \ 4.34 \ \mu g/L > 2.46 \ \mu g/L _{343}$ > Cr 1,33 μg/L > As 0,20 μg/L. Khảo sát đã được thực 344 hiên tai khu vực đô thị thành phố với lượng xe lưu 345 thông qua lai và mât đô dân số đông, có thể xem đây 346 là một nguyên nhân gây phát thải chất ô nhiễm vào 347 không khí và được lôi cuốn bởi mưa thông qua quá 348 trình lắng đọng ước. Tương tự, các nghiên cứu tại 349 Indonesia, Australia, Uganda, Ấn Đô và Palestine, đều 350 được thực hiện tại các khu vực đô thị, nơi phát thải 351 lượng lớn phương tiện giao thông²⁵⁻³⁰. 352

Theo quan sát từ Bảng 3, nồng độ kim loại trong mẫu353nước mưa có xu hướng giảm dần theo thời gian khảo354sát, với giá trị cao nhất được ghi nhận vào tháng 1.355Theo đó, nồng độ của Zn ở tháng 1 và tháng 4 lần lượt356là 15,1 μ g/L và 14,8 μ g/L, giảm khoảng 50% so với357tháng 5. Nồng độ của Pb ở tháng 1 là 0,93 μ g/L, tháng3585 là 2,82 μ g/L, và nồng độ tháng 5 gấp 5 lần nồng độ359ở tháng 4. Đặc biệt, nồng độ của Ni ở tháng 1 rất cao36017,1 μ g/L nhưng tháng 4 và 5 lại xuống rất thấp. Tuy361nhiên, nồng độ của As trong tháng 1 và tháng 5 là 0,15362 μ g/L và cao hơn với tháng 4 là 0,11 μ g/L. Riêng đối363

Thời gian đặt	Thời gian thu	Thể tích còn lại (mL)		Thể tích ban đầu (mL)	Thể tích bay hơi (mL) (Ống bên trong)	Thể tích bay hơi (mL) (Ống bên ngoài)
		Bên trong	Bên ngoài			
23/5/2023	30/5/2023	25	22,5	30	5	7,5
30/5/2023	6/6/2023	24	22	30	6	8
6/6/2023	13/6/2023	24	21	30	6	9

Bảng 1: Thể tích bay hơi trên các ống qua các tuần



(a) ống đặt bên ngoài mô hình



(b) ống đặt bên trong mô hình

Hình 3: Mô hình kiểm tra tốc độ bay hơi của mẫu

Bảng 2: So sánh nồng độ mẫu blank với nồng độ mẫu

Kim loại	Nồng độ blank DIW+Acid	Nồng độ Blank sam- pler	Nồng độ TB của mẫu (đã trừ blank)	% blank/mẫu thật trung bình
Cr	0,30	0,36	1,33	22,6
Ni	0,70	0,87	4,53	15,5
Cu	0,40	0,52	4,34	9,2
Zn	12,70	13,00	46,80	27,1
	0,21	0,27	2,46	8,5
As	0,01	0,02	0,18	5,6



Hình 4: Biểu đồ tương quan giữa lượng mưa thực tế và lượng mưa lý thuyết

	Cr	Ni	Cu	Zn	As	РЬ
Tháng 1	0,81±0,71	17,1±23,1	2,81±2,21	15,1±0,74	0,15±0,05	0,93±0,27
Tháng 2	4,46	2,50	17,4	191,4	0,68	9,83
Tháng 4	N.D	0,12	2,18±1,02	14,8±4,09	0,11	0,52±0,30
Tháng 5	1,10±0,96	0,94±0,55	3,61±2,96	39,5±23,5	0,15±0,09	2,82±1,75
Trung bình	1,33±1,38	4,53±10,3	4,34±4,76	46,9±52,0	0,20±0,18	2,46±2,83
Min - Max	0,17-4,46	0,12-33,5	0,66–17,4	5,57–191,4	0,05–0,68	0,30-9,83

Bảng	3: Nồng	ı đô tru	ng bình	(±S.D.)	các kim	loai trong	j mẫu nước mưa	$(\mu \mathbf{g}/\mathbf{L})$

*Tháng 2 nhóm nghiên cứu chỉ thu được 1 mẫu nước mưa

364 với nồng độ trung bình của Cr và Cu không có sự biến động đáng kể qua các tháng, mức cao nhất của Cr và 365 Cu được ghi nhận vào tháng 5. Ngoại trừ tháng 2, do 366 367 nghiên cứu chỉ thu được một mẫu và lượng mưa thực 368 tế cũng khá ít nên nồng độ kim loại trong tháng này cao hơn so với các tháng còn lại. Lượng mưa là một 369 370 yếu tố quan trọng góp phần giải thích sự thay đổi nồng độ kim loại trong mẫu nước mưa trong tháng 4,5 so 371 với tháng 1. Tuy nhiên, các yếu tố khác như phát thải 372 373 ô nhiễm không khí thay đổi, yếu tố khí tượng, vận 374 chuyển tầm xa của chất ô nhiễm,... đều đóng vai trò 375 trong việc giải thích cụ thể diễn biến nồng độ kim loại 376 trong mẫu nước mưa và cần thêm nhiều hơn các dữ 377 liệu quan trắc trong thời gian dài để có những phân 378 tích đánh giá toàn diện.

Ảnh hưởng của khối không khí và lượng 379 mưa đến nồng độ kim loại trong mẫu 380

Nổng độ kim loại trong nước mưa có thể chịu ảnh hưởng từ sự biến đổi của khối không khí theo các chu kỳ, do vận chuyển từ xa. Hình 5a, b mô tả đường đi của không khí và các giai đoạn mưa trong tháng 1. Khối không khí chủ yếu di chuyển theo hướng Đông Bắc, từ lục địa Trung Quốc qua biển Đông, tác động lên khu vực TP.HCM. Những khối không khí theo hướng này thường mang theo chất ô nhiễm từ lục địa Trung Quốc và có khả năng vận chuyển xa, ảnh hưởng đến nhiều khu vực, trong đó có TP.HCM⁷. Nồng độ Ni, Pb có xu hướng tăng cao vào tháng 1 (Bảng 3), nguyên nhân có thể từ việc gió Đông Bắc vận chuyển khối ô nhiễm không khí từ lục địa Trung Quốc về TP.HCM^{7,31}.

Trung Quốc, với ngành công nghiệp phát triển mạnh 395 mẽ, đặc biệt là khai thác mỏ, sản xuất kim loại, và chế 396 ³⁹⁷ tạo hóa chất, gây ra phát thải kim loại nặng¹⁷. Với 398 vai trò hàng đầu trong sản xuất sắt thép và kim loại 399 màu thế giới, Trung Quốc là nguồn chính của phát thải Ni vào không khí. Do đó, tăng cao nồng độ Ni vào 400 tháng 1 chủ yếu có thể được giải thích bởi gió Đông 401 Bắc mang chất ô nhiễm từ lục địa Trung Quốc. Tuy 402 nhiên, cần lưu ý rằng nồng độ kim loại nặng trong 403 không khí và nước mưa không chỉ bị ảnh hưởng bởi 404 hướng gió Đông Bắc, mà còn bởi các yếu tố như môi 405 trường xung quanh vị trí lấy mẫu và điều kiện thời tiết³². Lượng mưa cũng đóng vai trò quan trọng trong việc ảnh hưởng đến nồng độ kim loại trong mẫu nước 408 mựa, và tháng 1 thường là tháng có lượng mựa thấp 409 410 nhất, do đó có thể giảm khả năng pha loãng, đóng góp vào việc tăng nồng độ kim loại trong mẫu nước mưa 411 vào tháng 1. 412

Tháng 4 thường là giai đoan chuyển mùa tai 413 TPHCM²⁶, và có thể quan sát rằng các khối không 414 khí gây mưa tác động đến khu vực khảo sát, di chuyển 415 từ hướng Đông Bắc sang Đông và Đông Nam trong 416 tháng này (Hình 5c). Gió Đông Nam, đi qua vùng 417 biển phía Đông Nam Việt Nam và đổ về đất liền, tạo điều kiện cho mưa^{7,31}. Gió từ biển Đông thường ít ô 419 nhiễm kim loại do không có nguồn phát thải kim loại 420 nào trong khu vực này^{7,31}. Do đó, nồng độ của các kim loại thu được trong tháng 4 thường thấp hơn so 422 423 với tháng 1 và tháng 5.

Hình 6 mô tả quỹ đạo của khối không khí gây mưa 424 trong 2 giai đoạn của tháng 5, được chia thành 2 425 xu hướng rõ ràng. Từ ngày 5 đến 18/5, tương tự 426 như tháng 4, giai đoạn này vẫn nằm trong quá trình 427 chuyển mùa từ hướng Đông Bắc sang Đông và Đông 429 Nam. Đến ngày 18 đến 31, các khối không khí đã thay đổi hoàn toàn và quỹ đao đến từ hướng Tây Nam, đi 430 qua phía Nam Thái Lan, một phần của Malaysia và 431 vịnh Thái Lan sau đó đến TPHCM. Nhìn chung, vào 432 tháng 5, hình thế thời tiết chính tai TPHCM bi chi 433 phối bởi các khối không khí phía Nam thông qua gió 434 mùa Tây Nam. Các khối không khí này đi qua một phần của các khu vực đất liền có thể có các hoạt động 436 phát thải kim loại năng, và do đó, nồng đô kim loại 437 438 nặng trong tháng 5 cao hơn so với tháng 4. Ngoài ra, kim loại nặng tăng cao trong tháng 5 cũng có thể đến 439 từ yếu tố phát thải tai chỗ. Tuy nhiên, pham vi của 440 khảo sát chưa đủ dữ kiện để xem xét đến đóng góp 441 của yếu tố này. 442

443 Nồng độ trọng số thể tích

⁴⁴⁴ Nồng độ trọng số thể tích (VWM) của các kim loại ⁴⁴⁵ đo có giá trị 0,11 - 33,1 μ g/L, với giá trị thấp nhất là ⁴⁴⁶ As vào tháng 5 và cao nhất là Zn vào tháng 5. Nồng ⁴⁴⁷ độ VWM của Zn cao hơn so với các kim loại khác, có thể là yếu tố chính của khí quyển tại vị trí khảo sát. ⁴⁴⁸ Nông độ trọng số thể tích khác biệt so với nồng độ ⁴⁴⁹ không có trọng số thể tích. Hiện tượng nồng độ giảm ⁴⁵⁰ khi thể tích mẫu tăng (do tác động của mưa, góp phần ⁴⁵¹ vào việc pha loãng nồng độ kim loại trong mẫu) có thể ⁴⁵² là nguyên nhân gây ra sự khác biệt giữa nồng độ trọng ⁴⁵³ số thể tích (Bảng 4) và nồng độ trung bình (Bảng 3). ⁴⁵⁴ Đặc biệt, nồng độ trọng số thể tích thường thấp hơn ⁴⁵⁵ so với nồng độ trung bình (0,71 - 1,5 lần). ⁴⁵⁶

Tương quan giữa lượng mưa và nồng độ kim 457 loại 458

Hình 7 thể hiện xu hướng tương quan âm giữa nồng 459 độ của các kim loại trong mẫu nước mưa và lượng 460 mưa. Khi lượng mưa tăng, hiện tượng pha loãng nồng 461 đô kim loại trong mẫu nước mưa, còn được biết đến 462 là hiệu ứng pha loãng, trở nên rõ rệt. Theo nghiên 463 cứu của ¹², tương quan giữa nồng độ kim loại và lượng 464 mưa chỉ ra rằng lắng đọng ướt là cơ chế chính trong 465 mùa mưa. Điều này thể hiên khi có mưa, các hat và 466 hợp chất ô nhiễm bị kéo xuống mặt đất; tuy nhiên, 467 khi lượng mưa lớn, nước mưa sạch được thêm vào 468 bình chứa, dẫn đến pha loãng nồng độ kim loại trong 469 mẫu nước mưa. Hầu hết các kim loại như Cr. Cu. Zn. 470 As, Pb đều có xu hướng giảm nồng đô khi lương mưa 471 tăng. Hiện tượng này có thể được giải thích bằng việc 472 kim loại trong mùa gió mùa Tây Nam bị ảnh hưởng 473 bởi hiệu ứng pha loãng của lượng mưa, theo nghiên 474 cứu của ¹³. 475

476

Tương quan giữa các kim loại

Bảng 5 biểu thi các kim loại Cr, Cu, Zn, As đều có 477 mối tương quan dương có ý nghĩa với r > 0,8. Các hệ 478 số tương quan giữa các kim loại nặng được phân tích 479 để đánh giá mối quan hệ cũng như bước đầu dự đoán 480 được nguồn gốc của các kim loại có trong mẫu nước 481 mưa^{33,34}. Kim loại Cr thể hiện kết quả tương quan 482 dương mạnh với các kim loại khác (Cu, Zn, As, Pb) 483 thông qua các cặp Cr-Cu (r=0,988), Cr-Zn (r=0,924), 484 Cr-As (r=0,973) và Cr-Pb (r=0,953). Tức là nồng độ của Cr càng tăng thì nồng độ của Cu, Zn, As và Pb tăng theo. Tương tự, kim loại Pb cũng thể hiện kết 487 quả tương quan dương manh với các kim loai khác 488 như Cu, Zn, As với các cặp tương ứng như sau Pb- 489 Cu (r=0,950), Pb-Zn (r=0,977) và Pb-As (r=0,945). 490 Hơn nữa, các cặp Cu-Zn (r=0,948), As-Cu (r=0,990), 491 As-Zn (r=0,961) có mối tương quan dương với nhau, 492 điều này cho thấy rằng các kim loại này đều có nguồn 493 gốc giống nhau, trong khi các cặp còn lại không tương 494 quan. Nhìn chung, kết quả thể hiện rằng các kim loại 495 được khảo sát trong nghiên cứu này có thể có chung 496 nguồn gốc. Ngoài ra, nếu hai kim loại có tương quan 497



Bảng 4: Nồng đô trong số thể	tích của các kim loai giữ	a các tháng có mưa

	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Pb
Tháng 1	0,56	25,3	2,02	14,8	0,13	0,84
Tháng 2	4,46	2,50	17,4	191,4	0,68	9,83
Tháng 4	N.D	N.D	1,47	17,7	N.D	0,73
Tháng 5	0,73	0,90	2,36	33,1	0,11	2,25



Hình 6: Quỹ đạo khối không khí tháng 5



	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Pb
Cr	1	-,422	,988**	,924**	,973**	,953**
Ni		1	-,370	-,314	-,277	-,398
Cu			1	,948**	,990**	,950**
Zn				1	,961**	,977*
As					1	,945**
						1

Bảng 5: Tương quan của các kim	loại trong giai đoạn nghiên cứu
--------------------------------	---------------------------------

** Mức ý nghĩa 0,01 * Mức ý nghĩa 0,05

498 dương cao thì việc kiểm soát một kim loại có lợi cho việc giảm ô nhiễm của kim loại còn lại. Ngoài ra, các phép phân tích tương quan cũng cho thấy mối 500 quan hệ giữa các nguồn ô nhiễm với nhau trong đó 501 các kim loại như As và Cr được cho là phần lớn đến 502 từ nguồn nhân tạo thông qua các hoạt động của con người như công nghiệp, giao thông vận tải ... Mặt 504 khác, Ni không thể hiện mối tương quan mạnh với 505 bất kỳ kim loại nào khác và cho thấy sự thay đổi khác nhau về nồng độ mưa từ các kim loại khác, cho thấy 507 nó có thể bắt nguồn từ một nguồn cục bộ 35. Có thể 508 đưa ra kết luận rằng hầu hết các kim loại được khảo sát 509 trong nghiên cứu này đều có thể đến từ nguồn nhân 510 tạo. Tuy nhiên tương quan chỉ là mối quan hệ tương 511 đối cũng như trong nghiên cứu này chưa xét đến các 512 nguyên tố đặc trưng của lớp vỏ trái đất như Fe, Al và 513 514 do đó việc nhận xét về nguồn là còn hạn chế. Để hiểu rõ hơn về các mối quan hệ giữa các kim loại cũng như 515 đưa ra những nhận xét tốt hơn về nguồn thì cần có các 516 517 nghiên cứu chi tiết và chuyên sâu hơn trong tương lai.

518 KẾT LUẬN

Bài báo trình bày việc thiết kế, khảo sát và đánh giá 519 tính phù hợp của thiết bị lấy mẫu nước mưa đơn giản 520 với chi phí thấp để phân tích nồng đô kim loại trong 521 môi trường đô thị. Mô hình thiết kế đặc biệt chú ý đến 522 yếu tố bay hơi của mẫu nước mưa trong quá trình thu 523 524 thập và độ tin cậy của phương pháp làm sạch thiết bị lấy mẫu. Kết quả cho thấy mô hình thiết kế phù hợp 525 526 và đảm bảo độ tin cậy của mẫu, với lượng mẫu nước mưa bay hơi không đáng kể (khoảng 5%) so với tổng 527 lượng thu thập. Nồng độ kim loại trong mẫu blank thấp, chứng minh tính phù hợp của thiết bị lấy mẫu tại 529 vi trí TP.HCM. Việc phân tích nồng đô kim loại trong 530 mẫu nước mưa thu thập tại TP.HCM, kết quả cho thấy 531 532 sự có mặt của cả 6 kim loại với nồng độ trung bình siảm dần theo thứ tư Zn (46,9 μ g/L) > Ni (4,53 μ g/L) $_{534}$ > Cu (4,34 μ g/L) > Pb (2,46 μ g/L) > Cr (1,33 μ g/L) > ⁵³⁵ As (0,20 μg/L). Bên cạnh đó, khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến nồng độ nước mưa, chỉ ra rằng lượng mưa và đường đi của khối không khí gây mưa đều có khả sar năng ảnh hưởng đến nồng độ kim loại, và do đó có thể tác động đến lắng đọng kim loại từ không khí. Mối tương quan dương tốt giữa các kim loại với nhau cho thấy sự đóng góp lớn từ nguồn phát thải nhân tạo đối với nồng độ kim loại trong mẫu nước mưa thu thập trong thời gian khảo sát. Đây là nghiên cứu đầu tiên về nồng độ kim loại nặng trong nước mưa tại đô thị trong mưa tại khu vực này và đồng thời cung cấp dữ liệu cơ sở cho các nghiên cứu về lắng đọng kim loại trong tương lai.

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

BWT: Backward Trajectory – Quỹ đạo ngược	550
DIW: Deionized water – Nước siêu tinh khiết	551
HDPE: High-density polyethylene – Nhựa nhiệt dẻo	552
HYSPLIT: Hybrid Single Particle Lagrangian Inte-	553
grated Trajectory - Mô hình kết hợp quỹ đạo Lagrange	554
tích hợp hạt đơn	555
ICP-MS: Inductively coupled plasma mass spec-	556
troscopy - Phương pháp khối phổ plasma cảm ứng cao	557
tần	558
LOD: Limit of detection – Giới hạn phát hiện	559
N.D: Not Detected – Không phát hiện	560
SD: Standard Deviation – Độ lệch chuẩn	561
TP.HCM: Thành phố Hồ Chí Minh	562
VMW: Volume-Weighted Mean Concentration -	563
Nồng độ trọng số thể tích	564
XUNG ĐỘT LỢI ÍCH	565

Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo. 567

LỜI CÁM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành 569 phố Hồ Chí Minh trong khuôn khổ đề tài mã số 570 C2024-18-24 571

568

549

572 ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

573 Võ Trương Gia Hân viết bản thảo đầu tiên và hoàn

- 574 thiện nội dung cho bản thảo. Nguyễn Lý Sỹ Phú thiết
- $_{\rm 575}\,$ kế và giám sát các thí nghiệm, góp ý bản thảo. Trịnh
- 576 Đan Phương thực hiện các thí nghiệm, góp ý bản thảo.

577 Đặng Nguyễn Minh Chiến, Lê Quốc Hậu thực hiện 578 các thí nghiệm, góp ý bản thảo. Tất cả các tác giả đã

⁵⁷⁸ các thí nghiệm, góp ý bản thảo. Tát cá các ⁵⁷⁹ đồng thuận bản thảo cuối cùng.

🐝 TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1. Archundia D, Duwig C, Spadini L, Uzu G, Guédron S, Morel MC,
- 582 Martins JMF. How uncontrolled urban expansion increases
- 583 the contamination of the Titicaca Lake basin (El Alto, La Paz,
- Bolivia). Water Air Soil Pollut. 2017;228:1-17;Available from:
- 585 https://doi.org/10.1007/s11270-016-3217-0.
- Duong HH, Nguyen CDT, Nguyen LSP, To HT. Fine particulate matter (PM2.5) in Ho Chi Minh City: Analysis of the status and the temporal variation based on the continuous data from 2013-2017. Sci Technol Dev J Nat Sci. 2018;2(5):130-137;Available from: https://doi.org/10.32508/stdjns.v2i5.788.
- 591 3. Ma Y, Tang Y, Xu H, Zhang X, Liu H, Wang S, Zhang W.
- Bulk/wet deposition of trace metals to rural, industrial, and ur ban areas in the Yangtze River Delta, China. Ecotoxicol Environ
 Saf. 2019;169:185-191;Available from: https://doi.org/10.1016/
 i.ecoeny.2018.11.002.
- 4. Begum BA, Hopke PK. Identification of sources from chem-
- ical characterization of fine particulate matter and assess ment of ambient air quality in Dhaka, Bangladesh. Aerosol Air
 Qual Res. 2019;19(1):118-128;Available from: https://doi.org/
 10.4209/aagr.2017.12.0604.
- Begum BA, Nasiruddin M, Randal S, Sivertsen B, Hopke PK.
 Identification and apportionment of sources from air particulate matter at urban environments in Bangladesh. Br J Appl
 Sci Technol. 2014;4:3930-3955;Available from: https://doi.org/
 10.9734/bjast/2014/11247.
- 606 6. Wu Y, Zhang J, Ni Z, Liu S, Jiang Z, Huang X. Atmospheric
 deposition of trace elements to Daya Bay, South China
 Sea: fluxes and sources. Mar Pollut Bull. 2018;127:672–683.
 doi:10.1016/j.marpolbul.2017.12.046;Available from: https://
- 610 doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.046.
- 7. Nguyen LSP, Pham TDH, Truong MT, Tran AN. Characteris tics of total gaseous mercury at a tropical megacity in Viet nam and influence of tropical cyclones. Atmos Pollut Res.
 2023;14(8):101813;.
- 8. Yang F, Tan J, Shi ZB, Cai Y, He K, Ma Y, Duan F, Okuda
 T, Tanaka S, Chen G. Five-year record of atmospheric precipitation chemistry in urban Beijing, China. Atmos Chem
 Phys. 2012;12:2025–2035;Available from: https://doi.org/10.
 5194/acp-12-2025-2012.
- Gunawardena J, Egodawatta P, Ayoko GA, Goonetilleke A. Atmospheric deposition as a source of heavy metals in urban stormwater. Atmos Environ. 2013;68:235-242;Available from: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.11.062.
- 62410.Brugnone F. Atmospheric deposition around the industrial ar-625eas of Milazzo and Priolo Gargallo (Sicily–Italy)—Part B: Trace626elements. Atmosphere. 2023;14:737;Available from: https://
- 627 doi.org/10.3390/atmos14040737.
- Guo L, Lyu Y, Yang Y. Concentrations and chemical forms of heavy metals in the bulk atmospheric deposition of Beijing, China. Environ Sci Pollut Res. 2017;24:27356-27365;Available from: https://doi.org/10.1007/s11356-017-0324-4.
- $_{\rm 632}$ 12. Tripathee L, Kang SC, Huang J, Sharma CM, Sillanpaa M,
- Guo JM, Paudyal R. Concentrations of trace elements in wet
 deposition over the central Himalayas, Nepal. Atmos Envi ron. 2014;95:231–238;Available from: https://doi.org/10.1016/
- 636 j.atmosenv.2014.06.043.
- 637 13. Truong MT, Nguyen LSP, Hien TT, Pham TDH, Do TTL. Source
 638 apportionment and risk estimation of heavy metals in PM10

at a Southern Vietnam megacity. Aerosol Air Qual Res. 639 2022;22:220094;Available from: https://doi.org/10.4209/aaqr. 640 220094. 641

- Nguyen AS. Determination of elements due to atmospheric deposition on Barbula indica moss at Dalat, Vietnam using NAA and TXRF techniques. Sains Malaysiana. 2021;50(6):1531- 644 1541;.
- Nguyen VH. Atmospheric heavy metal deposition in Northern Vietnam: Hanoi and Thainguyen case study using the moss biomonitoring technique, INAA and AAS. Environ Sci Pollut Res. 2010;17:1045–1052;.
- Hien TT, Chi NDT, Nguyen NT, Vinh LX, Takenaka N, Huy
 DH. Current status of fine particulate matter (PM2.5) in Vietnam's most populous city, Ho Chi Minh City. Aerosol Air
 Qual Res. 2019;19:2239-2251;Available from: https://doi.org/
 10.4209/aaqr.2018.12.0471.
- Nguyen LSP, Hien TT, Truong MT, Nguyen DTC, Sheu GR. Atmospheric particulate-bound mercury (PBM10) in a Southeast Asia megacity: Sources and health risk assessment. Chemosphere. 2022;307:135707;Available from: https://doi. org/10.1016/j.chemosphere.2022.135707.
- Phung D, Hien TT, Linh HN, Luong LMT, Morawska L, Chu C, Binh ND, Thai PK. Air pollution and risk of respiratory and cardiovascular hospitalizations in the most populous city in Vietnam. Sci Total Environ. 2016;557–558:322–330;.
- Deusdará KRL, Forti MC, Borma LS, Menezes RSC, Lima JRS, Ometto JPHB. Rainwater chemistry and bulk atmospheric deposition in a tropical semiarid ecosystem: The Brazilian Caatinga. J Atmos Chem. 2017;74:71-85;Available from: https: //doi.org/10.1007/s10874-016-9341-9.
- U.S. Environmental Protection Agency. EPA Method 200.7 Revision 4.4: Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Cincinnati, OH: Office of Research and Development; 1994;Available from: https://doi.org/10.1016/673 b978-0-8155-1398-8.50010-0.674
- U.S. Environmental Protection Agency. EPA Method 200.8 675 Revision 5.4: Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma-mass spectrometry. Cincinnati, OH: Office of Research and Development; 678 1994;Available from: https://doi.org/10.1016/b978-0-8155-1398-8.50011-2. 680
- Adhikari S, Zhang F, Zeng C, Tripathee L, Adhikari NP, Xu J, Wang G. Precipitation chemistry and stable isotopic characteristics at Wengguo in the northern slopes of the Himalayas. J Atmos Chem. 2019;76:289-313;Available from: https://doi. org/10.1007/s10874-020-09399-1.
- Cong Z, Kang S, Zhang Y, Li X. Atmospheric wet deposition 686 of trace elements to central Tibetan Plateau. Appl Geochem. 2010;25(9):1415-1421;Available from: https://doi.org/10.1016/ 688 j.apgeochem.2010.06.011. 689
- Rolph GD, Ngan F, Draxler RR. Modeling the fallout from stabilized nuclear clouds using the HYSPLIT atmospheric dispersion model. J Environ Radioact. 2014;136:41-55;.
- Hasan NY, Driejana D, Sulaeman A. Composition of ions and trace metals in rainwater in Bandung City, Indonesia. IPTEK J Proc Ser. 2017;3(6);Available from: https://doi.org/10.12962/ j23546026.y2017i6.3310.
- Huston R, Chan YC, Chapman H, Gardner T, Shaw G. Source apportionment of heavy metals and ionic contaminants in rainwater tanks in a subtropical urban area in Australia. Water Res. 2012;46(4):1121-1132;Available from: https://doi.org/10.1016/ 700 j.watres.2011.12.008. 701
- Majumdar A, Satpathy J, Kayee J, Das R. Trace metal composition of rainwater and aerosol from Kolkata, a megacity in eastern India. SN Appl Sci. 2020;2:1-17;Available from: https: //doi.org/10.1007/s42452-020-03933-2.
- Malassa H, Al-Rimawi F, Al-Khatib M, Al-Qutob M. Determinination of trace heavy metals in harvested rainwater used for drinking in Hebron (South West Bank, Palestine) by ICP-MS. Tox Environ Monit Assess. 2014;186:6985-6992;Available from: 709

- 710 https://doi.org/10.1007/s10661-014-3904-5.
- 711 29. Sekabira K, Origa HO, Basamba TA, Mutumba G, Kakudidi E.
- Heavy metal assessment and water quality values in urban
 stream and rainwater. Int J Environ Sci Technol. 2010;7:759 770:.
- 715 30. Tian HZ, Lu L, Cheng K, Hao JM, Zhao D, Wang Y, Jia
- 716 WX, Qiu PP. Anthropogenic atmospheric nickel emissions
- 717 and its distribution characteristics in China. Sci Total Env-
- 718 iron. 2012;417–418:148–157;Available from: https://doi.org/ 10.1016/i.scitoteny.2011.11.069.
- 720 31. Nguyen LSP. Characterizations of atmospheric mercury con-
- centration and deposition at a tropical mountain backgroundsite in East Asia: insight into potential driving mechanisms
- [Ph.D. thesis]. Taiwan: National Central University; 2020;.
- 724 32. Morrow AC, Dunstan RH, Coombes PJ. Elemental composition
- at different points of the rainwater harvesting system. Sci Total
 Environ. 2010;408:4542-4548;Available from: https://doi.org/
- 727 10.1016/j.scitotenv.2010.07.002.
- 728 33. Cao S, Duan X, Zhao X, Wang B, Ma J, Fan D, Jiang G. Health risk assessment of various metal(loid)s via multiple exposure
- risk assessment of various metal(loid)s via multiple exposurepathways on children living near a typical lead-acid battery
- plant, China. Environ Pollut. 2015;200:16-23;Available from:
- 732 https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.02.010.
- 733 34. Zhang M, Wang S, Wu F, Yuan X, Zhang Y. Chemical composition of wet precipitation and anthropogenic influence
- position of wet precipitation and anthropogenic influenceat a developing urban site in southeastern China. Atmos
- Res. 2007;84:311–322 ;Available from: https://doi.org/10.1016/
- 737 j.atmosres.2006.09.003.
- 738 35. Kim JE, Han YJ, Kim PR, Holsen TM. Factors influencing atmo-
- 739 spheric wet deposition of trace elements in rural Korea. At-
- mos Res. 2012;116:185-194;Available from: https://doi.org/10.
 1016/j.atmosres.2012.04.013.

Open Access Full Text Article

Investigation into sampling and determination method of metals in rainwater: A preliminary results at Ho Chi Minh City

Vo Trương Gia Han^{1,2}, Nguyen Ly Sy Phu^{1,2,*}, Trinh Dan Phuong^{1,2}, Dang Nguyen Minh Chien^{1,2}, Le Quoc Hau^{1,2}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹Faculty of Environment, University of Science, Vietnam

²Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vietnam

Correspondence

Nguyen Ly Sy Phu, Faculty of Environment, University of Science, Vietnam

Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: nlsphu@hcmus.edu.vn

History

- Received: 31-12-2023
- Revised: 17-5-2024
- Accepted: 27-8-2024
- Published Online:

DOI :



Copyright

© VNUHCM Press. This is an openaccess article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



ABSTRACT

The bulk deposition (both dry and wet) is an important process that removes metal pollution from the air. The rainwater sampling is a commonly employed method for the composition estimation. While extensive global research exists on metal deposition, there remains a notable lack of attention to this field in Southeast Asia as well as in Vietnam. The paper presented the designment a sampling model to determine metal concentrations and to conduct an initial analysis of the concentrations of six metals (Pb, Zn, As, Ni, Cu, Cr) in rainwater samples obtained at an urban environment of Ho Chi Minh City (HCMC). The metal concentrations were determined by the inductively-coupled mass spectrometry (ICP-MS) technique. The observation involved assessments of rainwater collection devices, evaluations of evaporation dynamics and comparisons with theoretical precipitation. The effectiveness and reliability of the sampling equipment in collecting rainwater samples facilitated the metal content analysis. An observations over a five-month period (January to June 2023) showed the presence of all six mentioned metals, with average concentrations decreasing in the order of Zn (46.9 µg/L), Ni (4.53 µg/L), Cu (4.34 µg/L), Pb (2.46 µg/L), Cr (1.33 µg/L), As (0.20 µg/L). The rainout effect plays an important role in determining metal concentrations in rainwater samples. A significant correlations found among these metals showed the substantial contribution of the anthropogenic pollution sources to the rainwater. The proposed sampling equipment suitably proved for conducting wet deposition studies, shedding light on metal presence in the atmosphere in HCMC. This would be a preliminary information about the concentration of the six metals in rainwater collected at an urban area of HCMC.

Key words: Metals, bulk deposition, rainwater, ICP-MS, Ho Chi Minh City