

HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM



KỶ YẾU  
HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA  
**MÔI TRƯỜNG NÔNG NGHIỆP,  
NÔNG THÔN VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG  
LẦN THỨ 3**

Proceedings of The Third National Scientific Conference  
on Agricultural Environment, Rural and Sustainable Development

Hà Nội, 6/2026



NHÀ XUẤT BẢN HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP - 2026

**HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM**



**KỶ YẾU HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA**

**MÔI TRƯỜNG NÔNG NGHIỆP, NÔNG THÔN  
VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG  
LẦN THỨ 3**

**Proceedings of The Third National Scientific Conference  
on Agricultural Environment, Rural and Sustainable Development**

**Hà Nội, 6/2026**

**NHÀ XUẤT BẢN HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP - 2026**

## BAN TỔ CHỨC

| TT | Họ và tên                    | Đơn vị   |
|----|------------------------------|--|
| 1  | GS.TS. Nguyễn Thị Lan        | Giám đốc Học viện, Trưởng ban                                  |
| 2  | GS.TS. Trần Đức Viên         | Chủ tịch Hội đồng Khoa học và đào tạo Học viện, Phó Trưởng ban |
| 3  | PGS.TS. Trần Trọng Phương    | Trưởng khoa Tài nguyên và Môi trường, Phó Trưởng ban           |
| 4  | PGS.TS. Võ Hữu Công          | Phó Trưởng khoa Tài nguyên và Môi trường, Phó Trưởng ban       |
| 5  | PGS.TS. Cao Trường Sơn       | Khoa Tài nguyên và Môi trường, Ủy viên, Thư ký                 |
| 6  | PGS.TS. Nguyễn Thị Hồng Hạnh | Khoa Tài nguyên và Môi trường, Ủy viên                         |
| 7  | TS. Trịnh Quang Huy          | Khoa Tài nguyên và Môi trường, Ủy viên                         |
| 8  | PGS.TS. Đinh Thị Hải Vân     | Khoa Tài nguyên và Môi trường, Ủy viên                         |
| 9  | PGS.TS. Nguyễn Thị Bích Yên  | Khoa Tài nguyên và Môi trường, Ủy viên                         |
| 10 | TS. Đinh Hồng Duyên          | Khoa Tài nguyên và Môi trường, Ủy viên                         |

## NHÀ KHOA HỌC THAM GIA PHẢN BIỆN

| TT | Họ và tên                   | Đơn vị                        |
|----|-----------------------------|-------------------------------|
| 1  | PGS.TS. Võ Hữu Công         | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 2  | TS. Trịnh Quang Huy         | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 3  | TS. Nguyễn Ngọc Tú          | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 4  | TS. Đào Thị Thuý Linh       | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 5  | TS. Lý Thị Thu Hà           | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 6  | PGS. TS. Ngô Thanh Sơn      | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 7  | TS. Nông Hữu Dương          | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 8  | PGS.TS. Nguyễn Thanh Lâm    | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 9  | PGS.TS. Đinh Thị Hải Vân    | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 10 | PGS.TS. Cao Trường Sơn      | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 11 | TS. Nguyễn Thị Hồng Ngọc    | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 12 | TS. Nguyễn Thị Hương Giang  | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 13 | PGS. TS. Ngô Thế Ân         | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 14 | PGS.TS. Nguyễn Thị Bích Yên | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 15 | TS. Phan Thị Thúy           | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 16 | TS. Phan Thị Hải Luyến      | Khoa Tài nguyên và Môi trường |

| TT | Họ và tên                    | Đơn vị                        |
|----|------------------------------|-------------------------------|
| 17 | PGS.TS. Nguyễn Thị Hồng Hạnh | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 18 | TS. Đoàn Thị Thúy Ái         | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 19 | PGS.TS. Lê Thị Thu Hương     | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 20 | TS. Hán Thị Phương Nga       | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 21 | TS. Hoàng Hiệp               | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 22 | TS. Nguyễn Thị Hiền          | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 23 | TS. Đinh Hồng Duyên          | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 24 | PGS.TS. Nguyễn Thị Minh      | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 25 | TS. Nguyễn Thế Bình          | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 26 | TS. Nguyễn Xuân Hoà          | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 27 | TS. Vũ Thị Hoàn              | Khoa Tài nguyên và Môi trường |
| 28 | TS. Vũ Thị Huyền             | Khoa Công nghệ thực phẩm      |

### **BAN THƯ KÝ**

| TT | Họ và tên                  | Đơn vị                                    |
|----|----------------------------|---|
| 1  | PGS.TS. Đinh Thị Hải Vân   | Khoa Tài nguyên và Môi trường, Trưởng ban |
| 2  | PGS.TS. Lê Thị Thu Hương   | Khoa Tài nguyên và Môi trường, Thành viên |
| 3  | TS. Phan Thị Hải Luyến     | Khoa Tài nguyên và Môi trường, Thành viên |
| 4  | TS. Nguyễn Thị Hồng Ngọc   | Khoa Tài nguyên và Môi trường, Thành viên |
| 5  | ThS. Nguyễn Thị Thu Hà (B) | Khoa Tài nguyên và Môi trường Thành viên  |

## MỤC LỤC

|   |     |
|---|-----|
| ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG ĐẤT, NƯỚC TRONG NUÔI TRỒNG THỦY SẢN TẠI VÙNG BÃI BỒI VEN BIỂN ĐỀ BÌNH MINH, TỈNH NINH BÌNH<br><i>Đình Hồng Duyên, Lò Văn Sơn, Hồ Thị Hoàn</i> .....                              | 2   |
| ÁP DỤNG CHỈ SỐ WQI ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC SÔNG BẮC HUNG HẢI<br><i>Dương Thị Huyền, Nguyễn Tuyết Lan, Phan Thị Hải Luyến</i> .....   | 14  |
| ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG HỒ SƠ BÁO CÁO ĐỀ XUẤT GIẤY PHÉP MÔI TRƯỜNG TẠI TỈNH BẮC NINH<br><i>Trịnh Quang Huy, Nguyễn Ngọc Tú</i> .....  | 24  |
| TỔNG QUAN VỀ HIỆN TRẠNG VÀ XU HƯỚNG QUẢN LÝ TỒN LƯU KHÁNG SINH TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC Ở VIỆT NAM<br><i>Nguyễn Ngọc Trâm, Lý Quang Việt, Hồ Thị Thúy Hằng</i> .....   | 39  |
| ĐÁNH GIÁ NGUỒN, NGUY CƠ GÂY Ô NHIỄM ĐẤT TRÊN ĐỊA BÀN 28 XÃ, PHƯỜNG CỦA THÀNH PHỐ CẦN THƠ<br><i>Nguyễn Quang Học, Nguyễn Bá Lâm, Nguyễn Quang Huy</i> .....  | 53  |
| NÂNG CAO NHẬN THỨC BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG CHO LAO ĐỘNG NÔNG THÔN QUA GIÁO DỤC NGHỀ NGHIỆP<br><i>Lò Việt Tuyền, Đào Thanh Huyền, Trần Xuân Hoàng, Nguyễn Văn Huân</i> .....   | 66  |
| SỰ BẤT CÂN XỨNG GIỮA PHÁT SINH VÀ NĂNG LỰC QUẢN LÝ CHẤT THẢI RẮN CHĂN NUÔI: NGHIÊN CỨU TẠI TỈNH PHÚ THỌ<br><i>Phan Thị Hải Luyến, Phạm Thị Hương Giang, Trần Duy Tùng, Lê Văn Tiến, Võ Hữu Công</i> ..          | 76  |
| ĐÁNH GIÁ THỰC TRẠNG VÀ NHẬN THỨC CỦA NGƯỜI DÂN TRONG CÔNG TÁC QUẢN LÝ RÁC THẢI SINH HOẠT TẠI KHU DU LỊCH TAM ĐẢO, TỈNH PHÚ THỌ<br><i>Vũ Thị Hoàn, Ngô Trung Thành, Nguyễn Đức Long</i> .....                    | 86  |
| ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG MÔI TRƯỜNG NÔNG THÔN THÀNH PHỐ HÀ NỘI GIAI ĐOẠN 2021-2025<br><i>Đình Thị Hải Vân, Nguyễn Thị Thu Hà</i> .....   | 99  |
| TỔNG QUAN VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CÁC MÔ HÌNH TỔ CHỨC SẢN XUẤT RỪNG VÀ TRANG TRẠI (FFPOs) TRONG BỐI CẢNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TẠI VIỆT NAM<br><i>Hồ Thị Hoàn, Đình Hồng Duyên, Đỗ Thị Hương, Nguyễn Thị Vịnh</i> ..... | 111 |
| TÀI CHÍNH XANH CHO NÔNG NGHIỆP CÔNG NGHỆ CAO HƯỚNG TỚI NET ZERO Ở VIỆT NAM<br><i>Nguyễn Đình Đáp, Nguyễn Thị Huyền Thu</i> .....  | 123 |

|  |     |
|--|-----|
| NÔNG NGHIỆP HỮU CƠ-HƯỚNG ĐI BỀN VỮNG GIẢM PHÁT THẢI, PHÁT TRIỂN NÔNG NGHIỆP CÔNG NGHỆ CAO TẠI VIỆT NAM<br><i>Nguyễn Đình Đáp, Dương Thị Oanh</i> .....   | 135 |
| ÁP DỤNG MÔ HÌNH SUS-TAS ĐÁNH GIÁ CÁC NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN PHÁT TRIỂN DU LỊCH SINH THÁI TẠI TỈNH QUẢNG NINH<br><i>Nguyễn Thủy Chung, Vũ Minh Trang</i> .....   | 146 |
| BƯỚC ĐẦU ĐÁNH GIÁ HÀM LƯỢNG MỘT SỐ KIM LOẠI (As, Cd, Cr, Fe, Mn) TRONG MẪU NƯỚC MƯA THU THẬP TẠI PHƯỜNG NẾN, TỈNH BẮC NINH<br><i>Hoàng Thị Thu Hà, Lê Như Đa, Nguyễn Thị Trang, Nguyễn Thị Mai Hương, Đoàn Thị Oanh, Lê Thu Thủy, Dương Thị Thủy, Nguyễn Thị Ánh Hoàng, Dương Thị Huyền, Lê Thị Phương Quỳnh</i> ..... | 155 |
| ĐÁNH GIÁ CÔNG TÁC QUẢN LÝ CHẤT THẢI CỦA HAI MÔ HÌNH CHĂN NUÔI LỢN TRÊN ĐỊA BÀN XÃ ĐÔNG ANH, THÀNH PHỐ HÀ NỘI<br><i>Vũ Lê Dũng, Nguyễn Thị Như Thủy, Nguyễn Khánh Linh</i> .....  | 168 |
| NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI NUÔI TRỒNG THỦY SẢN KHU VỰC VEN BIỂN KIM ĐÔNG - BÌNH MINH, TỈNH NINH BÌNH<br><i>Nguyễn Thị Thu Hà, Cao Thị Thanh Nga, Nguyễn Thị Bích Nguyệt</i>   |     |
| KHOẢNG CÁCH GIỮA NHẬN THỨC VÀ HÀNH VI: ĐIỀU GÌ THỨC ĐẨY TÀN SUẤT SỬ DỤNG BAO BÌ NHỰA THỰC PHẨM?<br><i>Nguyễn Thị Hương Giang, Lại Thị Thu Ngọc, Lê Bảo Khánh Linh, Nguyễn Lê Nhật Minh, Lại Văn Mạnh, Trần Công Chính</i> .....  | 192 |
| TĂNG CƯỜNG CÔNG TÁC QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG LÀNG NGHỀ TRÊN ĐỊA BÀN CỤM XÃ HOÀI ĐỨC-AN KHÁNH, THÀNH PHỐ HÀ NỘI<br><i>Nguyễn Thị Hải Ninh, Trịnh Đắc Chuyên, Phan Thị Thu Phương</i> .....  | 202 |
| ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG PHÁT SINH RÁC THẢI NHỰA SINH HOẠT TRÊN ĐỊA BÀN XÃ GIA LÂM. NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TẠI TRÂU QUỲ, CỔ BI VÀ ĐÀ TỐN<br><i>Nguyễn Thị Bích Hà</i> .....  | 212 |
| KIỂM TOÁN MÔI TRƯỜNG TRONG BỐI CẢNH CHÍNH QUYỀN HAI CẤP Ở VIỆT NAM: KHOẢNG TRỐNG THỂ CHẾ VÀ ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH KIỂM TOÁN LÃNH THÔ<br><i>Nguyễn Thị Bích Nguyệt, Trần Minh, Trịnh Thị Tuyết Dung</i> .....   | 224 |
| HIỆN TRẠNG CÔNG TÁC QUẢN LÝ VÀ XỬ LÝ CHẤT THẢI RẮN SINH HOẠT TẠI TỈNH HƯNG YÊN<br><i>Nguyễn Xuân Hòa, Bùi Thị Linh, Tạ Tuyết Thái, Hà Văn Tú</i> .....   | 237 |
| ADSORPTIVE REMOVAL OF TETRACYCLINE USING ACTIVATED CARBON DERIVED FROM SAWDUST BIOMASS<br><i>Le Thi Phuong Thao, Nguyen Van Hai, Dang Thi Minh Hue, Nguyen Van Dam, Doan Thi Thuy Ai, Nguyen Thi Lan Anh, La Duc Duong, Nguyen Thi Hoai Phuong</i> .....   | 249 |

|  |     |
|--|-----|
| SỬ DỤNG MÔ HÌNH HỒI QUY TOBIT ĐỂ XÁC ĐỊNH GIỚI HẠN AN TOÀN CỦA CADIMI (Cd) TRONG NƯỚC TƯỚI CHO RAU XÀ LÁCH TRỒNG TRÊN ĐẤT PHÙ SA SÔNG HỒNG<br><i>Nguyễn Thị Giang, Ngô Thị Dung, Ngô Thanh Sơn, Vũ Thị Xuân, Nguyễn Thị Hằng Nga ....</i>                    | 261 |
| HỆ NANO POLYME MANG DỊCH CHIẾT LÁ TRÚNG CUỐC CÓ KHẢ NĂNG ỨC CHẾ VIRUS<br><i>Lê Thị Thu Hương, Ngô Thị Thương.....</i>  | 271 |
| XÂY DỰNG VÀ THẨM ĐỊNH PHƯƠNG PHÁP UPLC-MS/MS XÁC ĐỊNH ĐA DƯ LƯỢNG KHÁNG SINH NHÓM FLUOROQUINOLON TRONG NƯỚC AO NUÔI THỦY SẢN<br><i>Hoàng Hiệp, Nguyễn Đức Lương, Phạm Công Đạt, Nguyễn Thị Vân Anh, Nguyễn Thủy Linh, Hồ Thị Liên, Đoàn Thị Thúy Ái.....</i> | 282 |
| CHẾ TẠO HỆ XÚC TÁC $MnO_2/Al_2O_3$ ỨNG DỤNG XỬ LÝ CHẤT HỮU CƠ TRONG NƯỚC THẢI SẢN XUẤT TINH BỘT SẴN<br><i>Nguyễn Thị Hồng Hạnh, Ngô Thị Thương, Chu Thị Thanh, Hán Thị Phương Nga, Nguyễn Thị Thanh Mai.....</i>   | 294 |
| VẬT LIỆU HYDROXIT LỚP KÉP TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI: CẤU TRÚC, TÍNH CHẤT VÀ TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG<br><i>Hán Thị Phương Nga, Nguyễn Thị Hồng Hạnh, Phùng Thị Vinh.....</i>   | 303 |
| ĐIỀU CHẾ XÚC TÁC QUANG DẠNG NỖI $TiO_2$ /SÉT NUNG VÀ ĐÁNH GIÁ HOẠT TÍNH QUANG XÚC TÁC PHÂN HỦY 2,4-DICHLOROPHENOXYACETIC ACID TRONG NƯỚC<br><i>Hoàng Hiệp, Phạm Công Đạt, Nguyễn Thị Hiền, Đặng Việt Quang.....</i>  | 317 |
| XÂY DỰNG VÀ THẨM ĐỊNH PHƯƠNG PHÁP LC-MS/MS XÁC ĐỊNH AURAMINE O TRONG VỎ SÀU RIÊNG VÀ KHẢ NĂNG PHÁT TÁN RA MÔI TRƯỜNG<br><i>Đoàn Thị Thúy Ái, Nguyễn Đức Lương, Hoàng Hiệp.....</i>   | 331 |
| ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ HẤP PHỤ ĐA KIM LOẠI CỦA LỖI NGÔ BIẾN TÍNH AXIT VÀ KIỀM TRONG NƯỚC THẢI GIẢ ĐỊNH<br><i>Nguyễn Thị Vân Anh, Nguyễn Đức Lương.....</i>  | 342 |
| ẢNH HƯỞNG CỦA PHÂN Ủ TỪ PHỤ PHẨM TRÚNG GÀ VỚI CÁC CHẾ PHẨM VI SINH KHÁC NHAU ĐẾN SINH TRƯỞNG VÀ NĂNG SUẤT RAU CẢI MÈO TẠI GIA LÂM, HÀ NỘI<br><i>Phan Thị Thủy.....</i>   | 353 |
| KHẢO NGHIỆM KHẢ NĂNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG CÔNG NGHỆ BÃI LỌC TRỒNG CÂY<br><i>Đình Tiến Dũng, Vũ Phạm Thái, Lê Thị Hương, Trần Thị Huyền Trang, Nguyễn Thị Thu Hà.....</i>   | 363 |
| KHẢO SÁT HIỆU QUẢ VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐÔNG KEO TỤ TRONG XỬ LÝ NƯỚC HỒ NÔNG<br><i>Trần Văn Hà, Antonio Cavalcante Pereira, Nguyễn Thị Thu Hà, Đoàn Thị Thái Yên, Hoàng Thị Thu Hương.....</i>  | 374 |

|   |     |
|---|-----|
| THỬ NGHIỆM XỬ LÝ NƯỚC HỒ BẰNG MÔ HÌNH LỌC SINH HỌC<br><i>Nguyễn Thị Thu Hương, Nguyễn Trường Phú, Nguyễn Bích Hạnh, Nguyễn Thị Thu Hà</i>   | 385 |
| NGHIÊN CỨU DIỄN BIẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC Ở CÁC HỆ THỐNG KÊNH VÀ GIẢI PHÁP QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG NƯỚC THÍCH ỨNG VỚI BẢO VỆ NGUỒN LỢI THỦY SẢN Ở VƯỜN QUỐC GIA TRÀM CHIM<br><i>Lê Diễm Kiều, Lê Nhật Bản, Phạm Quốc Nguyên</i> | 396 |
| SƠ BỘ THÀNH PHẦN HÓA THỰC VẬT VÀ HOẠT TÍNH SINH HỌC CỦA MỘT SỐ CAO CHIẾT TỪ LÁ VÀ QUẢ SUNG ( <i>Ficus racemosa</i> )<br><i>Nguyễn Thị Hiền</i>  | 410 |
| TỔNG HỢP KALI FERRATE Fe(VI) VÀ ỨNG DỤNG TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI<br><i>Đỗ Thế Văn, Võ Hữu Công</i>  | 422 |
| PHÂN LẬP VÀ TUYỂN CHỌN GIỐNG VI SINH VẬT XỬ LÝ VỎ QUẢ SÀU RIÊNG<br><i>Nguyễn Thị Minh, Hoàng Thị Linh</i>   | 436 |
| TỐI ƯU HÓA ĐIỀU KIỆN CHIẾT POLYPHENOL VÀ KHẢ NĂNG KHÁNG OXI HÓA TỪ VỎ THÂN CÂY TÔ MỘC ( <i>Caesalpinia sappan L.</i> )<br><i>Vũ Thị Huyền, Lê Thị Thu Trang, Võ Hữu Công</i>  | 447 |
| TẬN DỤNG PHÉ THẢI NÔNG NGHIỆP PHỤC VỤ CHO TRỒNG TRỌT<br><i>Võ Đình Long, Phạm Thị Lý Hoài, Võ Hữu Công</i>  | 458 |
| TUYỂN CHỌN VI SINH VẬT NỘI SINH TỪ VÙNG SINH THÁI ĐẤT CHUA MẶN LÀM GIỐNG SẢN XUẤT CHẾ PHẨM VI SINH VẬT<br><i>Nguyễn Tú Diệp, Nguyễn Thị Minh</i>  | 467 |
| ĐÁNH GIÁ BIẾN ĐỘNG KHÔNG GIAN - THỜI GIAN CỦA CHẤT LƯỢNG NƯỚC LƯU VỰC SÔNG MÃ GIAI ĐOẠN 2019-2024<br><i>Nguyễn Thị Hồng Ngọc, Trần Anh Quân</i>   | 476 |
| BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ HỆ THỐNG TRỒNG TRỌT: CƠ CHẾ TÁC ĐỘNG ĐẾN SINH LÝ, MÙA VỤ, NĂNG SUẤT VÀ CHẤT LƯỢNG NÔNG SẢN TRONG BỐI CẢNH VIỆT NAM<br><i>Nguyễn Thị Bích Yên, Phan Thị Hải Luyến, Phan Thị Thúy, Ngô Thế Ân</i>   | 489 |
| HIỆN TRẠNG SỐC KHÍ HẬU, SỐC SINH HỌC VÀ MỨC ĐỘ PHỐI NHIỄM CỦA NÔNG HỘ TRONG CANH TÁC NÔNG NGHIỆP TẠI MIỀN TRUNG VIỆT NAM<br><i>Phan Thị Hải Luyến, Ngô Thế Ân, Dương Thị Huyền</i>                                    | 504 |
| BIẾN ĐỘNG THẨM PHỦ VÀ SỬ DỤNG ĐẤT VỚI RỦI RO NGẬP LỤT: TIẾP CẬN GIS CHO KHU VỰC PHÍA BẮC<br><i>Ngô Thế Ân, Phan Thị Hải Luyến</i>   | 515 |

|   |     |
|---|-----|
| NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIỚI HẠN MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU ĐỐI VỚI XE CƠ GIỚI MỚI NHẪM HƯỚNG TỚI THỰC HIỆN ĐÓNG GÓP DO QUỐC GIA TỰ QUYẾT ĐỊNH (NDC) CỦA VIỆT NAM<br><i>Nguyễn Ngọc Tú, Trịnh Quang Huy, Đinh Trọng Khang</i> .....             | 523 |
| PHÂN TÍCH PHÂN BỐ NGUỒN PHÁT THẢI KHÔNG KHÍ TẠI TỈNH BẮC NINH GIAI ĐOẠN 2021-2025<br><i>Trịnh Quang Huy, Nguyễn Ngọc Tú</i> .....   | 536 |
| QUẢN LÝ RỦI RO MÔI TRƯỜNG VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TẠI VIỆT NAM: QUAN ĐIỂM MÔI TRƯỜNG, XÃ HỘI VÀ QUẢN TRỊ<br><i>Huỳnh Văn Bình, Huỳnh Bảo Trang, Trịnh Phước Nguyên, Phạm Thị Như, Nguyễn Trương Quang Huy</i> .....                         | 549 |
| CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN HÀNH VI SỬ DỤNG XE ĐIỆN NHẪM GIẢM PHÁT THẢI PM2.5: TIẾP CẬN LÝ THUYẾT HÀNH VI HOẠCH ĐỊNH (TPB) MỞ RỘNG TẠI HÀ NỘI<br><i>Nguyễn Hồng Quân, Nguyễn Hương Giang, Trần Thanh Hoàng, Nguyễn Thị Thu Hương</i> ..... | 560 |
| MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN NHÀ MÀNG, NHÀ LƯỚI TÍCH HỢP CÔNG NGHỆ IOT PHỤC VỤ TRỒNG HOA, QUẢ, RAU AN TOÀN GẮN VỚI DU LỊCH SINH THÁI, TRẢI NGHIỆM TẠI TỈNH HƯNG YÊN<br><i>Vũ Văn Chát, Nguyễn Tuấn Anh</i> .....                  | 581 |
| CÔNG NGHỆ GEOAI VÀ ỨNG DỤNG TRONG GIÁM SÁT MÔI TRƯỜNG.....  | 593 |
| <i>Võ Chí Mỹ, Nguyễn Quốc Long, Võ Ngọc Dũng</i>  |     |
| ĐÁNH GIÁ TÍNH BỀN VỮNG CỦA THƯƠNG MẠI LÚA GẠO DƯỚI GÓC NHÌN TÀI NGUYÊN NƯỚC<br><i>Nguyễn Thị Thu Hương, Phạm Ngọc Kiên</i> .....  | 602 |
| GIẢI PHÁP NÂNG CAO NHÂN LỰC THỰC HIỆN CÔNG TÁC QUẢN LÝ RỦI RO MÔI TRƯỜNG VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU XÃ ĐẠI HOÀNG, TỈNH NINH BÌNH<br><i>Nguyễn Thị Thanh Huệ</i> .....  | 618 |
| ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ MƯA AXIT VÀ TÁC ĐỘNG TIỀM TÀNG ĐẾN ĐẤT CANH TÁC NÔNG NGHIỆP Ở VIỆT NAM<br><i>Doãn Hà Phong</i> .....   | 628 |
| ĐÁNH GIÁ BIẾN ĐỔI CÁC CHỈ SỐ KHÍ HẬU CỤC ĐOẠN TẠI VÙNG ĐÔNG BẮC VIỆT NAM<br><i>Trần Anh Quân</i> .....  | 644 |
| ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ SỬ DỤNG HÀM BIOGAS TRONG CHĂN NUÔI LỢN TẠI TẢN LĨNH, BA VÌ, HÀ NỘI<br><i>Phan Thị Thúy, Nguyễn Tuyết Lan</i> .....  | 663 |

|   |     |
|---|-----|
| VỊ TRÍ VÀ VAI TRÒ CỦA CÁC TÁC NHÂN CHÍNH TRONG NÔNG NGHIỆP TUẦN HOÀN<br>TẠI VIỆT NAM: TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU TẠI TỈNH THỪA THIÊN HUẾ VÀ<br>NAM ĐỊNH<br><i>Nguyễn Thanh Lâm, Cao Trường Sơn</i> .....                                   | 672 |
| ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG SỬ DỤNG TÚI NILON TRONG MỘT SỐ SIÊU THỊ Ở THÀNH<br>PHỐ ĐÀ NẴNG<br><i>Trần Thị Thu Hương, Vũ Thị Thu Vân, Nguyễn Mai Hoa, Đỗ Thị Hải, Đỗ Cao Cường</i> ...   | 685 |
| ÁP DỤNG MÔ HÌNH KINH TẾ TUẦN HOÀN TRONG SẢN XUẤT DƯA LƯỚI - PHÂN TÍCH<br>HIỆU QUẢ KINH TẾ VÀ TÍNH BỀN VỮNG<br><i>Vũ Thị Lan Anh, Trần Thị Ngọc, Nguyễn Thị Hồng</i> .....   | 694 |
| ĐÁNH GIÁ PHÁT TRIỂN KINH TẾ THEO KHÔNG GIAN DỰA TRÊN DỮ LIỆU ÁNH SÁNG<br>BAN ĐÊM: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỈNH CAO BẰNG, VIỆT NAM<br><i>Phan Thị Mai Hoa, Trần Thị Phương Dung</i> .....  | 706 |
| ĐỘNG LỰC MÊ-TAN TRONG HỒ NƯỚC NGỌT: QUÁ TRÌNH, CƠ CHẾ ĐIỀU KHIỂN VÀ<br>Ý NGHĨA KHÍ HẬU<br><i>Nguyễn Thị Khánh Huyền</i> .....   | 717 |
| PHÁT THẢI VÀ GIẢI PHÁP GIẢM KHÍ NHÀ KÍNH TRONG CANH TÁC LÚA TẠI VÙNG<br>ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG<br><i>Bùi Thị Phương Loan, Đỗ Thanh Định, Mai Văn Trịnh, Đinh Quang Hiếu Nguyễn Thị Mai<br/>Chi, Đinh Thị Hải Vân, Lê Thị Hương</i> ..... | 732 |
| PHÁP LUẬT VỀ ĐIỆN NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO Ở VIỆT NAM TRONG BỐI CẢNH THỰC<br>HIỆN CAM KẾT NET ZERO 2050<br><i>Dư Văn Toán, Phạm Thị Bắc Hà</i> .....  | 747 |

# ĐÁNH GIÁ BIẾN ĐỘNG KHÔNG GIAN - THỜI GIAN CỦA CHẤT LƯỢNG NƯỚC LƯU VỰC SÔNG MÃ GIAI ĐOẠN 2019-2024

Nguyễn Thị Hồng Ngọc<sup>1</sup>, Trần Anh Quân<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>*Khoa Tài nguyên và Môi trường, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

<sup>2</sup>*Khoa Môi trường, Trường Đại học Mở - Địa chất*

\*Tác giả liên hệ: [quantrananh.hung@gmail.com](mailto:quantrananh.hung@gmail.com)

Ngày nhận bài: 2/4/2026

Ngày chấp nhận đăng: 10/05/2026

## TÓM TẮT

Biến động chất lượng nước mặt trong lưu vực sông Mã giai đoạn 2019-2024 được đánh giá dựa trên dữ liệu quan trắc tại 22 vị trí đại diện cho các đoạn thượng lưu, trung lưu và hạ lưu. Các thông số chính gồm DO, BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> được phân tích thông qua thống kê mô tả, kiểm định xu thế Mann-Kendall và phân tích thành phần chính (PCA) nhằm xác định đặc điểm biến động và các yếu tố chi phối chất lượng nước. Kết quả cho thấy phần lớn giá trị BOD<sub>5</sub> và COD nằm trong giới hạn cho phép của quy chuẩn chất lượng nước mặt, với hơn 96% số mẫu đạt mức chất lượng tốt, trong khi nồng độ DO tại tất cả các điểm quan trắc đều duy trì trên 4 mg/L. Sự khác biệt không gian thể hiện ở việc khu vực thượng lưu ghi nhận một số giá trị BOD<sub>5</sub> và COD cao hơn, trong khi khu vực hạ lưu có xu hướng tích tụ một số chất ô nhiễm do điều kiện thủy động lực yếu hơn. Phân tích xu thế cho thấy BOD<sub>5</sub> và COD có xu hướng giảm trong giai đoạn nghiên cứu, trong khi N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> có xu hướng gia tăng. Kết quả PCA xác định ba nhóm yếu tố chính giải thích khoảng 64,9% tổng phương sai của bộ dữ liệu, bao gồm nguồn thải hữu cơ, quá trình xói mòn-rũa trôi trong mùa mưa và tác động từ hoạt động nông nghiệp. Những phát hiện này cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho công tác quản lý và bảo vệ tài nguyên nước trong lưu vực sông Mã.

*Từ khóa:* Chất lượng nước mặt, sông Mã, Biến động không gian-thời gian, Mann-Kendall, PCA

## Assessment of Spatiotemporal Variations in Water Quality in The Ma River Basin during 2019-2024

### ABSTRACT

Variations in surface water quality in the Ma River Basin during the period 2019-2024 were assessed using monitoring data from 22 stations representing the upstream, midstream, and downstream sections of the river. Key water quality parameters, including DO, BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, and N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, were analyzed using descriptive statistics, the Mann-Kendall trend test, and Principal Component Analysis (PCA) to identify spatiotemporal patterns and the main factors influencing water quality. The results indicate that most BOD<sub>5</sub> and COD values remained within the permissible limits of the national surface water quality standards, with more than 96% of the samples classified as good quality. Dissolved oxygen concentrations at all monitoring sites consistently remained above 4 mg/L. Spatial differences were observed, with relatively higher BOD<sub>5</sub> and COD values in upstream areas, whereas the downstream section showed a tendency for pollutant accumulation due to weaker hydrodynamic conditions. Trend analysis revealed decreasing tendencies in BOD<sub>5</sub> and COD over the study period, while N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentrations showed an increasing trend. PCA results identified three principal factors explaining approximately 64.9% of the total variance in the dataset, including organic pollution sources, erosion and runoff processes during the rainy season, and agricultural activities. These findings provide an important scientific basis for water resource management and protection in the Ma River Basin.

*Keywords:* Surface water quality; Ma River Basin; Spatiotemporal variation; Mann-Kendall test; PCA

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lưu vực Sông Mã là một trong những hệ thống sông lớn ở khu vực Bắc Trung Bộ với diện tích khoảng 28.400 km<sup>2</sup>, trong đó phần lớn diện tích nằm trên địa bàn tỉnh Thanh Hóa. Hạ lưu sông Mã chảy qua các khu vực đô thị, nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản trước khi đổ ra Vịnh Bắc Bộ, đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước cho sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp, công nghiệp và các hoạt động kinh tế-xã hội của khu vực. Trong những năm gần đây, quá trình đô thị hóa, phát triển công nghiệp và mở rộng sản xuất nông nghiệp đã làm gia tăng áp lực lên nguồn nước mặt tại khu vực hạ lưu sông Mã. Các nguồn thải từ sinh hoạt, nông nghiệp và công nghiệp có thể làm gia tăng tải lượng chất hữu cơ, dinh dưỡng và vi sinh vật trong nguồn nước, ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh cũng như khả năng khai thác và sử dụng nước cho phát triển kinh tế-xã hội.

Trên thế giới, đánh giá chất lượng nước mặt đã được nghiên cứu rộng rãi nhằm hỗ trợ quản lý tài nguyên nước và bảo vệ môi trường. Trong đó, phân tích biến động không gian-thời gian được xem là phương pháp hiệu quả để nhận diện xu hướng thay đổi chất lượng nước và mối liên hệ với các yếu tố môi trường (Pratama & cs., 2020; Molekoa & cs., 2021; Chen & cs., 2019). Nhiều nghiên cứu đã ứng dụng các phương pháp thống kê đa biến như phân tích thành phần chính (PCA) và phân tích cụm (CA) nhằm xác định các thông số quan trọng, nhận diện nguồn ô nhiễm và hỗ trợ tối ưu hóa mạng lưới quan trắc (Shishaye & cs., 2020; Uslu & cs., 2024). Gần đây, Jordan & cs. (2024) cũng nhấn mạnh vai trò của phân tích không gian-thời gian trong việc nhận diện các khu vực suy giảm chất lượng nước, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý môi trường nước.

Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm đánh giá chất lượng nước mặt tại các lưu vực sông và hệ thống thủy vực quan trọng. Các nghiên cứu tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long cho thấy nước mặt tại nhiều khu vực bị ảnh hưởng bởi ô nhiễm hữu cơ, dinh dưỡng và vi sinh vật, thể hiện qua nồng độ BOD, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và coliform cao (Nguyen Thanh Giao & cs., 2021; Nguyen Thanh Giao & Huynh Thi Hong Nhen 2022; Tran Thi Kim Hong & Nguyen Thanh Giao., 2022). Ngoài ra, một số nghiên cứu đã kết hợp các chỉ số chất lượng nước và phương pháp phân tích thống kê để đánh giá hiện trạng và xu hướng biến động chất lượng nước tại các thủy vực nội địa và vùng ven biển (Pham Luu Thanh & cs., 2022; Le Viet Thang & cs., 2023).

Đối với lưu vực sông Mã, một số nghiên cứu đã đánh giá rủi ro môi trường nước và hiện trạng ô nhiễm tại một số khu vực thuộc tỉnh Thanh Hóa. Ngoài ra, các nghiên cứu gần đây đã thử nghiệm ứng dụng các mô hình học máy trong giám sát chất lượng nước tại thượng lưu sông Mã, cho thấy tiềm năng của các phương pháp phân tích hiện đại trong quản lý tài nguyên nước (Ngo Thanh Son & Huu Duong Nong 2024; Ngo Thanh Son & Nguyen Duc Loc, 2024). Tuy nhiên, các nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào một số khu vực hoặc các khía cạnh riêng lẻ của chất lượng nước. Mặc dù đã có một số nghiên cứu liên quan đến chất lượng nước sông Mã, nhưng vẫn còn tồn tại một số hạn chế. Trước hết, lưu vực sông Mã có diện tích lớn và điều kiện tự nhiên đa dạng, dẫn đến sự khác biệt đáng kể về điều kiện thủy văn, sử dụng đất và các hoạt động kinh tế - xã hội trong lưu vực. Bên cạnh đó, dữ liệu quan trắc chất lượng nước thực đo tại khu vực vẫn còn hạn chế và thiếu tính đồng bộ về không gian và thời gian, đặc biệt tại khu vực hạ lưu-nơi chịu tác động mạnh từ các hoạt động đô thị, công nghiệp và nông nghiệp.

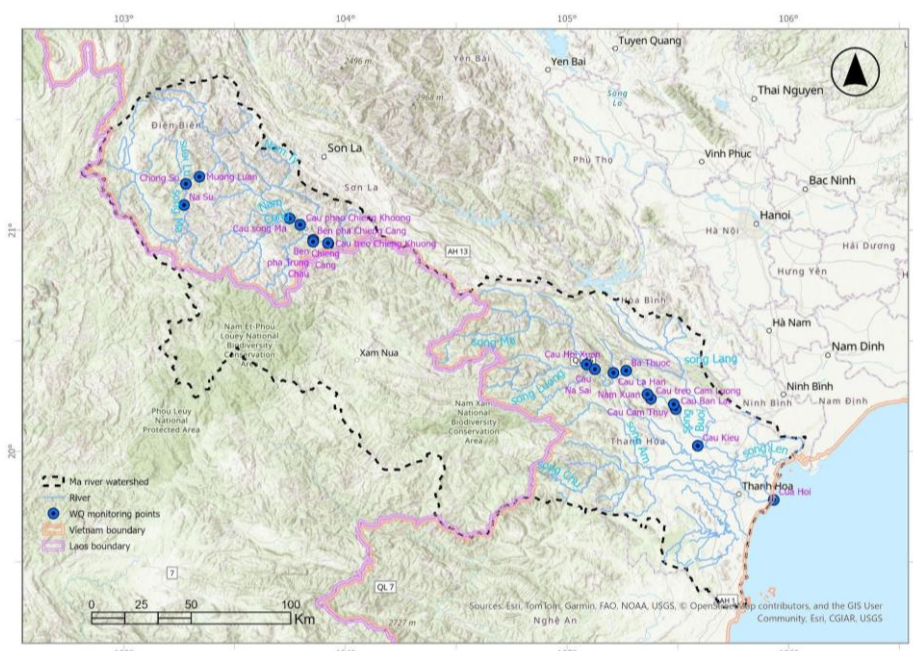
Phần lớn các nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung vào đánh giá hiện trạng hoặc rủi ro môi trường, trong khi các nghiên cứu phân tích xu hướng biến động dài hạn dựa trên chuỗi dữ liệu

quan trắc hệ thống vẫn còn hạn chế. Tình trạng thiếu hụt dữ liệu quan trắc đồng bộ cũng là thách thức phổ biến trong nghiên cứu chất lượng nước tại nhiều quốc gia đang phát triển, ảnh hưởng đến độ tin cậy của các phân tích xu hướng (Shishaye & cs., 2020; Le Viet Thang & cs., 2023). Xuất phát từ các vấn đề trên, nghiên cứu này nhằm đánh giá hiện trạng và xu hướng biến động không gian-thời gian của chất lượng nước mặt tại khu vực thượng lưu và hạ lưu vực sông Mã, trong giai đoạn 2019-2024. Nghiên cứu sử dụng bộ dữ liệu quan trắc định kỳ do cơ quan quản lý môi trường địa phương thực hiện, kết hợp với các phương pháp phân tích thống kê đa biến nhằm xác định các thông số chất lượng nước quan trọng, nhận diện xu hướng biến động và các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng nước. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học phục vụ công tác quản lý, bảo vệ nguồn nước và hỗ trợ xây dựng các giải pháp quản lý tài nguyên nước bền vững cho khu vực hạ lưu sông Mã.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Địa điểm nghiên cứu

Lưu vực Sông Mã là một trong những hệ thống sông lớn ở khu vực Bắc Trung Bộ Việt Nam với diện tích khoảng 28.400 km<sup>2</sup>, trong đó một phần thượng nguồn nằm trên lãnh thổ Lào và phần lớn diện tích còn lại thuộc Việt Nam. Sông Mã bắt nguồn từ khu vực núi cao phía tây, chảy qua các khu vực miền núi, trung du và đồng bằng trước khi đổ ra Vịnh Bắc Bộ tại khu vực Cửa Hới thuộc tỉnh Thanh Hóa.



**Hình 1. Vị trí các trạm quan trắc chất lượng nước sông Mã định kỳ trên lãnh thổ Việt Nam**

Trong nghiên cứu này, hệ thống điểm quan trắc được bố trí dọc theo trục chính của sông Mã, bao gồm các khu vực thượng lưu, trung lưu và hạ lưu nhằm phản ánh sự biến đổi của chất lượng nước theo không gian. Tổng cộng có 22 điểm quan trắc được sử dụng trong phân tích, trong đó 7

điểm thuộc khu vực thượng lưu, 7 điểm thuộc khu vực trung lưu và 8 điểm thuộc khu vực hạ lưu cửa sông (Hình 1). Các điểm quan trắc này đại diện cho các điều kiện thủy văn và đặc điểm sử dụng đất khác nhau trong lưu vực. Tuy nhiên, do hạn chế về dữ liệu quan trắc tại khu vực trung lưu nằm trên lãnh thổ Lào, bộ dữ liệu chủ yếu tập trung vào các điểm quan trắc thuộc phần lưu vực trên lãnh thổ Việt Nam.

## 2.2. Dữ liệu chất lượng môi trường nước

### 2.2.1. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu chất lượng nước sử dụng trong nghiên cứu được thu thập từ chương trình quan trắc môi trường do cơ quan quản lý môi trường địa phương thực hiện theo quy định kỹ thuật tại Thông tư 10/2021/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Bộ dữ liệu bao gồm các kết quả quan trắc chất lượng nước tại các điểm quan trắc thuộc lưu vực sông Mã trong giai đoạn 2019-2024. Tổng cộng có 16 thông số chất lượng nước được phân tích, bao gồm các nhóm thông số vật lý, hóa học và sinh học như: pH, nhiệt độ, độ đục, tổng chất rắn hòa tan (TDS), tổng chất rắn lơ lửng (TSS), độ dẫn điện, oxy hòa tan (DO), nhu cầu oxy sinh hóa ( $BOD_5$ ), nhu cầu oxy hóa học (COD), amoni ( $N-NH_4^+$ ), nitrit ( $N-NO_2^-$ ), nitrat ( $N-NO_3^-$ ), clorua ( $Cl^-$ ), xyanua ( $CN^-$ ), thủy ngân (Hg) và photphat ( $PO_4^{3-}$ ). Các thông số này được so sánh với các giá trị giới hạn quy định trong QCVN 08-MT: 2023/BTNMT nhằm đánh giá mức độ đáp ứng tiêu chuẩn chất lượng nước.

**Bảng 1. Vị trí các điểm quan trắc chất lượng nước định kỳ trên sông Mã**

| Tên trạm               | Kinh độ | Vĩ độ  | Phân đoạn sông    | Vị trí hành chính            |
|------------------------|---------|--------|-------------------|------------------------------|
| Na Su                  | 103.271 | 21.114 | Thượng lưu        | Tuần Giáo, Điện Biên         |
| Chống Sur              | 103.280 | 21.209 | Thượng lưu        | Tuần Giáo, Điện Biên         |
| Mường Luân             | 103.341 | 21.242 | Thượng lưu        | Điện Biên Đông, Điện Biên    |
| Cầu sông Mã            | 103.748 | 21.053 | Thượng lưu        | Sông Mã, Sơn La              |
| Cầu treo Chiềng Khương | 103.923 | 20.939 | Thượng lưu        | Sông Mã, Sơn La              |
| Cầu phao Chiềng Khoong | 103.796 | 21.025 | Thượng lưu        | Sông Mã, Sơn La              |
| Bến phà Trung Châu     | 103.854 | 20.948 | Thượng lưu        | Sông Mã, Sơn La              |
| Bến phà Chiềng Cang    | 103.854 | 20.957 | Thượng lưu        | Sông Mã, Sơn La              |
| Chiềng Cang            | 103.921 | 20.942 | Thượng lưu        | Sông Mã, Sơn La              |
| Cầu Na Sài             | 105.126 | 20.372 | Trung lưu         | Quan Hóa, Thanh Hóa          |
| Cầu La Hán             | 105.209 | 20.355 | Trung lưu         | Quan Hóa, Thanh Hóa          |
| Cầu treo Cẩm Lương     | 105.378 | 20.238 | Trung lưu         | Quan Hóa, Thanh Hóa          |
| Cầu Cẩm Thủy           | 105.482 | 20.213 | Trung lưu         | Quan Hóa, Thanh Hóa          |
| Cầu Bản Lát            | 105.491 | 20.191 | Trung lưu         | Quan Hóa, Thanh Hóa          |
| Nam Xuân               | 105.363 | 20.259 | Trung lưu         | Quan Hóa, Thanh Hóa          |
| Cầu Kiểu               | 105.590 | 20.026 | Hạ lưu            | Quan Hóa, Thanh Hóa          |
| Cầu Hồi Xuân           | 105.088 | 20.393 | Trung lưu         | Quan Hóa, Thanh Hóa          |
| Bá Thước               | 105.267 | 20.365 | Trung lưu         | Quan Hóa, Thanh Hóa          |
| Cửa Hới                | 105.933 | 19.781 | Hạ lưu / Cửa sông | Thành phố Sầm Sơn, Thanh Hóa |
| Na Su                  | 103.271 | 21.114 | Thượng lưu        | Tuần Giáo, Điện Biên         |

Trong giai đoạn nghiên cứu 2019-2024, tổng cộng 946 lượt quan trắc đã được thực hiện tại 22 điểm quan trắc dọc theo lưu vực (Bảng 1, hình 1). Tần suất quan trắc khoảng 6 đợt/năm trong năm 2019 và tăng lên khoảng 8 đợt/năm từ năm 2020 đến năm 2024, tương đương trung bình khoảng 43 lần quan trắc tại mỗi điểm trong toàn bộ giai đoạn nghiên cứu. Tần suất này cho phép phản ánh tương đối đầy đủ các biến động theo mùa, bao gồm sự khác biệt giữa mùa mưa và mùa khô.

Để đảm bảo độ tin cậy của phân tích, chuỗi số liệu quan trắc được kiểm tra và xử lý trước khi thực hiện các phương pháp thống kê. Trước hết, dữ liệu được rà soát về tính đầy đủ và nhất quán, loại bỏ các giá trị thiếu hoặc bất hợp lý (ví dụ: giá trị âm đối với các thông số không thể âm, sai khác rõ rệt do lỗi nhập liệu). Các giá trị ngoại lai được xác định thông qua phương pháp thống kê dựa trên khoảng tứ phân vị (IQR), trong đó các giá trị nằm ngoài khoảng  $[Q1-1.5 \times IQR; Q3+1.5 \times IQR]$  được xem là ngoại lai tiềm năng. Các điểm này không bị loại bỏ một cách cơ học mà được kiểm tra chéo với nhật ký quan trắc và điều kiện thực tế (mưa lớn, xả thải đột biến,...); chỉ những giá trị được xác định là sai lệch do lỗi đo đạc hoặc xử lý mới bị loại khỏi tập dữ liệu.

### 2.2.2. Phương pháp phân tích



Hình 2. Quy trình nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng kết hợp các phương pháp phân tích thống kê và phân tích không gian nhằm đánh giá biến động chất lượng nước theo không gian và thời gian trong lưu vực Sông Mã (Hình 2). Trước hết, thống kê mô tả được sử dụng để xác định đặc trưng phân bố của các thông số chất lượng nước tại các điểm quan trắc, bao gồm các giá trị trung bình, cực đại, cực tiểu và độ lệch chuẩn. Kết quả này giúp nhận diện sơ bộ các khu vực có dấu hiệu suy giảm chất lượng nước.

Tiếp theo, phân tích biến động theo không gian được thực hiện thông qua việc so sánh giá trị trung bình của các thông số chất lượng nước giữa các khu vực thượng lưu, trung lưu và hạ lưu nhằm đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố sử dụng đất và hoạt động kinh tế-xã hội đến chất lượng nước dọc theo dòng sông.

Ngoài ra, phân tích biến động theo thời gian được thực hiện dựa trên chuỗi dữ liệu quan trắc giai đoạn 2019-2024 nhằm xác định xu hướng thay đổi của các thông số chất lượng nước trong thời gian nghiên cứu. Xu hướng biến đổi của các thông số chất lượng nước được đánh giá bằng kiểm định phi tham số Mann-Kendall, một phương pháp được sử dụng rộng rãi trong phân tích chuỗi thời gian môi trường do không yêu cầu dữ liệu tuân theo phân bố chuẩn và ít bị ảnh hưởng bởi các giá trị ngoại lai. Hệ số độ dốc Sen (Sen's slope estimator) được sử dụng kết hợp với kiểm định Mann-Kendall để ước lượng tốc độ và chiều hướng biến đổi của các thông số chất lượng nước theo thời gian. Ý nghĩa thống kê của xu hướng được đánh giá tại mức tin cậy 95% ( $p < 0,05$ ).

Bên cạnh đó, các phương pháp thống kê đa biến như phân tích thành phần chính (PCA) và phân tích cụm (CA) được áp dụng nhằm xác định các nhóm thông số có mối quan hệ chặt chẽ và phân loại các điểm quan trắc có đặc điểm chất lượng nước tương đồng. Các phương pháp này cho phép nhận diện các yếu tố chính chi phối sự biến động chất lượng nước trong lưu vực.

Quá trình xử lý số liệu, phân tích và biểu diễn kết quả được thực hiện trên Python 3.14 với các thư viện pandas và numpy.

### **3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN**

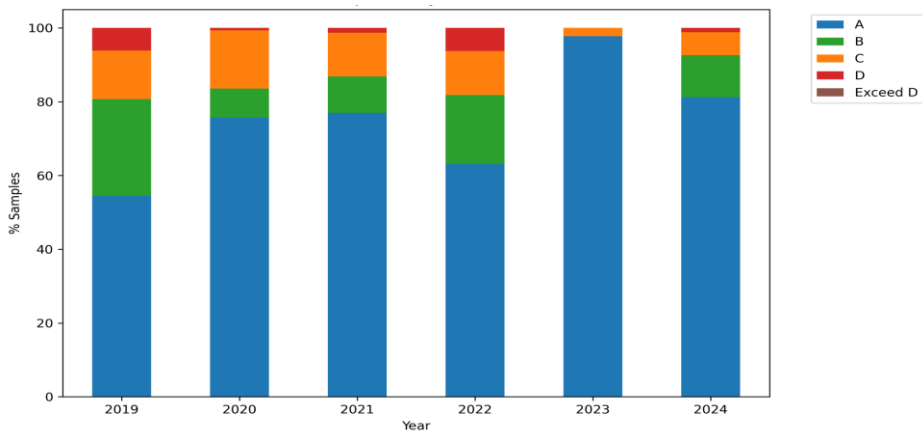
#### **3.1. Đánh giá chất lượng nước mặt lưu vực sông Mã giai đoạn 2019-2024**

Kết quả phân tích dữ liệu quan trắc chất lượng nước giai đoạn 2019-2024 theo QCVN 08: 2023/BTNMT cho thấy lưu vực sông Mã nhìn chung duy trì được nền chất lượng nước tương đối ổn định. Phần lớn các thông số hữu cơ như BOD<sub>5</sub> và COD nằm trong giới hạn cho phép của các mức chất lượng nước loại A và B (Hình 3-4). Hơn 96% trong tổng số 946 mẫu quan trắc dọc theo dòng sông đạt tiêu chuẩn chất lượng tốt hoặc trung bình, phản ánh khả năng tự làm sạch đáng kể của hệ thống sông thông qua các quá trình pha loãng, sục khí tự nhiên và phân hủy sinh học.

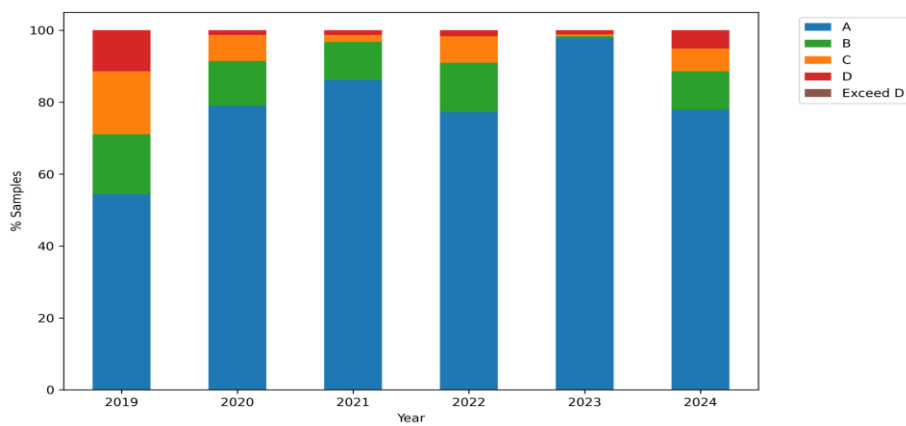
Đối với oxy hòa tan (DO), toàn bộ các mẫu quan trắc đều duy trì giá trị lớn hơn 4,0 mg/L tương ứng với ngưỡng tối thiểu của loại C theo quy chuẩn quốc gia (Hình 5). Điều này cho thấy hệ sinh thái thủy sinh trong lưu vực vẫn được duy trì ở trạng thái tương đối ổn định và chưa xuất hiện hiện tượng thiếu oxy diện rộng.

Tuy nhiên, một số thông số vẫn ghi nhận các giá trị vượt ngưỡng cục bộ. Khoảng 2,4% số mẫu BOD<sub>5</sub> và 3,3% số mẫu COD vượt quá giới hạn của các mức chất lượng nước thấp (Class C và D), cho thấy sự tồn tại của các điểm ô nhiễm cục bộ. Các trường hợp vượt ngưỡng này thường

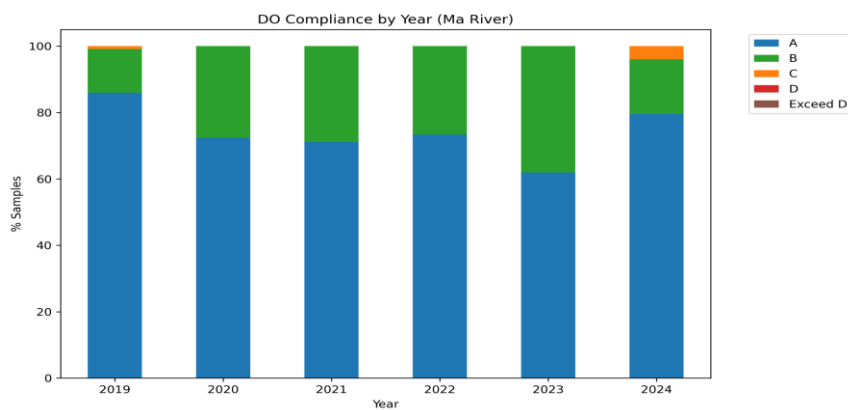
xuất hiện tại các khu vực thượng nguồn giáp biên giới hoặc vùng cửa sông nơi dòng chảy suy giảm và khả năng pha loãng bị hạn chế.



**Hình 3. Phân bố tỷ lệ các mức chất lượng nước dựa trên nồng độ BOD<sub>5</sub> sông Mã (2019-2024)**



**Hình 4. Phân bố tỷ lệ các mức chất lượng nước dựa trên nồng độ COD sông Mã (2019-2024)**

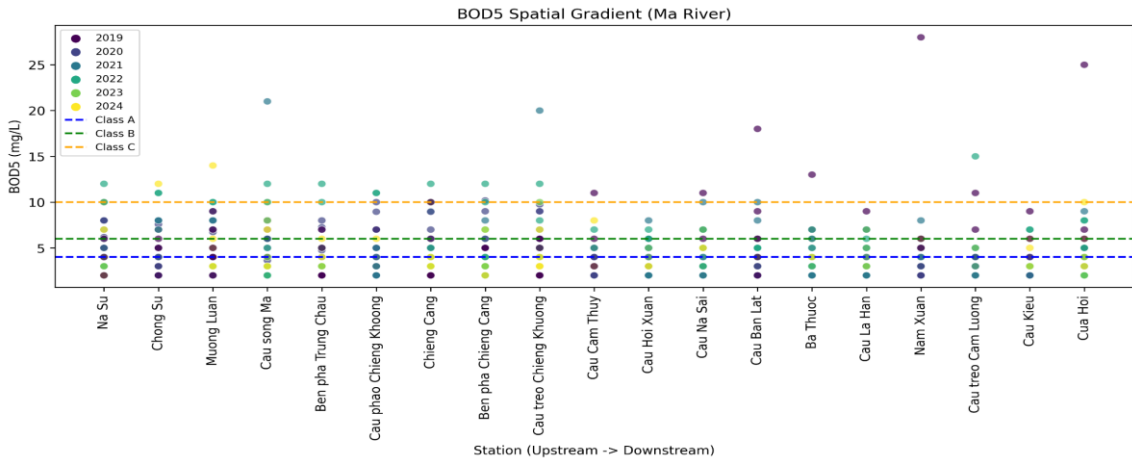


**Hình 5. Phân bố tỷ lệ các mức chất lượng nước dựa trên nồng độ DO Mã (2019-2024)**

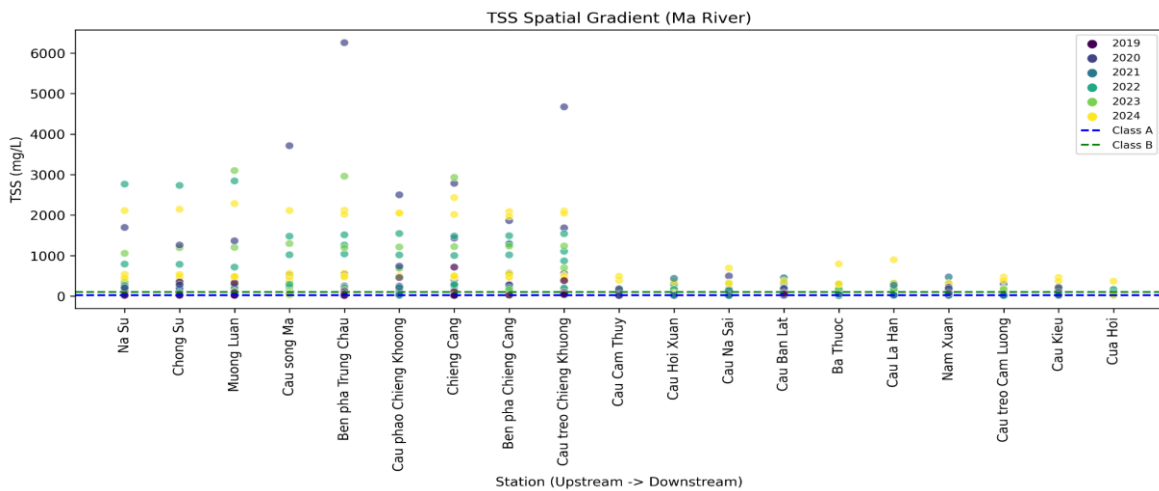
Thông số thể hiện mức độ suy giảm rõ rệt nhất là tổng chất rắn lơ lửng (TSS). Khoảng 31,2% dữ liệu quan trắc vượt ngưỡng 100 mg/L, phản ánh tình trạng xói mòn và rửa trôi đất mạnh tại khu vực thượng nguồn. Hàm lượng TSS cao làm giảm độ trong của nước, hạn chế quá trình quang hợp của thực vật thủy sinh và có thể vận chuyển kèm theo các chất ô nhiễm khác như kim loại nặng và dinh dưỡng. Điều này cho thấy yếu tố địa hình, sử dụng đất và xói mòn đất đóng vai trò quan trọng trong biến động chất lượng nước của lưu vực.

### 3.2. Phân bố không gian và đường lan truyền ô nhiễm

Phân tích phân bố không gian đối các thông số chất lượng nước (ví dụ BOD5, COD, pH, Hình 6-8) cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa các khu vực thượng lưu, trung lưu và hạ lưu của sông Mã. Ở khu vực thượng lưu, một số trạm quan trắc gần biên giới như Chiềng Khương, Na Su và Mường Luan ghi nhận nồng độ BOD<sub>5</sub> và COD cao hơn so với các khu vực khác.

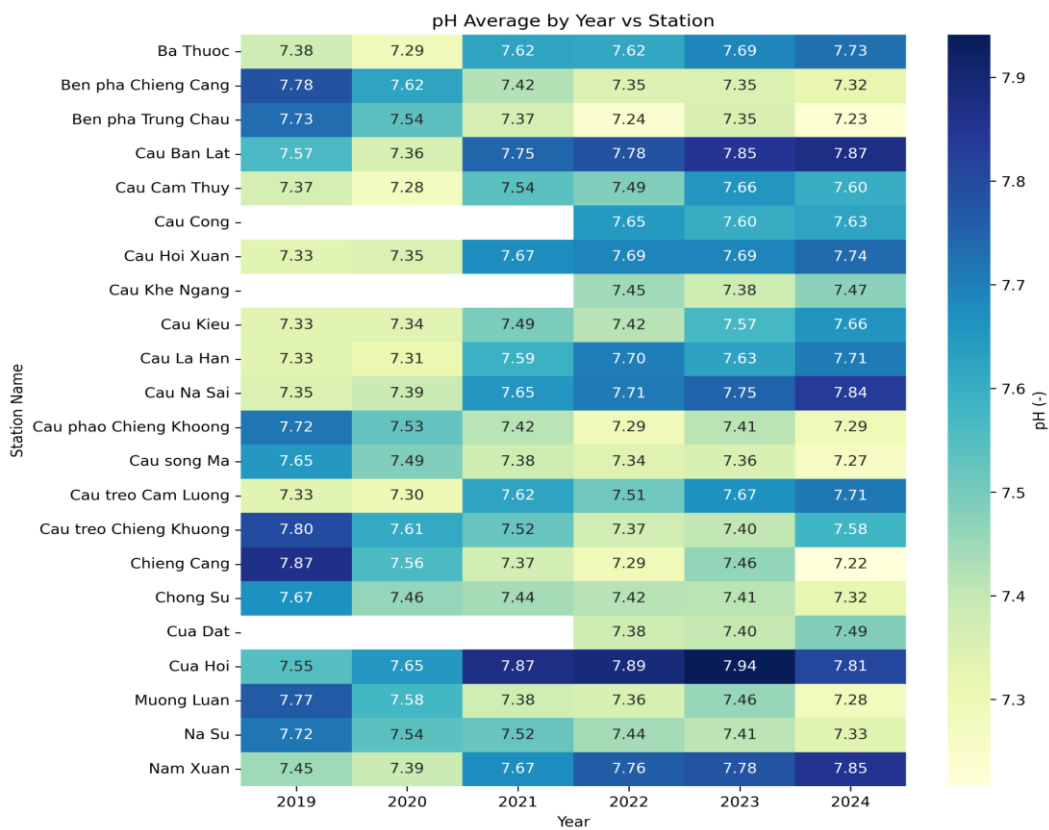


**Hình 6. Phân bố không gian theo năm của nồng độ BOD<sub>5</sub> dọc theo sông Mã từ thượng lưu đến hạ lưu (2019-2024)**



**Hình 7. Phân bố không gian theo năm của nồng độ TSS dọc theo sông Mã từ thượng lưu đến hạ lưu (2019-2024)**

Nguyên nhân chủ yếu liên quan đến các hoạt động sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp tại các khu vực dân cư thưa thớt ở vùng biên giới, nơi hệ thống xử lý nước thải còn hạn chế. Bên cạnh đó, địa hình dốc kết hợp với mưa lớn vào mùa mưa làm gia tăng quá trình xói mòn đất, dẫn đến hàm lượng TSS cao tại các vị trí như Bến phà Trung Châu. Tại khu vực trung lưu, nơi dòng sông mở rộng và nhận nước từ nhiều phụ lưu lớn, chất lượng nước nhìn chung được cải thiện nhờ hiệu ứng pha loãng và quá trình tự làm sạch. Các thông số BOD<sub>5</sub>, COD và DO chủ yếu duy trì trong giới hạn loại B, cho thấy khu vực này đóng vai trò như một vùng đệm sinh thái giúp giảm tải ô nhiễm từ thượng nguồn. Ở hạ lưu và vùng cửa sông, các chất ô nhiễm có xu hướng tích tụ do tốc độ dòng chảy giảm và chịu ảnh hưởng của thủy triều. Các trạm quan trắc tại khu vực Cửa Hới ghi nhận một số giá trị COD và TSS cao, đồng thời DO có xu hướng giảm so với khu vực trung lưu. Điều này phản ánh vai trò của vùng cửa sông như một khu vực tích tụ các chất ô nhiễm từ toàn bộ lưu vực.

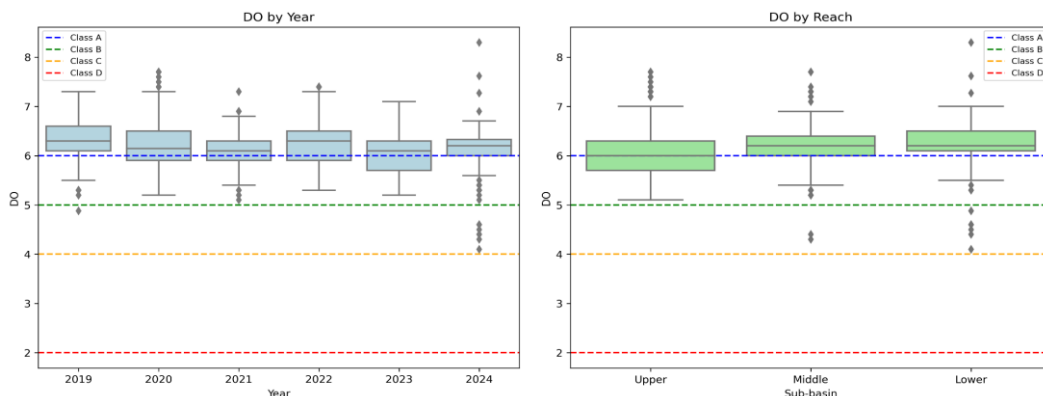


**Hình 8. Phân bố không gian và thời gian của pH theo các trạm quan trắc trong lưu vực sông Mã (2019-2024)**

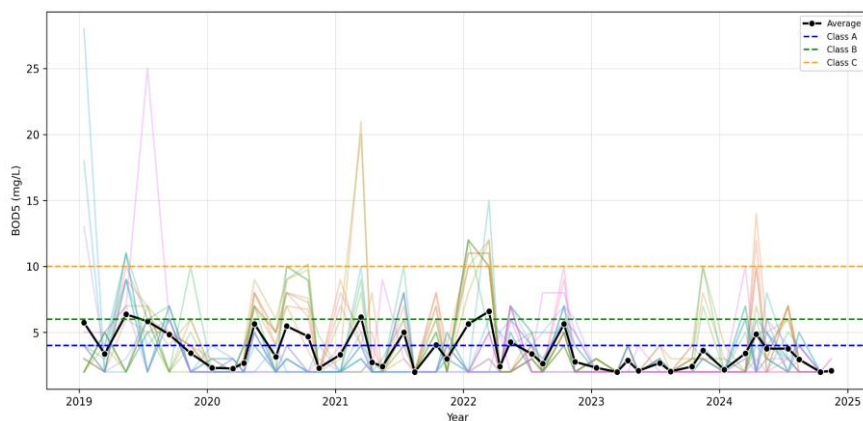
### 3.3. Biến động theo mùa và ảnh hưởng của điều kiện khí tượng

Biến động chất lượng nước sông Mã chịu ảnh hưởng mạnh của chế độ khí hậu gió mùa. Hai giai đoạn thủy văn chính là mùa mưa và mùa khô, tạo ra các đặc trưng khác biệt trong các thông số chất lượng nước (Hình 8-10). Trong mùa mưa (tháng 6-10), lượng mưa lớn làm gia tăng dòng chảy mặt và quá trình xói mòn đất tại khu vực thượng nguồn, dẫn đến sự gia tăng đáng kể của TSS. Nhiều giá trị TSS vượt xa giới hạn cho phép, thậm chí đạt tới hàng nghìn mg/L trong các sự

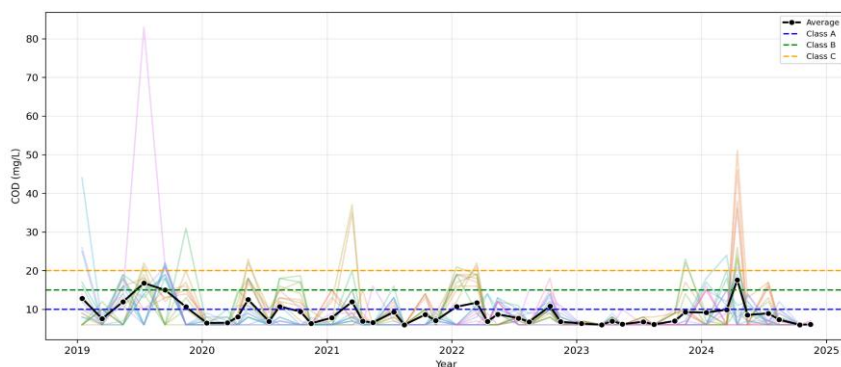
kiện lũ lớn. Nước đục làm giảm khả năng xuyên sáng, hạn chế hoạt động quang hợp và có thể ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh. Ngược lại, trong mùa khô (tháng 1-4), lưu lượng dòng chảy giảm làm suy giảm khả năng pha loãng các nguồn thải. Trong điều kiện dòng chảy chậm và nhiệt độ cao, các chất hữu cơ có xu hướng tích tụ, làm tăng COD và giảm DO cục bộ tại một số vị trí. Hiện tượng phân tầng nhiệt và thiếu oxy cục bộ có thể xuất hiện tại các đoạn sông chảy chậm hoặc vùng cửa sông.



**Hình 9. Phân bố nồng độ DO theo năm (hình trái) và theo các đoạn sông (hình phải)**



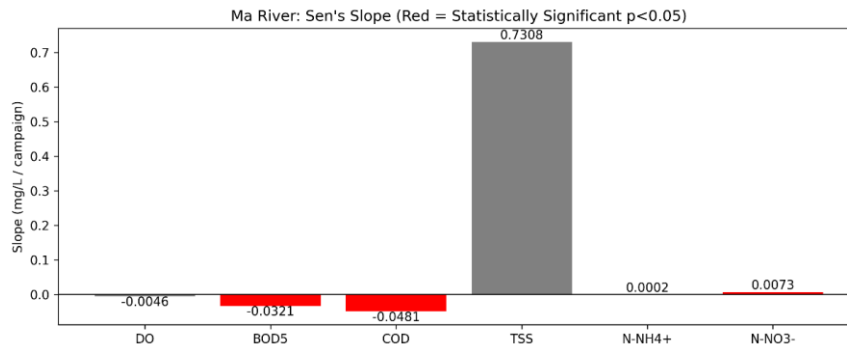
**Hình 10. Biến động theo thời gian của nồng độ BOD<sub>5</sub> (2019-2024)**



**Hình 11. Biến động theo thời gian của nồng độ COD (2019-2024).**

### 3.4. Phân tích xu thế biến động chất lượng nước giai đoạn 2019-2024

Kết quả kiểm định Mann-Kendall cho chuỗi dữ liệu quan trắc giai đoạn 2019-2024 cho thấy một số xu thế đáng chú ý trong các thông số chất lượng nước của lưu vực. Các thông số BOD<sub>5</sub> và COD có xu hướng giảm có ý nghĩa thống kê theo thời gian (Hình 12). Độ dốc Sen cho thấy BOD<sub>5</sub> giảm khoảng -0,032 mg/L mỗi đợt quan trắc và COD giảm khoảng -0,048 mg/L mỗi đợt. Xu thế này phản ánh hiệu quả của các biện pháp quản lý môi trường và hệ thống xử lý nước thải được triển khai tại các khu vực đô thị và công nghiệp trong lưu vực.



Hình 12. Phân tích xu thế Man-Kendall và Sen's slope cho các thông số chất lượng nước

Đối với DO, kết quả phân tích cho thấy xu hướng tương đối ổn định và không có sự thay đổi đáng kể theo thời gian. Điều này cho thấy khả năng tự làm sạch của hệ thống sông vẫn được duy trì ở mức ổn định. Tuy nhiên, nitrat (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) lại cho thấy xu hướng gia tăng có ý nghĩa thống kê, với độ dốc Sen khoảng +0,0073 mg/L mỗi đợt quan trắc. Sự gia tăng này được cho là liên quan đến việc sử dụng phân bón trong sản xuất nông nghiệp tại khu vực trung lưu, dẫn đến hiện tượng rửa trôi dinh dưỡng vào hệ thống sông. Trong khi đó, TSS không thể hiện xu hướng tăng hoặc giảm rõ rệt do biến động mạnh theo các sự kiện mưa lũ. Tuy nhiên, độ dốc Sen dương cho thấy xu hướng gia tăng nhẹ về dài hạn, phản ánh tình trạng xói mòn đất và suy giảm thảm thực vật tại khu vực thượng nguồn.

### 3.5. Phân tích thành phần chính (PCA) và nguồn gốc ô nhiễm

Kết quả phân tích Principal Component Analysis (PCA) cho thấy ba thành phần chính giải thích phần lớn biến động chất lượng nước trong lưu vực sông Mã (Hình 13). Thành phần chính thứ nhất (PC1) liên quan chủ yếu đến các thông số hữu cơ như BOD<sub>5</sub> và COD, phản ánh ảnh hưởng của các nguồn thải sinh hoạt và đô thị. Thành phần này chiếm tỷ lệ lớn nhất trong tổng phương sai của bộ dữ liệu.

Thành phần thứ hai (PC2) liên quan đến TSS và amoni, phản ánh các quá trình xói mòn đất và rửa trôi trong mùa mưa. Sự gia tăng TSS thường đi kèm với sự suy giảm DO do hạn chế quá trình quang hợp và tái oxy hóa trong nước.

Thành phần thứ ba (PC3) chịu ảnh hưởng chủ yếu bởi nitrat, phản ánh tác động của hoạt động nông nghiệp và việc sử dụng phân bón trong lưu vực. Điều này phù hợp với kết quả phân tích xu thế, cho thấy nồng độ nitrat đang có xu hướng gia tăng theo thời gian.