VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences

Journal homepage: https://js.vnu.edu.vn/EES

Original Article

Environmental Water Quality Trends in the Downstream Vu Gia River Section Passing Through Da Nang City

Do Hong Anh*, Nguyen Lan Huong

Hanoi University of Civil Engineering, Giai Phong, Hanoi, Vietnam

Received 26th February 2026
Revised 4th April 2026; Accepted 14th August 2026

Abstract: According to the master plan for Da Nang city until 2050, the main water sources for the city's activities are the Cu De, Yen, Tuy Loan, and Cau Do - Cam Le rivers. A study of the current of water quality from 2015 to 2023 shows that most of these rivers are showing signs of declining quality, characterized by BOD_5, COD, NH_4-N, and Coliform parameters. In the Cu De river basin, during the dry season, COD and BOD_5 concentrations exceed the standards by 0 to 1.5 and 1.4 to 2 times, respectively; during the rainy season, they exceed the standards by 1.1 to 1.6 and 1.5 to 2.25 times, respectively. In the Yen river basin, water quality shows signs of improvement but still exceeds QCVN 08:2023/BTNMT for Class A in both seasons. In the Tuy Loan river basin, the water quality is unsatisfactory, with BOD_5 and COD indicators exceeding standards by 1.1 to 2.25 times and showing signs of increasing in the last two years of the study period. In the Cau Do - Cam Le river basin, BOD_5 content in river water at most monitoring times from 2019 to 2023 exceeded the QCVN 08:2023/BTNMT standard and tended to increase during the study period. At all monitoring times in 2023, COD exceeded the standard by 1.4 to 1.6 times. Coliform in water samples monitored during the dry season basically met the requirements for class A sources, while during the rainy season it was generally higher than the dry season and exceeded the standard by 2-4 times. Regarding the NH_4-N indicator, the rivers studied met QCVN 08:2023/BTNMT standards at most monitoring points in both the rainy and dry seasons.

Keywords: Water environment, Vu Gia river, organic pollution, dowstream, Da Nang.

* Corresponding author.
E-mail address: anhdh@huce.edu.vn

https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5488

Diễn biến chất lượng môi trường nước nước hạ lưu sông Vu Gia đoạn chảy qua thành phố Đà Nẵng

Đỗ Hồng Anh*, Nguyễn Lan Hương

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Giải Phóng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 26 tháng 02 năm 2026
Chỉnh sửa ngày 4 tháng 4 năm 2026; Chấp nhận đăng ngày 14 tháng 8 năm 2026

Tóm tắt: Nguồn cung cấp nước chính cho hoạt động của thành phố Đà Nẵng theo quy hoạch tới năm 2050 là các sông Cu Đê, sông Yên, sông Tuý Loan và sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ. Nghiên cứu hiện trạng chất lượng môi trường nước giai đoạn 2015 – 2023 cho thấy hầu hết các sông này đang có dấu hiệu suy giảm về chất lượng, đặc trưng bởi các chỉ tiêu BOD_5, COD, NH_4-N và Coliform. Lưu vực sông Cu Đê, về mùa khô COD và BOD_5 vượt quy chuẩn từ 0 tới 1,5 và 1,4 tới 2; về mùa mưa vượt quy chuẩn từ 1,1 – 1,6 và từ 1,5 đến 2,25. Lưu vực sông Yên, chất lượng nước có dấu hiệu cải thiện tuy nhiên vẫn vượt quá QCVN 08:2023/BTNMT đối với nguồn loại A ở cả 2 mùa. Lưu vực sông Tuý Loan, chất lượng nước sông không đạt yêu cầu, chỉ tiêu BOD_5 và COD, vượt quy chuẩn từ 1,1 đến 2,25 lần và có dấu hiệu tăng lên trong 2 năm cuối của giai đoạn nghiên cứu. Lưu vực sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ, hàm lượng BOD_5 trong nước sông tại hầu hết các thời điểm quan trắc từ năm 2019 đến năm 2023 đều vượt quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT, và có xu hướng tăng lên trong giai đoạn nghiên cứu, tại mọi thời điểm quan trắc năm 2023 chỉ tiêu COD đều vượt quá quy chuẩn từ 1,4 đến 1,6 lần, Coliform trong mẫu nước quan trắc về mùa khô cơ bản đáp ứng yêu cầu đối với nguồn loại A và mùa mưa thường cao hơn mùa khô và vượt quá quy chuẩn từ 2 – 4 lần. Đối với chỉ tiêu NH_4-N các sông nghiên cứu đều có chất lượng đáp ứng QCVN 08:2023/BTNMT tại hầu hết các điểm quan trắc về cả mùa mưa và mùa khô.

Từ khóa: Môi trường nước, sông Vu gia, ô nhiễm hữu cơ, hạ lưu, Đà Nẵng.

1. Mở đầu

Đà Nẵng là một trong những trung tâm kinh tế lớn của khu vực miền Trung - Tây Nguyên. Mặc dù chỉ bằng khoảng 0,8% diện tích nhưng Thành phố Đà Nẵng tập trung hơn 1/6 số doanh nghiệp toàn vùng, tạo ra gần 1/13 GRDP và hơn 1/9 tổng thu ngân sách trên địa bàn 19 tỉnh miền Trung - Tây Nguyên vào năm 2020, Đà Nẵng hiện có tỷ lệ đô thị hóa lên đến 87,3%, cao gấp 2 lần bình quân toàn vùng. Trong vòng 10 năm (2011-2020), cơ cấu kinh tế vẫn dựa vào khu vực dịch vụ là khu vực chủ chốt, chiếm tỷ trọng lớn, các ngành phi nông nghiệp tăng lên, tỷ trọng các ngành nông, lâm nghiệp và thủy sản giảm xuống dưới 2,4%. Các ngành dịch vụ đã có đóng góp chủ đạo cho tăng trưởng kinh tế, song cũng chứa đựng yếu tố dễ bị tổng thương trước các tác động của các yếu tố phi truyền thống [1, 2].

Trên địa bàn thành phố Đà Nẵng gồm nhiều hệ thống sông ngòi trong đó đặc biệt là các sông thuộc hạ lưu sông Vu Gia gồm: sông Yên, Lạc Thành, Quá Giáng, La Thọ, Thanh Quýt, Cổ Cò. Sông Túy Loan có lưu vực nằm trên lãnh thổ thành phố (118,3 km^2) [3, 4]. Sông Cầu Đỏ là hợp lưu của sông Yên và sông Tuý Loan, ở hạ

* Tác giả liên hệ.
Địa chỉ email: anhdh@huce.edu.vn

https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5488

lưu còn gọi sông Cẩm Lệ. Sông Vĩnh Điện là đoạn sông nối giữa sông Thu Bồn và sông Hàn. Sông Hàn là sông tiếp nhận dòng chảy của sông Cầu Đỏ và sông Vĩnh Điện, đổ ra cửa biển qua sông Hàn. Chế độ dòng chảy của sông Hàn chịu ảnh hưởng mạnh mẽ bởi chế độ thủy triều vùng biển Đà Nẵng. Nguồn cung cấp nước chính cho thành phố là sông Cu Đê và thượng lưu sông Yên. Cùng với sông Cu Đê thì sông Phú Lộc là nhánh sông nội tỉnh, hiện nay sông Phú Lộc đã bị ô nhiễm do tiếp nhận nước thải từ các khu công nghiệp, khu dân cư với việc đảm nhận diện tích thoát nước thải của khoảng 3.400 ha và đặc biệt là tiếp nhận nước thải từ khu liên hợp xử lý rác Khánh Sơn với tổng lượng nước thải ước tính khoảng 2000 m^3/ngày đêm, chỉ số NH_4-N và COD vượt từ 2-3 lần so với quy chuẩn [5]. Các nguồn tác động tới chất lượng nguồn nước nước mặt từ hoạt động của thành phố Đà Nẵng gồm: i) Hoạt động thuỷ điện với 08 nhà máy thuỷ điện trên 30MW Theo quy hoạch thủy điện vừa và nhỏ đã được tỉnh Quảng Nam phê duyệt, sẽ xây dựng 40 nhà máy thủy điện có công suất từ 1-50 MW [1]. Việc phát triển các dự án thủy điện trên thượng nguồn đã ảnh hưởng đáng kể nguồn nước ở vùng hạ lưu Đà Nẵng; ii) Xâm nhập mặn; iii) Do hoạt động công nghiệp, mặc dù tỷ lệ đấu nối nước thải từ khu công nghiệp với mạng lưới thoát nước đạt 98%, nhưng chất lượng nước thải sau xử lý tập trung chưa giám sát chặt chẽ, nhiều thời điểm vượt quy chuẩn cho phép, trong giai đoạn 2021 – 2023, thông qua các đợt kiểm tra đột xuất tại khu công nghiệp Hoà Khánh và cơ sở sản xuất nhỏ lẻ ven sông Phú Lộc, các trung tâm giết mổ gia súc tại Hoà Vang, số vụ xả nước thải vượt quy chuẩn kỹ thuật chiếm tới 60% số vụ [6]; iv) Hoạt động của đô thị, Tổng lượng nước thải sinh hoạt toàn thành phố hiện nay ước tính khoảng 141.078 m^3/ngày đêm, nước thải được xử lý tập trung tại 5 trạm xử lý tập trung: Phú Lộc, Hòa Cường, Sơn Trà, Ngũ Hành Sơn và Hoà Xuân với tổng công suất là 167.100 m^3/ngày [4]. Nước thải sau xử lý đạt yêu cầu được thải ra sông Hàn và vịnh Đà Nẵng. Tình trạng xả nước thải sinh hoạt ra ngoài môi trường không qua hệ thống hoặc qua hệ thống thoát nước chung còn phổ biến, tỷ lệ đấu nối của mạng ống cấp 3 còn thấp, của quận Hải Châu là 65%, Liên Chiểu, Cẩm Lệ là 75% và các quận Thanh Khê và Sơn Trà là 50% [4]; và v) Các nguồn khác như hoạt động của tàu thuyền vùng cửa sông Hàn và âu thuyền Thọ Quang, khai thác cát sỏi thiếu kiểm soát, chất thải từ sản xuất nông nghiệp, hoạt động nuôi trồng thuỷ sản,…

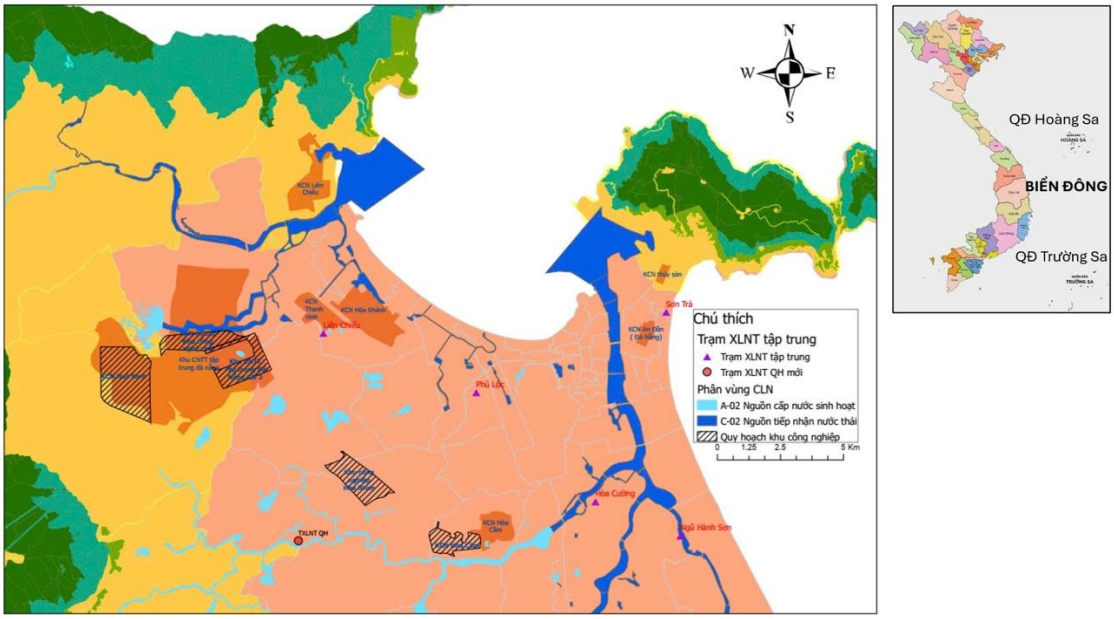
Bên cạnh việc xây dựng và phát triển thành phố theo quy hoạch phê duyệt tại Quyết định số 1287/QĐ-Tgg ngày 2/11/2023, việc đánh giá diễn biến xu thế chất lượng môi trường nước lưu vực sông Vu Gia Hàn là một việc làm cấp thiết từ đó tìm ra nguyên nhân gây ô nhiễm và có giải pháp bảo vệ phù hợp cho vùng hạ lưu sông Vu Gia Hàn đoạn chảy qua trung tâm thành phố Đà Nẵng.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: là chất lượng nước sông được quy hoạch là nguồn cấp nước cho thành phố giai đoạn 2021 – 2030, tầm nhìn đến năm 2050 gồm: sông Cu Đê, sông Yên, sông Tuý Loan và sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ [1].

Địa điểm tiến hành nghiên cứu: các điểm quan trắc chất lượng nước của Chi cục bảo vệ môi trường, Sở Nông nghiệp và Môi trường thành phố Đà Nẵng. Sơ đồ vị trí các nguồn nước mặt thuộc phạm vi nghiên cứu được thể hiện ở Hình 1.

Phương pháp nghiên cứu: thu thập thông tin thứ cấp, hồi cứu số liệu từ Chi cục Bảo vệ môi trường, Sở Nông nghiệp và Môi trường Đà Nẵng từ năm 2015 đến năm 2023. Quan trắc môi trường được thực hiện theo kế hoạch của Sở Nông nghiệp và Môi trường Đà Nẵng và tiến hành từ tháng 01 đến tháng 12 tại 13 vị trí nguồn nước mặt, quy trình quan trắc được thực hiện theo hướng dẫn tại Thông tư 10:2021/TT-BTNMT, phương pháp phân tích được thực hiện theo hướng dẫn tại TT01:2023/TTBTNMT.



Hình 1. Vị trí các nguồn nước mặt phục vụ cấp nước sinh hoạt thuộc phạm vi của nghiên cứu.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Diễn biến chất lượng nước trên sông Cu Đê

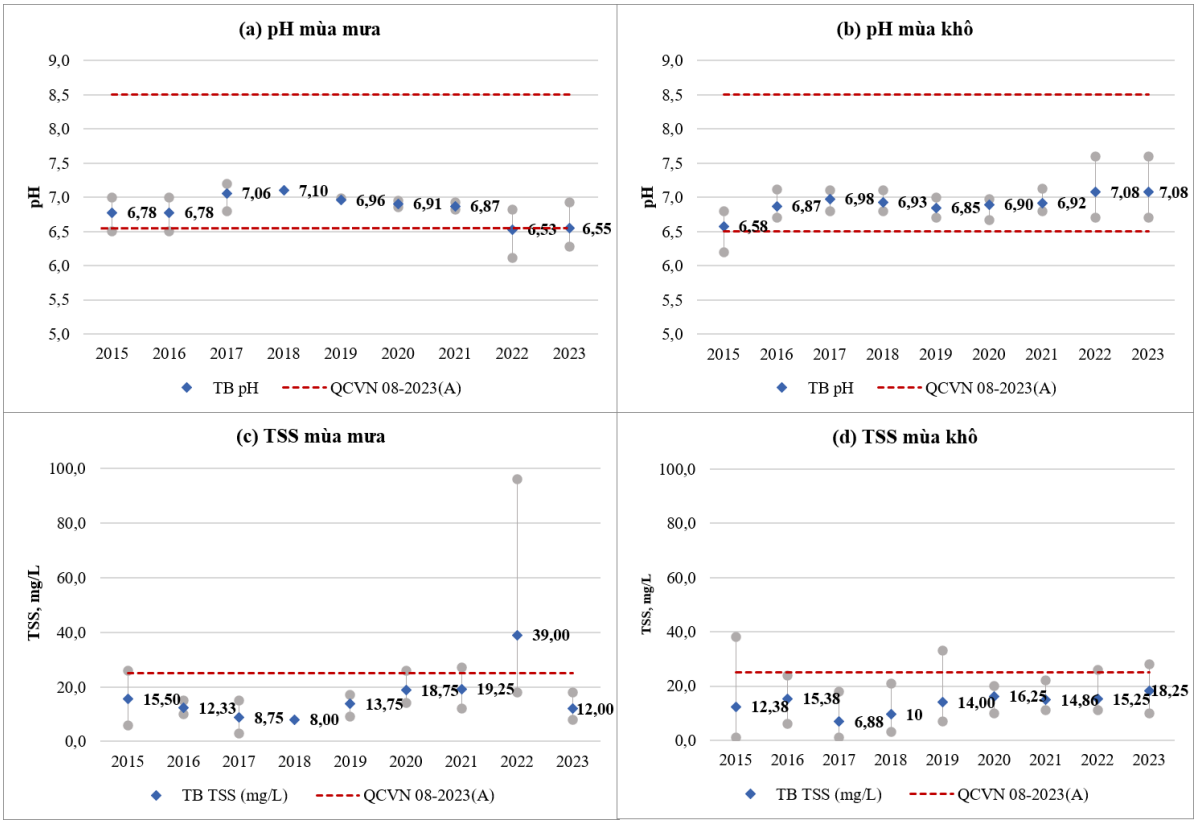
3.1.1. Khu vực thượng lưu

Điểm quan trắc chất lượng nước khu vực thượng lưu sông Cu Đê là vị trí hợp lưu giữa sông Nam và sông Bắc, bắt nguồn từ vùng núi cao phía Tây dãy Trường Sơn nằm trên địa phận xã Hoà Bắc, hợp lưu tại xã Hoà Bắc, thành phố Đà Nẵng. Chất lượng nước khu vực thượng lưu của sông Cu Đê được trình bày trong các Hình 2 đến Hình 9.

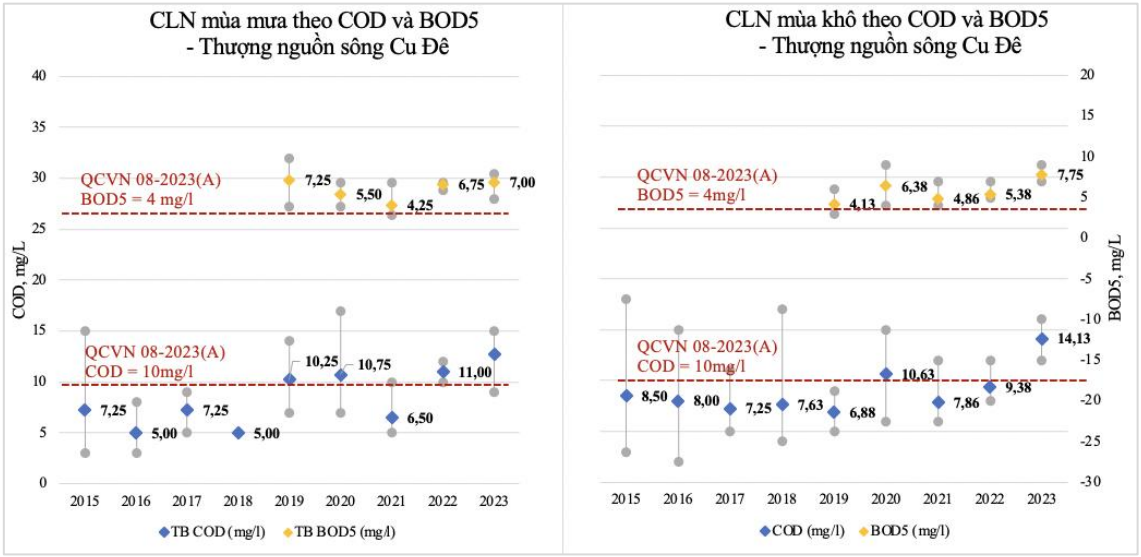
Trong giai đoạn 2015–2023, giá trị pH nước mặt tại khu vực thượng nguồn sông Cu Đê có sự dao động không lớn giữa các năm và giữa hai mùa. Vào mùa mưa, pH trung bình (TB) dao động trong khoảng 6,5–7,1 còn giá trị pH vào mùa khô trung bình dao động từ khoảng 6,7–7. So sánh với quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt – QCVN 08:2023/BTNMT (cột A), quy định giới hạn pH trong khoảng 6,0–8,5, cho thấy toàn bộ giá trị pH quan trắc trong cả mùa mưa và mùa khô đều nằm trong giới hạn cho phép. Không ghi nhận trường hợp vượt quy chuẩn trong giai đoạn nghiên cứu. Như vậy, xét theo chỉ tiêu pH, chất lượng nước tại thượng nguồn sông Cu Đê cơ bản ổn định và đáp ứng yêu cầu của quy chuẩn hiện hành đối với mục đích cấp nước sinh hoạt sau xử lý.

Trong giai đoạn 2015–2023, hàm lượng tổng chất rắn lơ lửng (TSS) tại khu vực thượng nguồn sông Cu Đê có sự biến động theo mùa và theo năm khá rõ rệt. Vào mùa mưa, giá trị TSS trung bình dao động trong khoảng từ khoảng 7–40 mg/l. Giai đoạn 2015–2018 ghi nhận xu hướng giảm nhẹ, đạt mức thấp nhất vào khoảng năm 2018. Từ năm 2019 đến 2021, TSS có xu hướng gia tăng trở lại và tăng mạnh vào năm 2022, với giá trị trung bình xấp xỉ 40 mg/l và giá trị cực đại lên đến gần 95 mg/l – đây là mức cao nhất trong toàn bộ chuỗi quan trắc, dân số, di cư và quá trình đô thị hoá đã gây ra sức ép về chất thải và xử lý nước thải đô thị, lượng CTRSH phát sinh năm 2022 trên địa bàn thành phố Đà Nẵng cao hơn so với năm 2020 khoảng 14% điều này được lý giải là do các hoạt động của thành phố được kích hoạt trở lại sau đại dịch Covid [2, 4]. Sang năm 2023, TSS giảm đáng kể, trở về mức tương đương các năm trước 2020, trong quá trình rà soát hiện trạng môi trường giai đoạn 2015 – 2022 phục vụ cho công tác thực hiện đồ án quy hoạch TP. Đà Nẵng đã có những ảnh hưởng đáng kể tới việc kiểm soát ô nhiễm CTR và nước thải tại nguồn

[1]. Giá trị nhỏ nhất trong mùa mưa dao động tương đối thấp nhưng biên độ chênh lệch giữa Min và Max khá lớn, cho thấy sự biến động mạnh dưới tác động của mưa và dòng chảy mặt.

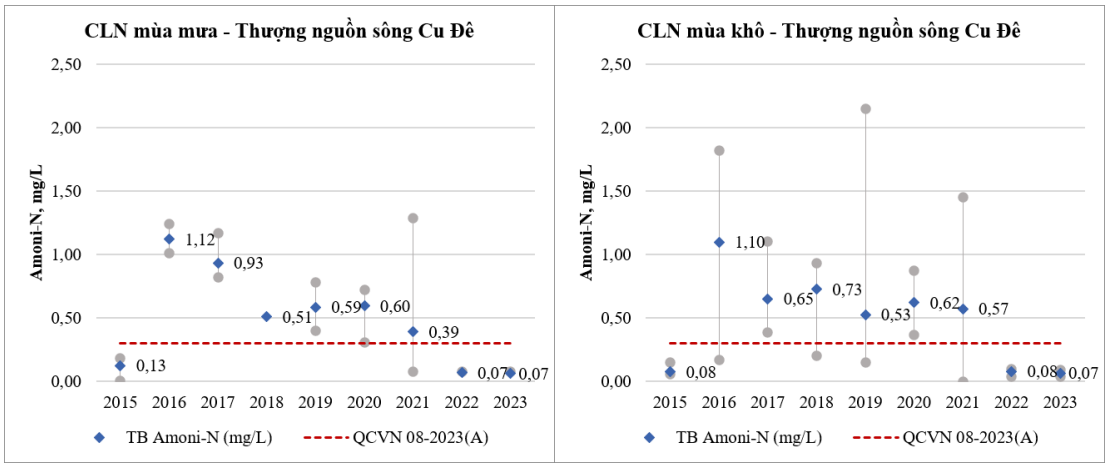


Hình 2. Xu hướng biến đổi chất lượng nước thượng lưu sông Cu Đê theo pH và TSS.

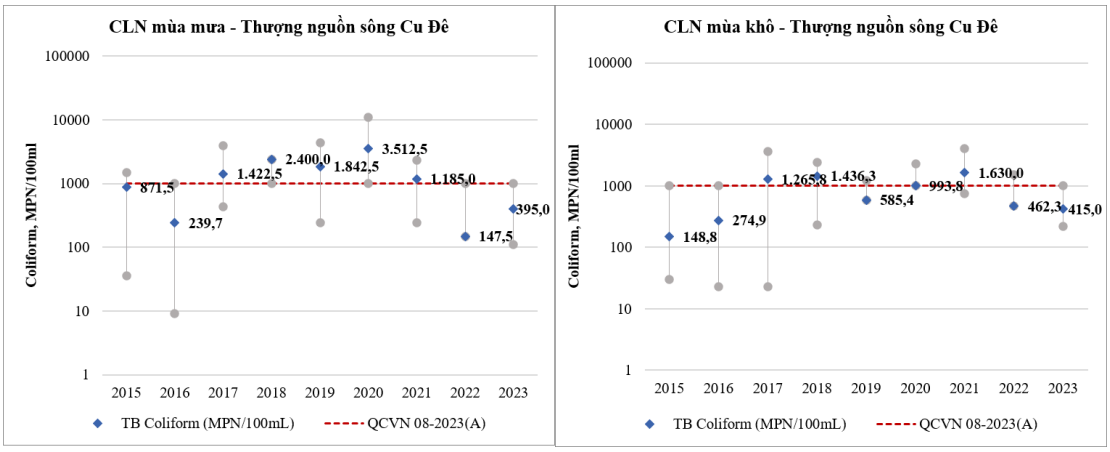


Hình 3. Xu hướng biến đổi chất lượng nước thượng lưu sông Cu Đê, theo COD và BOD_5(mg/l).

Đối với mùa khô, TSS có xu hướng ổn định hơn, với giá trị trung bình dao động trong khoảng 6–18 mg/l. Giai đoạn 2015–2017 ghi nhận xu hướng giảm, sau đó tăng nhẹ và duy trì tương đối ổn định từ 2018 đến 2023. Giá trị cực đại mùa khô cao nhất vào khoảng 35–40 mg/l (ghi nhận các năm 2015 và 2019), thấp hơn đáng kể so với mức đột biến của mùa mưa năm 2022. Biên độ dao động giữa giá trị nhỏ nhất và lớn nhất trong mùa khô nhìn chung thấp hơn so với mùa mưa.



Hình 4. Xu hướng biến đổi chất lượng nước thượng lưu sông Cu Đê theo NH_4-N (mg/l).



Hình 5. Xu hướng biến đổi chất lượng nước thượng lưu sông Cu Đê theo Coliform (MPN/100 ml).

Hình 7 đến Hình 9 cho thấy về mùa khô giai đoạn 2015 đến 2020 chất lượng nước sông không đáp ứng QCVN08:2023/BTNMT theo chỉ tiêu COD, NH_4-N và Coliform đối với nguồn loại A, thậm chí có xu hướng tăng dần từ đầu đến cuối giai đoạn [7]. Tuy nhiên trong 2 năm gần đây chất lượng nước sông theo các thông số này đều đã dần được cải thiện và đáp ứng quy chuẩn thậm chí đối với chỉ tiêu NH_4-N đã được cải thiện đáng kể ở mức dao động từ 0,04 – 0,1 mg/l, thấp hơn nhiều so với quy chuẩn. Bên cạnh đó thấy rằng giá trị của các thông số này cũng có khoảng dao động hẹp hơn rất nhiều so với giai đoạn 2015 – 2020, điều đó cho thấy các nguồn thải đã được quản lý tốt và ổn định hơn trong các năm gần đây, mô hình cộng đồng dân cư bảo vệ nguồn cấp nước sinh hoạt cho trên sông Cu Đê được triển khai từ đầu năm 2023 cho phép giám sát tốt hơn các nguồn thải, các dự án kè chống sạt lở tại xã Hoà Phú và Hoà Bắc và công ty thoát nước và xử lý nước thải Đà Nẵng đã triển khai thực hiện duy tu bảo dưỡng hệ thống thoát nước và xử lý

nước thải trên địa bàn thành phố theo đề án thành phố Môi trường được phê duyệt năm 2021 là những nguyên nhân chính của việc chất lượng nước sông Cu Đê được cải thiện [8]. Tuy nhiên theo như diễn biến tại Hình 3, chất lượng nước sông chưa đáp ứng QCVN 08:2023/BTNMT theo chỉ tiêu BOD đối với nguồn loại A. Xét tỷ lệ BOD/COD nằm trong khoảng từ 53% đến 60% (>50%) cho thấy nước thải có chứa nhiều hợp chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học, điều đó cho thấy các nguồn thải có nguồn gốc từ nước thải sinh hoạt chưa được kiểm soát tốt, cần đẩy nhanh việc thực hiện thu gom và quản lý tốt nước thải sinh hoạt trước khi xả ra nguồn tiếp nhận nhằm cải thiện chất lượng nguồn nước đảm bảo cấp nước cho thành phố Đà Nẵng trong tương lai.

Về mùa mưa chất lượng nước sông Cu Đê khu vực thượng lưu có hàm lượng các chất hữu cơ khá cao và vượt quá quy chuẩn, mặc dù có cải thiện trong 2 năm gần đây tuy nhiên không đáng kể, COD và BOD5 dao động trong khoảng lần lượt từ 9,0– 14,7 mg/l và 5,5 – 8,0 mg/l, vượt quy chuẩn từ 0 tới 1,5 đối với COD và 1,4 tới 2 lần đối với BOD5, lượng nước trên sông Cu Đê về mùa mưa thường chiếm từ 70 - 90% tổng lượng nước cả năm, quá trình rửa trôi từ thượng nguồn gồm chủ yếu là rừng đặc dụng và rừng phòng hộ (vườn quốc gia Bạch Mã, Khu bảo tồn thiên nhiên Bà Nà – Núi Chúa), cộng với địa hình dốc khiến cho chất lượng nước về mùa mưa bị suy giảm so với mùa khô. Hơn nữa, khi so sánh giá trị trung bình về mùa mưa năm 2021 - 2023 tỷ lệ BOD/COD trong nước sông dao động từ 40 - 60% (Hình 3) cho thấy dòng chảy bề mặt lưu vực xung quanh cũng góp một phần đáng kể nguồn thải từ sinh hoạt đô thị vào lưu vực sông [9]. Đối với chỉ tiêu dinh dưỡng NH_4-N và chỉ tiêu vi sinh vật Coliform, chất lượng nước sông Cu Đê khu vực thượng nguồn khá tốt và được cải thiện đáng kể trong 2 năm gần đây giá trị của các chỉ tiêu này thấp hơn quy chuẩn từ 4 tới 6 lần đối với NH_4-N và từ 2,5 đến 10 lần đối với Coliform.

3.1.2. Khu vực hạ lưu

Trong giai đoạn 2015–2023, giá trị pH tại khu vực hạ nguồn sông Cu Đê – Cầu Nam Ô nhìn chung dao động trong khoảng trung tính đến kiềm nhẹ và có xu hướng tương đối ổn định giữa các năm (Hình 2). Đối với mùa mưa, pH trung bình dao động khoảng 7,3–7,6 còn mùa khô, pH trung bình dao động khoảng 7,4–7,8, nhìn chung cao hơn không đáng kể so với mùa mưa. So sánh với quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt – QCVN 08:2023/BTNMT (cột A), trong đó giới hạn pH cho phép nằm trong khoảng 6,0–8,5, cho thấy toàn bộ các giá trị pH trung bình, lớn nhất và nhỏ nhất trong cả hai mùa đều nằm trong giới hạn cho phép. Không ghi nhận trường hợp vượt ngưỡng quy chuẩn trong suốt giai đoạn quan trắc.

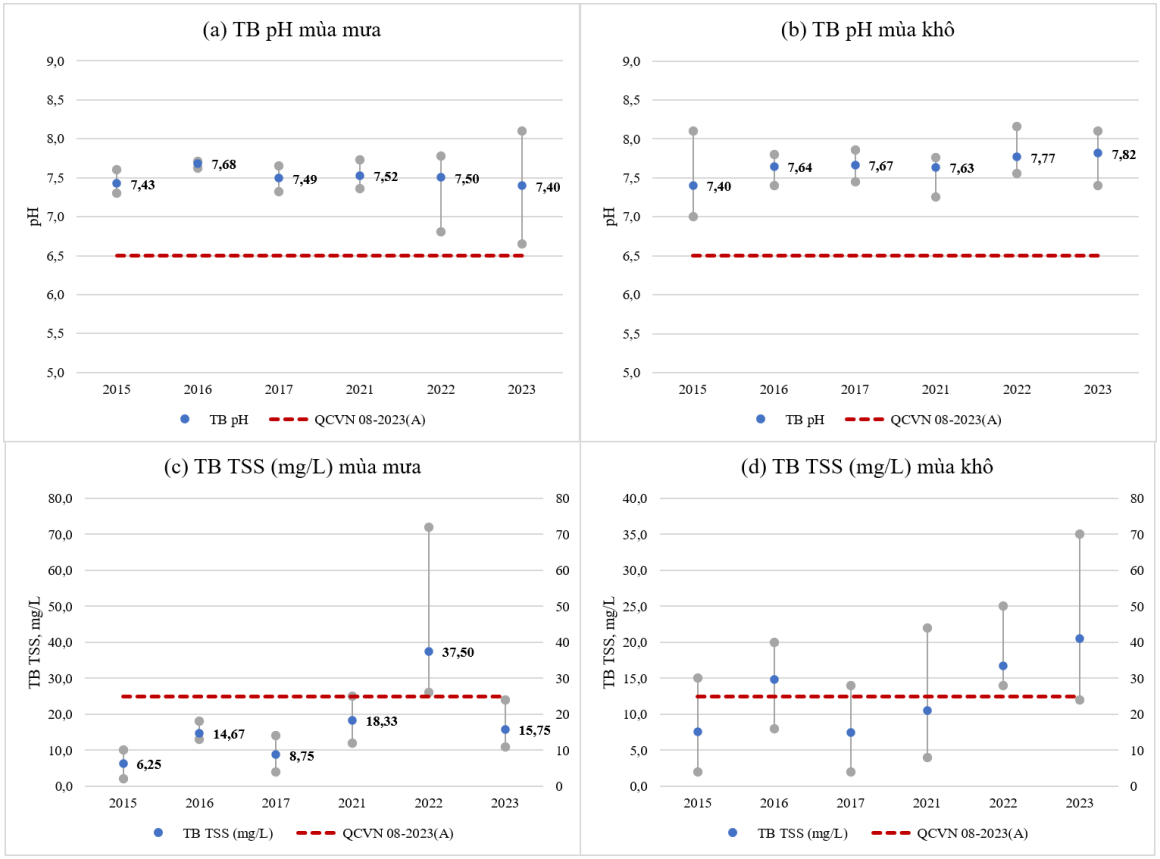
Như vậy, xét theo chỉ tiêu pH, chất lượng nước tại khu vực hạ nguồn sông Cu Đê – Cầu Nam Ô giai đoạn 2015–2023 cơ bản ổn định, duy trì trong khoảng trung tính đến kiềm nhẹ và đáp ứng yêu cầu của quy chuẩn hiện hành đối với mục đích cấp nước sinh hoạt sau xử lý.

Trong giai đoạn 2015–2023, hàm lượng tổng chất rắn lơ lửng (TSS) tại khu vực hạ nguồn sông Cu Đê – Cầu Nam Ô có sự biến động theo mùa và theo năm tương đối rõ rệt. Chất lượng nước tại hạ nguồn sông Cu Đê – Cầu Nam Ô có xu hướng biến động mạnh hơn trong mùa mưa và xuất hiện một số thời điểm biến động rất lớn là vào mùa mưa 2022 với giá trị cao nhất lớn hơn 70 mg/l, đặc biệt từ năm 2021–2023.

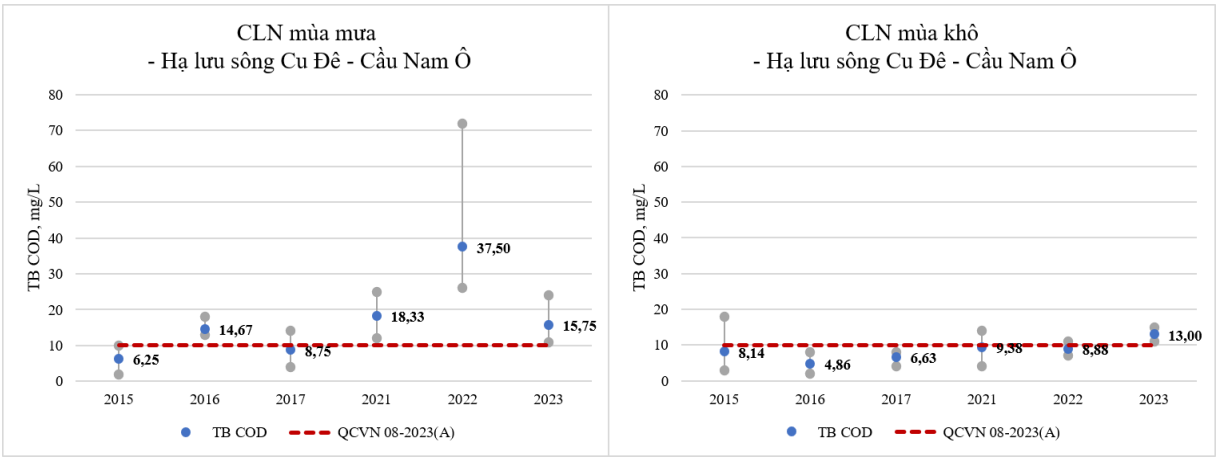
Chất lượng nước hạ lưu sông Cu Đê vào mùa khô có diễn biến suy giảm trong giai đoạn nghiên cứu, đặc biệt trong 2 năm gần đây các chỉ tiêu ô nhiễm hữu cơ và vi sinh vật gây bệnh tăng mạnh và vượt quá quy chuẩn từ 1,1 – 1,4 lần đối với chỉ tiêu COD và từ 1,25 – 2,0 lần đối với BOD_5, và từ 3 – 5 lần đối với chỉ tiêu Coliform (Hình 7 đến Hình 9). Tuy nhiên vào mùa mưa, COD, BOD_5 và Coliform và có xu hướng tăng dần trong giai đoạn nghiên cứu và trong 2 năm gần đây có giá trị tăng đột biết cao hơn quy chuẩn từ 1,1 – 1,6 lần đối với COD, từ 1,5 đến 2,25 đối với BOD5, từ 2,0 đến 3,0 lần đối với chỉ tiêu về vi sinh vật gây bệnh. Điều đó cho thấy cần có những biện pháp cấp bách phù hợp để từng bước quản lý các nguồn thải diện (các khu dân cư, các ao nuôi trồng thuỷ hải sản và chăn nuôi,…) thuộc hạ lưu sông Cu Đê tránh sự xâm nhập của các nguồn thải vào lưu vực sông về mùa mưa. Hàm lượng các chỉ số này trong nước sông cao hơn

nhiều so với giai đoạn 2010 – 2012 tại nghiên cứu của Nguyễn Thị Kim Thoa và cs, 2014, nguyên nhân do quá trình đô thị hoá của thành phố dẫn tới sự quá tải của hệ thống thu gom nước thải sinh hoạt kèm theo tỷ lệ lấp đầy ngày càng lớn của khu công nghiệp Hòa Khánh, Hòa Khánh mở rộng, Liên Chiểu và CCN Thanh Vinh mở rộng [10]. Mặc dù có dấu hiệu xấu đi trong giai đoạn từ 2015 – 2021 tuy nhiên, chất lượng nước hạ lưu sông Cu Đê theo chỉ tiêu NH_4-N, trong 2 năm gần đây đã được cải thiện rất đáng kể, NH_4-N dao động trong khoảng từ 0,04 mg/l đến 0,14 mg/l, điều đó cho thấy việc quản lý tốt việc nuôi trồng thuỷ sản trên lưu vực hạ lưu sông Cu Đê của thành phố đã cải thiện đáng kể chất lượng nước ở đây.

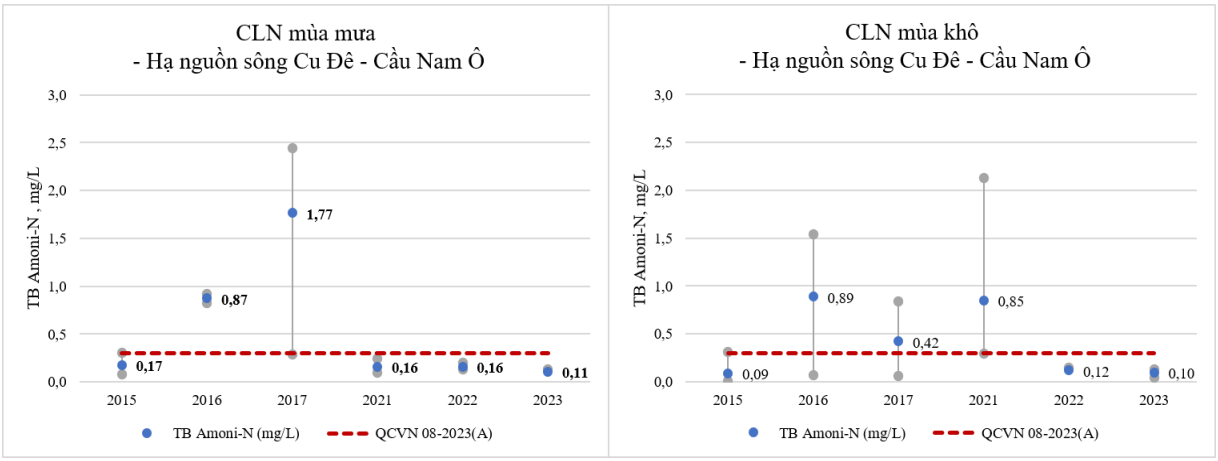
Cũng giống như quy luật ở phía thượng lưu như đã phân tích ở trên, về mùa mưa tại hạ lưu sông Cu Đê, chất lượng nước sông theo các chỉ tiêu hữu cơ tương đương hoặc cao hơn so với mùa khô. Điều đó cho thấy nước mưa đã cuốn theo một lượng lớn các chất ô nhiễm từ mặt phủ thuộc lưu vực sông Cu Đê khiến cho nồng độ các chất này về mùa mưa không thay đổi mà thậm chí còn cao hơn so với mùa khô tại một vài thời điểm quan trắc. Về mùa mưa chất lượng nước ở hạ lưu sông Cu Đê không đạt quy chuẩn nguồn loại A theo QCVN 08:2023/BTNMT đối với chỉ tiêu hữu cơ. Kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của Phương và cs, 2025 dự báo diễn biến chất lượng môi trường nước và khả năng tự làm sạch tại các cửa sông Cu Đê và sông Hàn cho thấy về cơ bản WQI nhìn chung giảm từ năm 2019 đến năm 2030 trong đó BOD_5 là một trong hai chỉ số suy giảm mạnh nhất trong khi đó COD và Coliform vẫn nằm trong giới hạn cho phép [11].



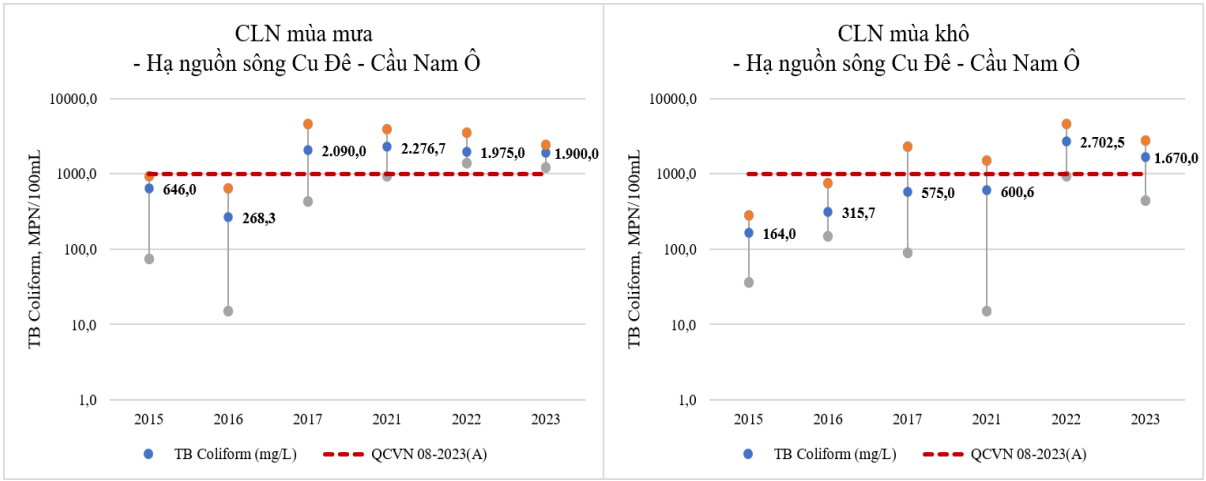
Hình 6. Xu hướng biến đổi chất lượng nước hạ lưu sông Cu Đê theo pH và TSS (mg/L).



Hình 7. Xu hướng biến đổi chất lượng nước hạ lưu sông Cu Đê về mùa khô theo COD (mg/L)



Hình 8. Xu hướng biến đổi chất lượng nước hạ lưu sông Cu Đê theo NH_4-N (mg/L).



Hình 9. Xu hướng biến đổi chất lượng nước hạ lưu sông Cu Đê theo Coliform (MPN/100 ml).

3.2. Diễn biến chất lượng nước sông Yên

Bảng 1 dưới đây biểu thị diễn biến chất lượng nước ở sông Yên 02 năm gần đây tại điểm quan trắc tại đập An Trạch.

Trong giai đoạn năm 2022–2023, giá trị pH tại khu vực sông Yên nhìn chung dao động trong khoảng trung tính và tương đối ổn định giữa các mùa. Cụ thể, pH trung bình (TB) trong các đợt quan trắc mùa khô và mùa mưa dao động khoảng 6,8–7,0. So sánh với quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt – QCVN 08:2023/BTNMT (cột A), trong đó giới hạn pH cho phép nằm trong khoảng 6,0–8,5, cho thấy toàn bộ các giá trị pH quan trắc tại sông Yên trong giai đoạn 2022–2023 đều nằm trong giới hạn cho phép. Không ghi nhận trường hợp vượt quy chuẩn.

Trong khi đó hàm lượng tổng chất rắn lơ lửng (TSS) tại sông Yên có sự biến động tương đối rõ giữa các mùa và giữa hai năm quan trắc. Cụ thể, năm 2022, giá trị TSS trung bình dao động khoảng 22–25 mg/l, trong đó mùa khô cao hơn nhẹ so với mùa mưa. Giá trị cực đại (Max) ghi nhận khoảng 45 mg/l ở cả hai mùa, trong khi giá trị nhỏ nhất (Min) dao động khoảng 8–10 mg/l, cho thấy biên độ dao động ở mức trung bình. Sang năm 2023, TSS trung bình tăng đáng kể vào mùa khô (khoảng 45 mg/l), đồng thời giá trị cực đại tăng đột biến lên khoảng trên 110 mg/l, phản ánh sự gia tăng mạnh tải lượng chất rắn lơ lửng trong thời kỳ này. Giai đoạn 2021 – 2023, các hoạt động gồm: triển khai mạnh mẽ khu du lịch sinh thái dọc sông Yên và Tuý Loan, khai thác dịch vụ du lịch nông nghiệp tại Hoà Vang [12], [13], thi công hệ thống thu gom nước thải dọc tuyến đường ven sông Tuyên Sơn – Tuý Loan và đặc biệt đây là khoảng thời gian mà tuyến đường cao tốc Hoà Liên – Tuý Loan bước vào giai đoạn cao điểm của hoạt động đền bù và giải toả là các nguyên nhân cơ bản khiến cho nền TSS trung bình trên sông Yên có xu hướng tăng lên [14]. Đến mùa mưa 2023, TSS trung bình giảm xuống khoảng 28–30 mg/l, tuy nhiên vẫn cao hơn mức năm 2022; giá trị cực đại duy trì ở mức khoảng 45 mg/l. Giá trị nhỏ nhất trong năm 2023 dao động khoảng 12–18 mg/l, cao hơn so với năm 2022, cho thấy nền TSS chung có xu hướng tăng, tình hình mưa lũ bất thường năm 2022 và 2023 khiến cho nhiều khu vực có địa hình dốc bị sạt lở nghiêm trong khiến đã gây nên hiện tượng này [15].

Bảng 1 cho thấy COD dao động trong khoảng từ 6,7 đến 7,1 mg/l vào mùa khô và 6,6 đến 7,4 mg/l vào mùa mưa. So sánh với QCVN 08:2023/BTNMT cột A (COD ≤ 10 mg/l), toàn bộ giá trị COD quan trắc được đều nằm trong giới hạn cho phép.

Diễn biến nồng độ $N\text{-}NH_4^+$ của nước sông Yên theo mùa tại Bảng 1 cho thấy giá trị $N\text{-}NH_4$ dao động trong khoảng từ 0,15 đến 0,31 mg/l vào mùa khô và 0,05 đến 0,2 mg/l và mùa mưa. Nồng độ amoni có xu hướng cao hơn vào mùa mưa tuy nhiên có xu hướng giảm theo thời gian. So sánh với QCVN 08:2023/BTNMT cột A ($N\text{-}NH_4^+ \leq$ 0,3 mg/l), cho thấy có một số thời điểm vượt quy chuẩn vào mùa khô năm 2022. Tuy nhiên đến năm 2023 thì không có giá trị quan trắc nào vượt quy chuẩn. Bảng 1 cũng cho thấy chất lượng nước sông Yên tại điểm quan trắc đã có dấu hiệu được cải thiện trong năm 2023, hàm lượng NH_4-N trong nước sông tại điểm quan trắc giảm thấp hơn so với năm 2022 từ 2,4 đến 2,7 lần, tại các thời điểm quan trắc về mùa mưa cũng như về mùa khô chất lượng nước sông Yên tại đập An Trạch đều đạt yêu cầu đối với nguồn loại A theo QCVN 08:2023/BTNMT. Giá trị Coliform dao động mạnh trong khoảng từ 200 đến 2.400 MPN/100 mL vào mùa khô và từ 190 đến 2.300 MPN/100 mL vào mùa mưa. Chỉ số Coliform có xu hướng tăng cao và biến động mạnh vào mùa mưa, do ảnh hưởng của nước chảy tràn mang theo chất thải từ khu dân cư, chăn nuôi và các nguồn ô nhiễm vi sinh khác vào nguồn nước. So sánh với QCVN 08:2023/BTNMT cột A (Coliform ≤ 1,000 MPN/100 mL), cho thấy nhiều thời điểm vượt quy chuẩn cho thấy sự ô nhiễm vi sinh là đáng kể. Xét đối với các chỉ tiêu COD, Nitơ và Coliform cho thấy chất lượng nước sông Yên có cùng quy luật với lưu vực sông Cu Đê.

Hàm lượng các chất ô nhiễm hữu cơ trong nước về mùa mưa đều xấp xỉ hoặc cao hơn so với mùa khô và chất lượng nước sông năm 2023 có dấu hiệu cải thiện so với năm 2022 về cả mùa mưa và mùa khô. Chất lượng nước sông Yên về

mùa mưa và mùa khô đều chưa đạt yêu cầu theo QCVN 08:2023/BTNMT đối với nguồn loại A theo các chỉ tiêu hữu cơ và vi sinh vật gây bệnh. Chỉ tiêu BOD_5 cao hơn quy chuẩn cho phép từ 1,2 đến 2,0 lần về mùa khô và từ 1,5 đến 2,2 lần về mùa mưa. Nghiên cứu của Dương và cs, 2022 cho thấy tình trạng khan hiếm nước tại khu vực hạ lưu sông Vu Gia tới năm 2030 sẽ tăng gấp đôi so với năm 2020, tình trạng thiếu nước sẽ bắt đầu sớm hơn và kéo dài hơn, bắt đầu từ tháng 2 đến tháng 9 [16]. Thành phố cần có biện pháp tích cực để bảo vệ nguồn cấp nước cho thành phố, khi mà đập An Trạch là điểm lấy nước dự phòng cho nhà máy nước Cầu Đỏ khi sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ bị ảnh hưởng bởi nước biển dâng và xập nhập mặt ngày càng vào sâu trong đất liền và hơn nữa đây cũng là điểm lấy nước của nhà máy nước An Trạch được quy hoạch với công suất 120.000 m^3/ngày tới năm 2030 và 420.000 m^3/ngày tới năm 2050. Chất lượng nước sông Yên tại điểm quan trắc đã có dấu hiệu được cải thiện trong năm 2023, hàm lượng NH_4-N trong nước sông tại điểm quan trắc giảm thấp hơn so với năm 2022 từ 2,4 đến 2,7 lần, tại các thời điểm quan trắc về mùa mưa cũng như về mùa khô chất lượng nước sông Yên tại đập An Trạch đều đạt yêu cầu đối với nguồn loại A theo QCVN 08:2023/BTNMT.

Bảng 1. Chất lượng nước sông Yên mùa mưa và mùa khô

Thông số	Đơn vị	Năm	Mùa	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	QCVN 08:2023/ BTNMT (Cột A)
pH	-	2022	Mùa khô	6,97	7,12	6,85	6,5–8,5
		2022	Mùa mưa	6,858	7,3	6,60	
		2023	Mùa khô	6,835	6,9	6,72	
		2023	Mùa mưa	6,855	6,97	6,75	
TSS	mg/L	2022	Mùa khô	24,25	**46**	10	25
		2022	Mùa mưa	22,63	**44**	12	
		2023	Mùa khô	**44,75**	**114**	19	
		2023	Mùa mưa	27,75	**44**	16	
COD	mg/L	2022	Mùa khô	**11,00**	**14,00**	**8,00**	10
		2022	Mùa mưa	**13,63**	**15,00**	**12,00**	
		2023	Mùa khô	**13,25**	**17,00**	10,00	
		2023	Mùa mưa	**13,25**	**15,00**	**12,00**	
NH_4^+-N	mg/L	2022	Mùa khô	0,24	0,31	0,19	0,30
		2022	Mùa mưa	0,10	0,20	0,05	
		2023	Mùa khô	0,19	0,23	0,15	
		2023	Mùa mưa	0,07	0,08	0,05	
Coliform	MPN/100 mL	2022	Mùa khô	724	**1.600**	240	1.000
		2022	Mùa mưa	**1.340**	**2.300**	920	
		2023	Mùa khô	**1.190**	**2.400**	630	
		2023	Mùa mưa	677	**1.700**	230	

* Giá trị in đậm thể hiện vượt quy chuẩn cho phép.

3.3. Diễn biến chất lượng nước sông Tuý Loan

Kết quả quan trắc tại

Bảng 2 cho thấy chất lượng nước sông Tuý Loan về mùa khô không đạt yêu cầu theo QCVN 08:2023/BTNMT, các chỉ tiêu hữu cơ vượt quá quy chuẩn cho phép từ 1,25 đến 2,25 theo BOD và từ 1,1 đến 1,7 lần theo COD và năm 2023 có dấu hiệu tăng lên so với giai đoạn 2021- 2022. Về mùa mưa, đối với chỉ tiêu BOD_5, COD và coliform trong 2 năm gần đây chất lượng nước sông có xu hướng suy giảm đồng thời vượt quá quy chuẩn lần lượt từ 1,75 – 2,25 lần, từ 1,2 – 1,7 lần và từ 1,5 – 3,5 lần. Tuy nhiên vào mùa mưa các chỉ tiêu NH_4-N đáp ứng QCVN 08:2023, hầu

hết tại các thời điểm quan trắc về mùa mưa chất lượng nước sông có giá trị thấp hơn quy chuẩn ngoại trừ một vài thời điểm quan trắc năm 2022 hàm lượng NH_4-N cao hơn quy chuẩn 1,1 lần.

Theo các chỉ tiêu về dinh dưỡng chất lượng nước sông tại điểm quan trắc đạt yêu cầu theo quy chuẩn, có điểm lưu ý là chỉ tiêu NH_4-N có dấu hiệu tăng lên trong hai năm 2022 và 2023. Nguyên nhân của việc suy giảm chất lượng nước sông Túy Loan là do việc kiểm soát chưa tốt các nguồn thải từ khu dân cư xả trực tiếp ra sông mà chưa qua xử lý cũng như hoạt động nông nghiệp (vùng trồng rau Túy Loan) tiêu nước ra sông hay vùng nuôi trồng thủy sản tập trung. Do vậy cần có những biện pháp kiểm soát các nguồn thải dọc lưu vực sông Tuý Loan đặc biệt là các nguồn thải nông nghiệp, nuôi trồng thuỷ sản và khu vực dân cư đông đúc tại xã Hoà Vang, Hoà Nhơn, Hoà Ninh bảo vệ nguồn cấp nước cho thành phố Đà Nẵng theo quy hoạch tới năm 2050.

Về cơ bản chất lượng nước sông Tuý Loan về mùa mưa tốt hơn mùa khô tuy nhiên không đáp ứng quy chuẩn đối với nguồn cấp nước loại A đối với chỉ tiêu hữu cơ BOD_5 và COD. Trong giai đoạn nghiên cứu từ 2015 đến 2023 sông Tuý Loan có xu hướng suy giảm chất lượng, ngoại trừ chỉ tiêu về vi sinh vật gây bệnh có dấu hiệu cải thiện trong 3 năm gần đây.

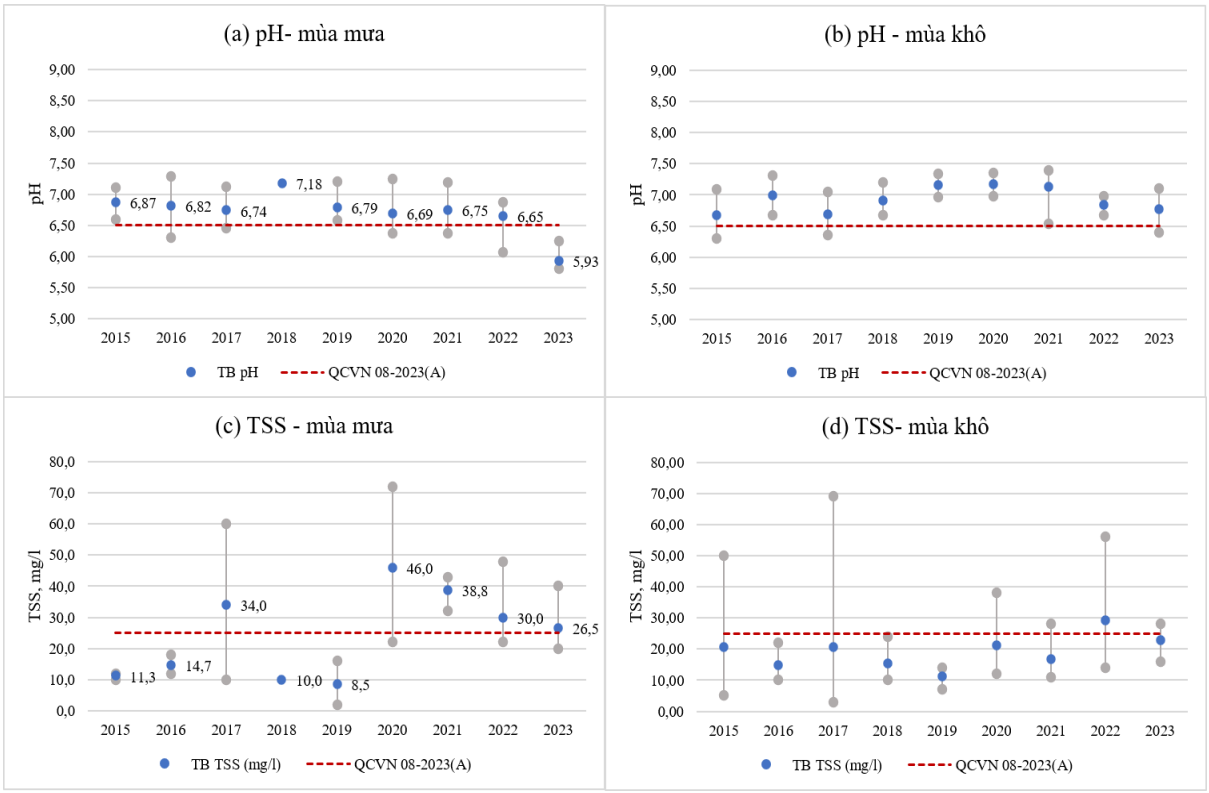
Bảng 2. Chất lượng nước sông Túy Loan mùa mưa và mùa khô

Thông số	Đơn vị	Năm	Mùa	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	QCVN 08:2023/ BTNMT (Cột A)
pH	-	2022	Mùa khô	6,74	7,16	**6,35**	6,5–8,5
		2022	Mùa mưa	6,63	6,89	**6,20**	
		2023	Mùa khô	6,58	6,90	6,40	
		2023	Mùa mưa	6,06	6,25	5,66	
TSS	mg/L	2022	Mùa khô	18,13	**26,00**	14,00	25
		2022	Mùa mưa	**29,50**	**40,00**	22,00	
		2023	Mùa khô	20,13	**36,00**	11,00	
		2023	Mùa mưa	**27,25**	**47,00**	10,00	
COD	mg/L	2022	Mùa khô	**11,50**	**14,00**	8,00	10
		2022	Mùa mưa	**14,00**	**17,00**	**12,00**	
		2023	Mùa khô	**15,63**	**17,00**	**14,00**	
		2023	Mùa mưa	**15,25**	**18,00**	**14,00**	
NH_4^+- N	mg/L	2022	Mùa khô	0,263	**0,31**	0,15	0,30
		2022	Mùa mưa	0,225	**0,30**	0,12	
		2023	Mùa khô	0,146	0,26	0,05	
		2023	Mùa mưa	0,120	0,15	0,09	
Coliform	MPN/100 mL	2022	Mùa khô	**1.431**	**2.200**	920	1.000
		2022	Mùa mưa	**3.550**	**5.400**	**2.200**	
		2023	Mùa khô	**2.025**	**3.500**	**1.300**	
		2023	Mùa mưa	**3.475**	**5.400**	**2.400**	

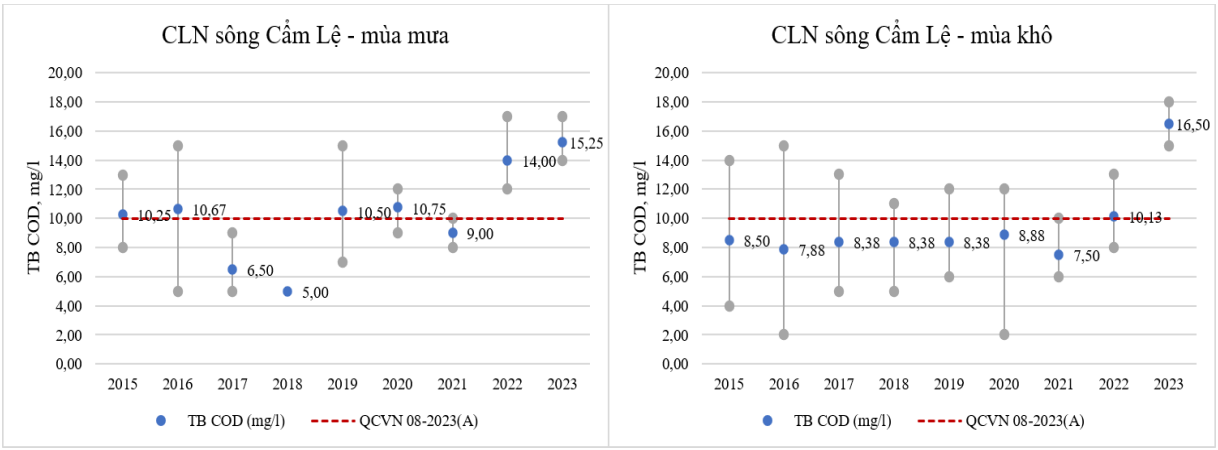
*Giá trị in đậm thể hiện vượt quy chuẩn cho phép.

3.4. Diễn biến chất lượng nước sông Cầu Đỏ Cẩm Lệ

Cách nhà máy nước Cầu Đỏ khoảng 500 m về phía thượng lưu có khu công nghiệp Hòa Cầm. Trung bình mỗi ngày khu công nghiệp thải khoảng 700-800 m^3 nước sau xử lý và hệ thống sông Vu Gia Hàn. Sông Tuý Loan và sông Yên ở phía hạ lưu đều có dấu hiệu bị ô nhiễm hữu cơ, trong mấy năm gần đây chất lượng của các sông này có xu thế xấu đi, do đó sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ cũng bị ảnh hưởng theo quy luật tất yếu đó. Hình 10 đến Hình 13 dưới đây cho thấy xu hướng diễn biến của chất lượng nước sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ về mùa mưa và mùa khô tại điểm quan trắc – điểm lấy nước vào nhà máy nước Cầu Đỏ.



Hình 10. Xu hướng biến đổi chất lượng nước sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ theo pH và TSS.

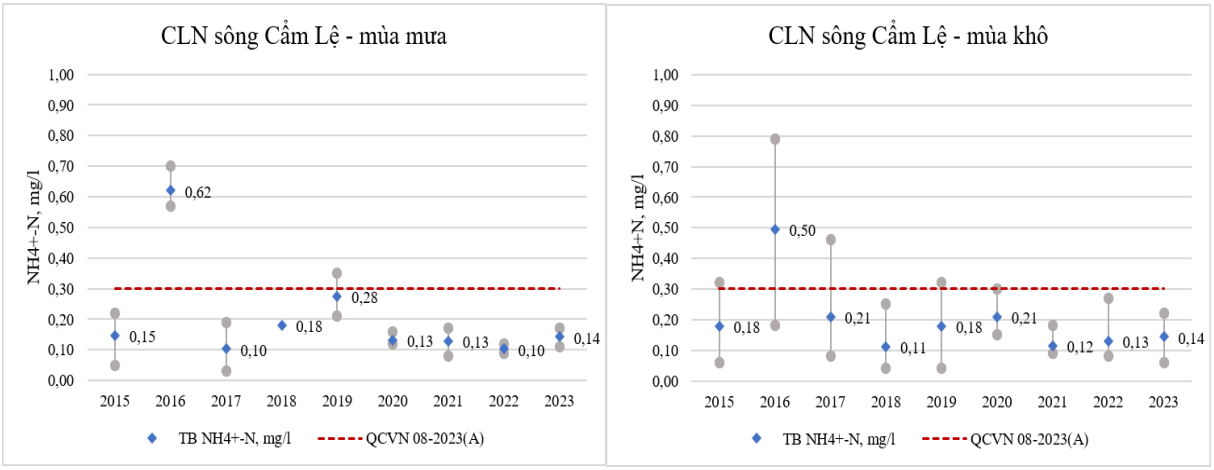


Hình 11. Xu hướng biến đổi chất lượng nước sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ theo COD (mg/l).

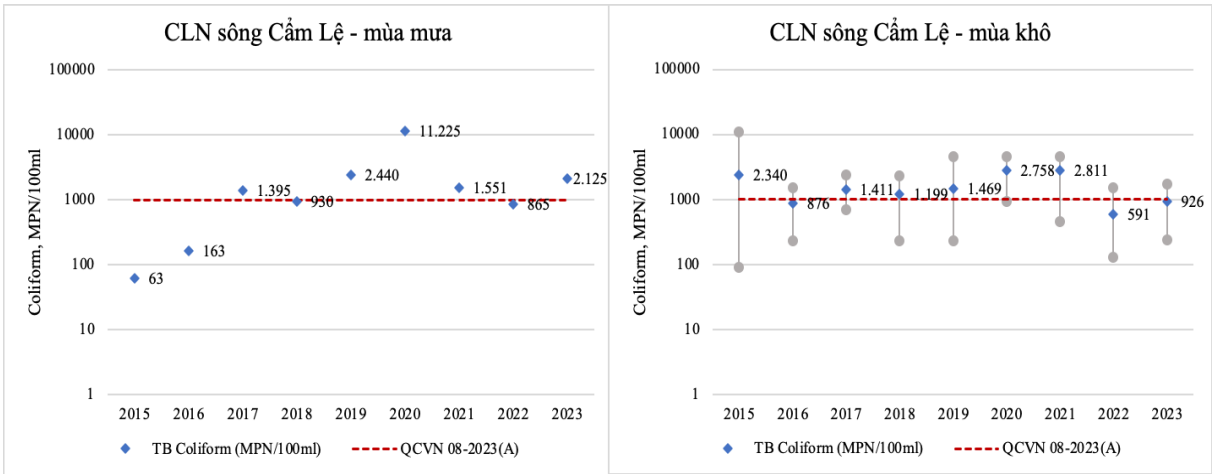
Hình 10 cho thấy pH nước sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ có sự biến động nhẹ theo thời gian nhưng nhìn chung dao động trong khoảng ổn định. Các giá trị pH không có sự thay đổi đột biến, cho thấy chất lượng nước sông xét theo chỉ tiêu pH tương đối ổn định và vẫn nằm trong giới hạn cho phép, chưa gây ảnh hưởng lớn đến môi trường nước. So sánh với QCVN 08:2023/BTNMT, cho thấy giá trị pH của nước sông Cẩm Lệ chủ yếu nằm trong khoảng 6,5–8,5, phù hợp với cấp độ A của quy chuẩn. Điều này cho thấy chất lượng nước sông xét theo chỉ tiêu

pH đạt mức tốt, cơ bản đáp ứng yêu cầu bảo vệ hệ sinh thái thủy sinh và các mục đích sử dụng nước có yêu cầu chất lượng cao. Hàm lượng TSS trong nước sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ có sự dao động theo thời gian, tuy nhiên mức biến động không quá lớn. Điều này phản ánh sự thay đổi của chất rắn lơ lửng trong nước chịu ảnh hưởng của điều kiện dòng chảy và các tác động tự nhiên, nhưng nhìn chung chưa có dấu hiệu biến động bất thường.

Dựa trên Hình 11 và so sánh với QCVN 08:2023/BTNMT, hàm lượng COD trung bình của nước sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ nằm trong giới hạn cho phép của cấp A (COD ≤ 10 mg/l), tuy nhiên giai đoạn gần đây từ 2022-2023 hàm lượng COD vượt quá tiêu chuẩn ở cả giá trị TB và min. Điều này cho thấy mức độ ô nhiễm hữu cơ trong nước sông những năm 2020 trở về trước ở mức thấp nhưng có sự tăng lên ở giai đoạn sau, chất lượng nước xét theo chỉ tiêu COD nhìn chung đạt mức tốt, phù hợp cho các mục đích sử dụng nước có yêu cầu chất lượng cao và bảo vệ hệ sinh thái.



Hình 12. Xu hướng biến đổi chất lượng nước sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ theo NH_4-N (mg/l).



Hình 13. Xu hướng biến đổi chất lượng nước sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ theo Coliform (MPN/100 ml).

Hình 11 cho thấy hàm lượng chất hữu cơ tại điểm lấy nước nhà máy nước trên sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ về mùa khô và mùa mưa có xu thế tăng lên từ năm 2015 đến năm 2023. Hàm lượng COD

trong nước sông tại hầu hết các thời điểm quan trắc từ năm 2019 đến năm 2023 đều vượt quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT, và có xu hướng tăng lên theo thời gian, tại mọi thời điểm quan trắc năm 2023 chỉ tiêu COD đều vượt quá quy chuẩn từ 1,4 đến 1,6 lần. Coliform trong mẫu nước quan trắc về mùa khô đáp ứng yêu cầu đối với nguồn loại A còn mùa mưa cao hơn mùa khô và vượt quá quy chuẩn từ 2 – 4 lần. Quá trình đô thị hoá và tỷ lệ lấp đầy của KCN ngày càng tăng gây nên sức ép lớn đối với lưu vực sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ, do đó cần có nhưng biện pháp phù hợp để kiểm soát các nguồn thải đặc biệt là nguồn thải từ chăn nuôi và nuôi trồng thuỷ hải sản ven bờ, nguồn thải từ đô thị và khu dân cư cần được thu gom và xử lý triệt để hơn nữa nhằm cải thiện và phục hồi chất lượng nước sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ, đảm bảo chất lượng và trữ lượng cho nhà máy nước Cầu Đỏ trong thời gian tới.

4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu cho thấy, về cơ bản các sông nghiên cứu đều có chất lượng đáp ứng QCVN 08:2023 tại hầu hết các điểm quan trắc về cả mùa mưa và mùa khô đối với chỉ tiêu NH_4-N, có xu hướng thay đổi tốt hơn đối với chỉ tiêu COD, Coliform, riêng sông Tuý Loan (thượng lưu sông Cầu Đỏ - Cẩm Lệ có dấu hiệu suy giảm chất lượng do quá trình đô thị hoá diễn ra mạnh mẽ và gia tăng hoạt động nông nghiệp phục vụ nhu cầu của thành phố.

Chính quyền thành phố phải có những biện pháp chặt chẽ hơn trong việc quản lý giám sát vận hành các trạm xử lý nước thải khu công nghiệp cũng như chất lượng nước tại các điểm xả thải của khu công nghiệp; Kiểm soát chặt chẽ các hoạt động khai thác và sử dụng nước, xả thải nước thải, và bảo vệ nguồn nước với số lượng và chất lượng cao nhằm ngăn ngừa ô nhiễm, suy thoái nguồn nước sau các dự án đầu tư; Sớm xây dựng lộ trình thực hiện các dự án đầu tư hạ tầng thoát nước và xử lý nước thải nhằm hoàn thiện mạng lưới thu gom nước thải trên phạm vi toàn thành phố đặc biệt là hệ thống cống bao thu gom nước thải khu vực dân cư hai bên bờ sông, kết hợp với việc giảm thiểu các công trình vệ sinh hộ gia đình không đảm bảo vệ sinh như xí thấm dội nước.

Kiểm soát việc sử dụng phân bón và hoá chất bảo vệ thực vật trong nông nghiệp, nghiên cứu ứng dụng các loại phân bón và thuốc bảo vệ thực vật mới thân thiện với môi trường; Triển khai các giải pháp trồng cây hay vùng đệm ven sông đối với các khu vực nguồn nước mặt đã bị ô nhiễm hoặc có nguy cơ bị ô nhiễm nguồn thải diện.

Thúc đẩy việc ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý, thu thập, xử lý và cung cấp thông tin tài nguyên nước.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin cảm ơn Sở Nông nghiệp và môi trường thành phố Đà Nẵng đã tạo điều kiện giúp đỡ thu thập thông tin, số liệu quan trắc chất lượng nước sông trên địa bàn thành phố Đà Nẵng, đồng cảm ơn tới nhóm nghiên cứu mạnh WASCO của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội đã hỗ trợ thu thập số liệu trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

[1] Da Nang City People's Committee, Master plan of Da Nang City for the Period 2021-2030, Vision to 2050, 2022 (in Vietnamese).

[2] Da Nang's DONRE, Report of the Revised Solid Waste Management Plan for Da Nang City until 2030, vision to 2045, 2024 (in Vietnamese).

[3] Water Resources Management Department, Ministry of Agriculture and Environment, Vietnam, Draft Comprehensive report: Developing A Comprehensive Planning Scheme for the Vu Gia - Thu Bon River Basin And Surrounding Areas for the Period 2021-2030, with a Vision to 2025, 2025 (in Vietnamese).

[4] Da Nang's DONRE, Comprehensive Report on the Current Status and Conservation Plans for Nature and Biodiversity, Environmental Protection, and Infrastructure for Wastewater and Solid Waste Treatment Facilities in Da Nang City, Period 2021-2030, vision to 2050, 2021 (in Vietnamese).

[5] L. N. Dinh, Assess the Current Situation And Propose Solutions to Improve Phu Loc River Water, Da Nang City, Journal of Science and

Technology, The University of Danang, Vol. 10, No. 2, pp. 7-12, 2021 (in Vietnamese).

[6] Da Nang's DONRE, Report on Environmental Protection Work in Da Nang City, 2021 (in Vietnamese).

[7] MONRE, Circular No. 01:2023/TT-BTNMT dated March 13, 2023, Promulgating the National Technical Standards On Ambient Environmental Quality, 2023 (in Vietnamese).

[8] Da Nang City People's Committee, Decision 1099/QD-UBND Promulgates the Project Building Da Nang - An Environmental City for the Period 2021-2030, 2021 (in Vietnamese).

[9] T. D. Ha, Urban Wastewater Treatment, Science and Technology Publishing House, Hanoi, 2026 (in Vietnamese).

[10] N. T. K. Thoa, V. V. Minh, Changes in Water Quality in the Downstream Area of the Cu De River, Da Nang City, Journal of Science and Technology, The University of Danang, Vol. 9, No. 82, 2014, pp. 79-82 (in Vietnamese).

[11] D. T. K. Phuong, V. N. Duong, N. T. Quan et al., Numerical Model in Water Quality: the Case Study of Da Nang City in central Vietnam, River, Vol 4, No. 2, 2025, pp. 149-161, https://doi.org/10.1002/rvr2.70014.

[12] Da Nang City People's Committee, Resolution No. 82/NQ-HĐND of the People's Council of Da Nang City, 2021 (in Vietnamese).

[13] Da Nang City People's Committee, Project Developing Community Tourism in Hoa Vang District Until 2025, with a vision to 2030, 2020 (in Vietnamese).

[14] Da Nang City Department of Transportation Report on the Progress of Key Projects And Driving Forces in the City, in 2022, 2023, 2022 (in Vietnamese).

[15] Da Nang's DONRE, Report on the Situation of Rain, Floods and Landslides in 2022, 2023, 2022 (in Vietnamese).

[16] M. T. T. Duong, V. N. Duong, T. T. V. Nga, Sustainability Evaluation of Freshwater Withdrawal on the Vu Gia Thu Bon River Basin in Vietnam. IOP Conf Ser: Earth Environ Sci, Vol. 1226, No. 1, 2023, pp. 1-12, https://doi.org/10.1088/1755-1315/1226/1/012007.