

Phân tích chi phí - lợi ích của các mô hình thoát nước và xử lý nước thải cho Thủ đô Viêng Chăn, CHDCND Lào

Benefit - cost analysis of wastewater management options for Vientiane Capital, Lao PDR

> NCS XAIGNAVONG LANGKONE¹, KS NGUYỄN TIẾN QUÂN², GS.TS NGUYỄN VIỆT ANH²

¹ Khoa Kỹ thuật Môi trường, ĐHQG Lào, NCS Trường Đại học Xây dựng Hà Nội;

² Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT:

Bài báo trình bày kết quả phân tích chi phí - lợi ích (CBA), làm cơ sở lựa chọn mô hình thoát nước khả thi, giữa 2 phương án thoát nước (TN) và xử lý nước thải (XLNT) khu vực trung tâm Thủ đô Viêng Chăn, CHDCND Lào, có diện tích 26 km², dân số 225.035 người. PA1 áp dụng mô hình TN và XLNT tập trung, thu gom được 62% nước thải, công suất 28.000m³/ngđ, chất lượng nước đầu ra đạt cột A theo quy chuẩn xả thải. 38% dân số còn lại sử dụng bể tự hoại. PA2 áp dụng mô hình TN và XLNT tập trung kết hợp phân tán, thu gom được 80% nước thải, xử lý đạt cột A. Trong số 20% dân số còn lại, có 10% được tiếp cận với XLNT phân tán chi phí thấp, xử lý BOD và TSS, và 10% còn lại xử lý tại chỗ bằng bể tự hoại. PA2 tiếp cận được 33.756 hộ gia đình. Kết quả nghiên cứu cho thấy cứ 1 USD đầu tư cho TN và XLNT đem lại lợi ích kinh tế quy đổi nhờ cải thiện môi trường, bảo vệ sức khỏe, nguồn nước, tiết kiệm thời gian, tăng du lịch và các cơ hội đầu tư khác, với PA1, là 4,93 USD, PA2 là 6,5 USD.

Từ khóa: Mô hình thoát nước tập trung và phân tán; phân tích chi phí - lợi ích; CAPEX; OPEX; xử lý nước thải; Thủ đô Viêng Chăn.

ABSTRACT:

The paper presents a cost-benefit analysis (CBA) as a basis for selecting the most feasible among two wastewater management options for the central area of Vientiane Capital, Lao PDR, with an area of 26km², a population of 225,035 people. Option 1, applying centralized wastewater management scheme, can collect and treat 62% of wastewater, equal to 28,000 m³/day to meet quality of column A of effluent standard. The remaining 38% of population uses on-site treatment in septic tanks. Option 2, applying the combination of centralized and decentralized scheme, enables to collect 80% of wastewater and treat to column A. Among remaining 20% of population, 10% can use low-cost clustered wastewater treatment systems for BOD and TSS removal, while the remaining 10% use on-site septic tanks. Research results show that every 1 USD invested in wastewater collection and treatment could bring averted economic benefits related to environment improvement, health protection, water quality improvement, time saving, tourism and other investment opportunities, as much as 4.93 USD for the option 1, and 6.50 USD for the option 2.

Keywords: Centralized and decentralized wastewater management model; Benefit-Cost analysis; CAPEX; OPEX; wastewater treatment; Vientiane capital.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Thủ đô Viêng Chăn (TĐVC), CHDCND Lào bao gồm 9 huyện, 482 bản, với 158.075 hộ gia đình, tổng dân số năm 2020 là 948.466 người, chiếm 13,03% dân số cả nước, mật độ dân số trung bình 242 người/km². TĐVC có 4 huyện nằm ở khu trung tâm, 3 huyện ven đô và 2 huyện ngoại thành với mật độ dân số cao nhất là 2.150 người/km² tại huyện Chanthabouly, thấp nhất là 43 người/km² ở huyện Pakngum [1], [2]. Năm 2020, công suất của các nhà máy nước của TĐVC trung bình là 326.320 m³/ngđ. Nhu cầu dùng nước sạch tại TĐVC đang tăng nhanh, dự kiến đến năm 2025 - 2030 công suất cấp nước sẽ lên tới 407.000 m³/ngđ và 480.000 m³/ngđ. Lượng

nước thải ước tính cho năm 2020, 2025 và 2030 lần lượt là 261.000 m³/ngđ, 325.600 m³/ngđ và 384.000 m³/ngđ (bằng 80% lượng nước cấp). Toàn TĐVC chưa có HTTN và XLNT [3]. 95% các hộ gia đình sử dụng bể tự hoại bằng ống cống BTCT, xây gạch hoặc bằng nhựa đúc sẵn để xử lý sơ bộ nước đen trước khi thải vào nguồn tiếp nhận [4]. Tại TĐVC thường xuyên xảy ra úng ngập cục bộ vào mùa mưa trên diện tích rộng, chất lượng nguồn nước tại các ao hồ, kênh mương nội đô ngày càng ô nhiễm.

Từ năm 1990 đến nay, đã có nhiều nghiên cứu, đề xuất phương án tổ chức TN và XLNT cho TĐVC, thực hiện bởi các nhà tài trợ như JICA, EDCF, Hungary, ... Tuy nhiên, các dự án chỉ dừng lại ở mức độ

nghiên cứu tiền khả thi hoặc khả thi, theo hướng TN và XLNT tập trung hoàn toàn. Mới chỉ có một vài công trình thí điểm quy mô nhỏ được triển khai [1], [5]. Các giải pháp đề xuất đều cần nguồn tài chính rất lớn, khó huy động, không khả thi. Trong khi đó, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, mô hình xử lý nước thải phi tập trung là một giải pháp khả thi về kỹ thuật và tài chính, giảm thiểu tác động đến môi trường, tạo điều kiện cho người dân nông thôn và vùng ven đô có khả năng tiếp cận với hệ thống vệ sinh cơ bản. Kết hợp giữa tập trung và phân tán sẽ cho phép thực hiện dự án TN và XLNT với chi phí thấp hơn, phục vụ được nhiều người dân trên một phạm vi rộng hơn.

Để có được cơ sở để xuất mô hình thu gom và xử lý nước thải phù hợp cho TĐVC, nhóm nghiên cứu đã tiến hành tính toán, so sánh 2 phương án TN và XLNT: Phương án 1 (PA1) là mô hình TN và XLNT tập trung hoàn toàn cho khu vực Trung tâm TĐVC; Phương án 2 (PA2) là mô hình TN và XLNT tập trung kết hợp phân tán, với các phân tích chi phí - lợi ích, xem xét theo 5 tiêu chí: (1) Kỹ thuật; (2) Kinh tế - tài chính; (3) Môi trường; (4) Xã hội; (5) Thể chế, quản lý và sự phù hợp với quy hoạch [6]. Nghiên cứu cũng nhằm xác định ranh giới lựa chọn giữa 2 mô hình TN và XLNT theo “mật độ dân số” trong điều kiện của TĐVC.

2. MÔ TẢ PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

2.1. Các phương án tổ chức TN và XLNT

Vùng TĐVC được thể hiện tại **Hình 1** với tổng diện tích 114 km² được chia thành 6 khu vực chính KV1-KV6 trong đó KV1 là Trung

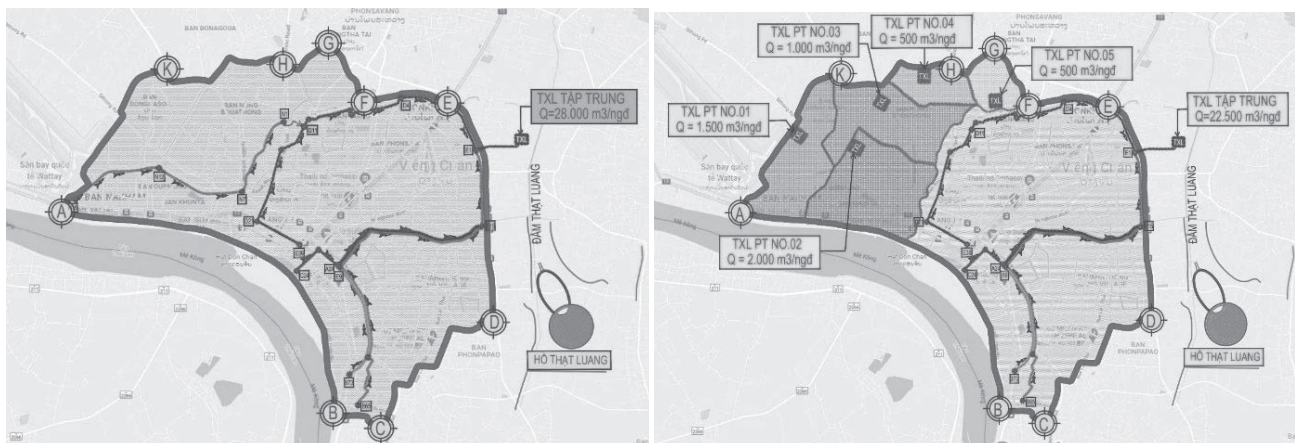
tâm TĐVC có diện tích 26 km², có dân cư đông, mật độ xây dựng cao, dân số năm 2020 là 146.862 người, dự kiến năm 2030 là 225.035 người, chiếm 37,3% dân số 4 huyện nội thành và 23.7% dân số TĐVC. KV1, được giới hạn bởi đường bao A-B-C-D-E-F-G-H-K, là khu vực được ưu tiên phát triển TN và XLNT, là phạm vi nghiên cứu của đề tài.

Khu vực nghiên cứu có thể chia thành 2 vùng có mật độ dân số khác nhau, đó là: (1) Khu vực Hong Xeng và Hong Ke, mật độ dân số 10.470 người/km²; (2) Khu vực Wattay, mật độ 3.879 người/km². Với tiêu chuẩn thoát nước 160 l/người/ngđ, lưu lượng nước thải phát sinh của khu vực nghiên cứu là 41.850 m³/ngđ, trong đó nước thải sinh hoạt là 36.000 m³/ngđ và nước thải công cộng, dịch vụ là 5.850 m³/ngđ.

Với PA1, mô hình TN và XLNT tập trung, toàn bộ KV1 được phân chia thành 3 lưu vực chính: (1) Lưu vực Hong Ke, diện tích S₁=11,09 km²; (2) Lưu vực Hong Xeng, diện tích S₂=6,04 km²; (3) Lưu vực Wattay, S₃=8,39 km². Nước thải được dẫn về Nhà máy XLNT tập trung đặt tại đầm That Luang. Lưu vực Hong Ke, NT trong khu nội thành và phía Nam của kênh Hong Xeng được thu gom bởi tuyến cống chính D21-E1 có độ dài 5.58km, đường kính DN400-DN800. Tuyến cống bao E36-E1 thu gom nước thải từ Hong Pasak và Hong Wattay, không cho xả trực tiếp vào kênh Hong Xeng. Các tuyến nhánh E36-D21, E32-C19, E27-D17, E20-D16, A14-D5 đổ nước thải vào tuyến cống chính D21-E1. Tại nút giao D11 có tiếp nhận thêm một lượng NT được vận chuyển đến từ tuyến nhánh N19-N1 dẫn đến nút D11 bằng trạm bơm cục bộ.

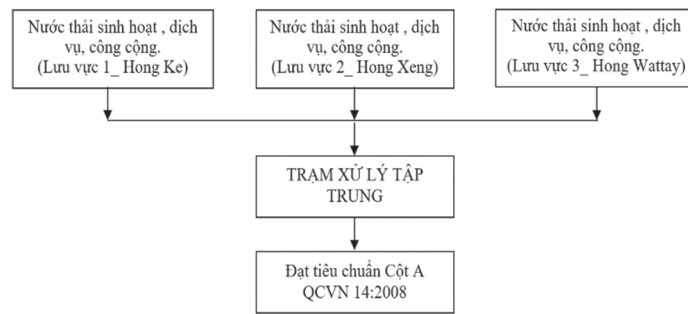


Hình 1. Vùng Thủ đô Viêng Chăn

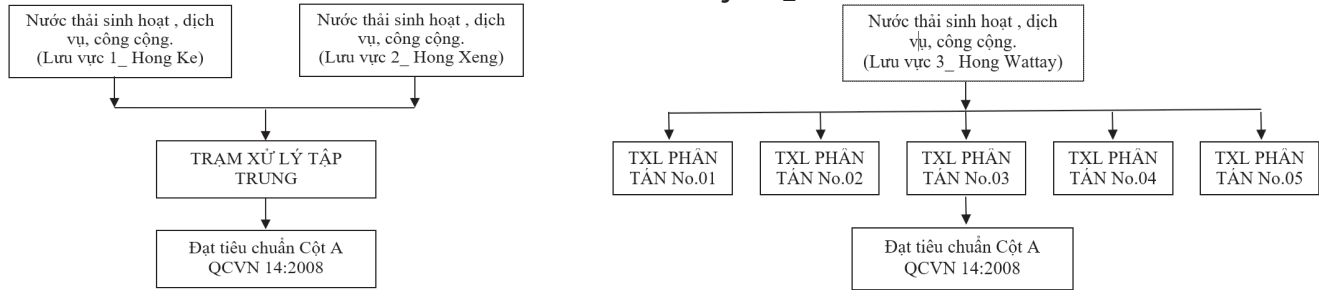


Hình 2. Phương án tổ chức thoát nước và xử lý nước thải cho KV1-Trung tâm TĐVC

a) Phương án 1 (PA1): Xử lý tập trung; b) Phương án 2 (PA2): Xử lý tập trung kết hợp phân tán



Hình 3. Sơ đồ tổ chức thu gom NT_PA1



Hình 4. Sơ đồ tổ chức thu gom NT_PA2

a) LV Hong Xeng, Hong Ke xử lý tập trung; b) LV Hong Wattay xử lý TT + PT

PA1 cho phép tiếp cận 62% dân số (23.080 hộ gia đình) với lưu lượng nước thải 28.000 m³/ngđ. Còn lại 38% dân số (14.426 hộ gia đình) không được tiếp cận với hệ thống thoát nước, vẫn tiếp tục sử dụng bể tự hoại truyền thống để xử lý sơ bộ nước thải. Nhà máy XLNT tập trung sẽ XLNT đảm bảo đầu ra đạt cột A, QCVN 14:2008/BTNMT. Giả thiết các bể tự hoại truyền thống cho phép loại bỏ 20% BOD₅ và 70% TSS [7], [8].

Với PA2, TN và XLNT tập trung kết hợp phân tán và tại chỗ, nước thải lưu vực Hong Xeng và Hong Ke được dẫn về xử lý tại Nhà máy XLNT tập trung đặt tại đầm That Luang với các tuyến cống tương tự PA1. Tuy nhiên tuyến D21-E1 có đường kính DN315-DN450, nhỏ hơn so với PA1 vì không tiếp nhận nước thải chuyển về từ lưu vực Wattay. Lưu vực Wattay có mật độ dân số thấp, dân cư phân bố rải rác, áp dụng mô hình thu gom và XLNT phân tán, với 5 Trạm XLNT No.01-No.05. Thiết kế hệ thống thoát nước giảm lượ, ống uPVC DN160-250, chôn nông 0.5m, hố ga làm bằng nhựa đúc sẵn, giúp tiết kiệm chi phí và có thể len lỏi vào từng ngõ ngách, chạy phía sau nhà để tiếp cận tối đa các hộ gia đình xả nước thải với chi phí thấp.

PA2 cũng tiếp cận 62% dân số (23.080 hộ gia đình), với 1 Nhà máy XL tập trung công suất 22.500 m³/ngđ và 5 Trạm XLNT phân tán No. 01-05 có công suất lần lượt là 1.000, 2.000, 1.500, 500, 500 m³/ngđ. Nước thải của 18% dân số (6.926 hộ gia đình) được xử lý ở quy mô cụm dân cư. Nhà máy XLNT tập trung, 5 Trạm XLNT phân tán No.01-05, và các Trạm XLNT theo cụm dân cư đều XLNT đảm bảo đầu ra đạt cột A, QCVN 14:2008/BTNMT. Trong số 20% dân số còn lại, có 10% (3.750 hộ gia đình) được XL theo cụm bằng công nghệ XLNT chi phí thấp, chỉ loại bỏ BOD₅ và TSS, không có xử lý Nitơ (không cần cấp điện cho các thiết bị cấp khí). 10% dân số còn lại (tương đương 3.750 hộ gia đình) không được tiếp cận với HTTN, vẫn tiếp tục sử dụng bể tự hoại truyền thống [8].

2.2. Lựa chọn công nghệ XLNT cho từng phương án

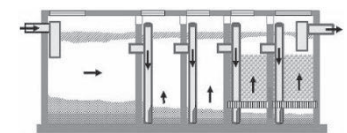
CHDCND Lào nói chung và TĐVC nói riêng chưa có hệ thống TN và XLNT tập trung nào. Cần lựa chọn công nghệ XLNT có mức đầu tư và chi phí vận hành, bảo dưỡng phù hợp, vẫn đảm bảo hiệu suất xử lý yêu cầu, kể cả xử lý bậc 3 để loại bỏ được các hợp chất

Nitơ. Sau khi phân tích ưu nhược điểm của các công nghệ XLNT khác nhau [7], tác giả đề xuất áp dụng công nghệ XLNT sinh học với bùn hoạt tính AO cho Nhà máy XLNT tập trung và 5 Trạm XLNT phân tán No. 01-05 (Hình 5). Các trạm XLNT theo cụm, yêu cầu chất lượng nước thải đầu ra đạt cột A, QCVN 14:2008/BTNMT, đề xuất áp dụng công nghệ AO quy mô nhỏ, hoặc các công nghệ XLNT phân tán như BASTAF-AT, AFSB, Johkasou, MBBR [18]. Khu vực dân cư có XLNT theo cụm bằng công nghệ chi phí thấp, đề xuất áp dụng công nghệ BASTAF hoặc ABR [7]. Các dây chuyền XLNT có khử trùng bằng Clo lỏng (Nhà máy XLNT tập trung), Clorua vôi hay Javen (Trạm XLNT phân tán, theo cụm). Các Trạm XLNT được thiết kế có xử lý, kiểm soát mùi. Bùn cặn từ các Trạm XLNT phân tán, theo cụm được thu gom và xử lý tại Nhà máy XLNT tập trung, chế biến phân compost phục vụ nông nghiệp. Tần suất vận chuyển bùn 2 ngày/lần. Đơn vị vận hành các Trạm XLNT còn làm dịch vụ hút, vận chuyển phân bùn bể tự hoại đưa về Nhà máy XLNT để xử lý, tránh tình trạng người dân và các đơn vị tư nhân hút và xả thải không đúng nơi quy định.

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm các công trình XLNT phân tán tại TĐVC của cùng tác giả [7] cho thấy các công nghệ chi phí thấp như BASTAF, ABR cho phép đạt hiệu suất xử lý đạt tới 87,8% (BOD₅), 93,1% COD và 88,3% (TSS). Trong nghiên cứu này, lấy hiệu suất xử lý theo BOD₅ và TSS của BASTAF và ABR đều bằng 80%. Bể tự hoại truyền thống có hiệu suất loại bỏ BOD₅ 20% và TSS 70% [7], [8]. Hình 5 và Hình 6 giới thiệu sơ đồ nguyên lý XLNT trong bể tự hoại truyền thống và bể BASTAF [8].



Hình 5. Bể tự hoại truyền thống



Hình 6. Bể XLNT tại chỗ BASTAF

2.3. Phân tích chi phí - lợi ích dự án TN và XLNT

• Tính toán chi phí (C) của dự án TN và XLNT:

Chi phí đầu tư xây dựng (CAPEX): $CAPEX = C_{xl} + C_{tb} + C_{tv} + C_k + C_{dp}$

Bảng 1. Vị trí và diện tích đất các Trạm XLNT phân tán (PA2)

TXL N.01 Q=1.500 m ³ /ngđ	TXL N.02 Q=2.000 m ³ /ngđ	TXL N.03 Q=1.000 m ³ /ngđ	TXL N.04 Q=500 m ³ /ngđ	TXL N.05 Q=500 m ³ /ngđ
17°58'54.19"N 102°34'50.70"E	17°58'45.68"N 102°35'25.17"E	17°59'12.11"N 102°35'41.30"E	17°59'32.54"N 102°36'3.26"E	17°59'10.30"N 102°36'55.93"E
S1 = 25x60m	S2 = 25x60m	S3 = 20x50m	S4 = 18x40m	S5 = 18x40m

Trong đó: (1) C_{xl} là chi phí xây dựng MLTN và Nhà máy XLNT; (2) C_{tb} là chi phí mua sắm và lắp đặt thiết bị; (3) C_{tv} là chi phí tư vấn đầu tư xây dựng (lập báo cáo nghiên cứu tiền khả thi, nghiên cứu khả thi, thiết kế bản vẽ thi công, các chi phí thẩm tra, lập hồ sơ thầu và xét thầu, giám sát thi công, chi phí quy đổi vốn đầu tư xây dựng); (4) C_k là chi phí khác (phí thẩm định dự án, bảo hiểm, kiểm toán, chi phí chung như lán trại công trường, vận hành thử, đào tạo chuyển giao công nghệ, phân tích mẫu nước, xin cấp phép xả thải); (5) C_{dp} là chi phí dự phòng khối lượng và dự phòng trượt giá.

Chi phí quản lý vận hành, bảo dưỡng (OPEX):

$$OPEX = C_d + C_{hc} + C_{bt} + C_{nc} + C_{ns} + C_{vcb};$$

trong đó: (1) C_d là chi phí điện năng; (2) C_{hc} là chi phí tiêu hao nguyên vật liệu, hóa chất; (3) C_{bt} là chi phí bảo trì, bảo dưỡng; (4) C_{nc} là chi phí nhân công; (5) C_{ns} là chi phí nước sạch; (6) C_{vcb} là chi phí vận chuyển bùn.

Nguồn vốn đầu tư xây dựng HTTN và XLNT ở TĐVC giả thiết là vốn vay ODA lãi suất thấp, thời hạn vay 30 năm, ân hạn 4 năm. Các hạng mục công trình như bể chứa, nhà kiên cố, mạng lưới đường ống, kênh mương có thời gian khấu hao 25 năm. Máy móc, thiết bị khấu hao 10 năm. Tỷ lệ trượt giá lấy bằng 1% năm. Tổng chi phí quy đổi theo năm là: $C/\text{thời gian khấu hao} = CAPEX/\text{thời gian khấu hao} + OPEX \text{ theo năm}$ (bỏ qua giá trị thay đổi của tiền tệ theo năm).

• Tính toán lợi ích (B) từ dự án TN và XLNT:

Lợi ích thu được từ TN và XLNT có thể quy đổi thành giá trị tiền tệ bao gồm lợi ích từ bảo vệ môi trường sinh thái, bảo vệ nguồn nước, bảo vệ sức khỏe, tiết kiệm thời gian, du lịch và các lợi ích khác [9], [10], [11].

$$\text{Tổng lợi ích (B): } B = B_{mt} + B_{sk} + B_{nn} + B_{tg} + B_{dl} + B_k;$$

trong đó: (1) B_{mt} là lợi ích về mặt môi trường, tính được bằng giá trị thiệt hại môi trường tránh hay giảm thiểu được nhờ có XLNT. Theo Hướng dẫn thu phí xả chất thải của Bộ TN&MT Lào số 3662/BTNMT ngày 03/08/2021, mức phí là 4 USD/1kg COD và 2 USD/1kgTSS; (2) B_{sk} là lợi ích về sức khỏe, tính được bằng giá trị thiệt hại sức khỏe do các bệnh liên quan đến nước có thể tránh được nhờ có XLNT: chi phí khám chữa bệnh, thuốc men, mất ngày công lao động của bệnh nhân và người nhà chăm sóc, tử vong hoặc mất sức lao động; (3) B_{nn} là lợi ích từ bảo vệ được nguồn nước, tính theo chi phí giảm thiểu được để xử lý nguồn nước khi bị ô nhiễm, hay chi phí người dân phải bỏ ra để tự xử lý nước cho hộ gia đình, hoặc phải đi xa hơn để tiếp cận nguồn nước sạch, hoặc phải mua nước đóng chai; (4) B_{tg} là lợi ích từ tiết kiệm thời gian khi phải đi vệ sinh xa nhà nếu không có công trình vệ sinh hộ gia đình phù hợp. Nghiên cứu [9] và [10] cho thấy các hộ không có công trình vệ sinh phù hợp phải mất tối thiểu 20 phút mỗi ngày để đi vệ sinh; (5) B_{dl} là lợi ích từ việc khách du lịch lựa chọn điểm đến căn cứ vào yếu tố môi trường, nơi có nước sạch, thực phẩm an toàn, giảm rủi ro sức khỏe, có nhà vệ sinh công cộng sạch sẽ, dễ tìm thấy khi có nhu cầu [9], [10]. Điều này sẽ mang lại cảm giác thoải mái, riêng tư và cảm nhận được đầy đủ các giá trị đích thực của nơi du lịch, từ đó khách du lịch có thể ở lại lâu và chi tiêu nhiều hơn, trong khi điều kiện vệ sinh kém

dẫn đến hệ quả khách du lịch đến một lần rồi sẽ không đến nữa, gây tổn thất cho ngành du lịch; (6) B_k là các lợi ích khác chưa tính được, lấy B_k bằng 5% các lợi ích kể trên.

• Tỷ lệ lợi ích : chi phí (B/C):

$B/C = \text{Tổng lợi ích}/\text{tổng chi phí} = B \text{ theo năm} / (CAPEX \text{ quy đổi theo năm} + OPEX \text{ theo năm})$.

Nếu tỷ lệ $B/C > 1$ thì dự án mang lại nhiều lợi ích hơn chi phí, và có tính khả thi cao. Ngược lại, nếu $B/C < 1$ thì dự án đem lại ít lợi ích về kinh tế, môi trường, nguồn nước, xã hội, du lịch và đầu tư khác so với chi phí bỏ ra.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

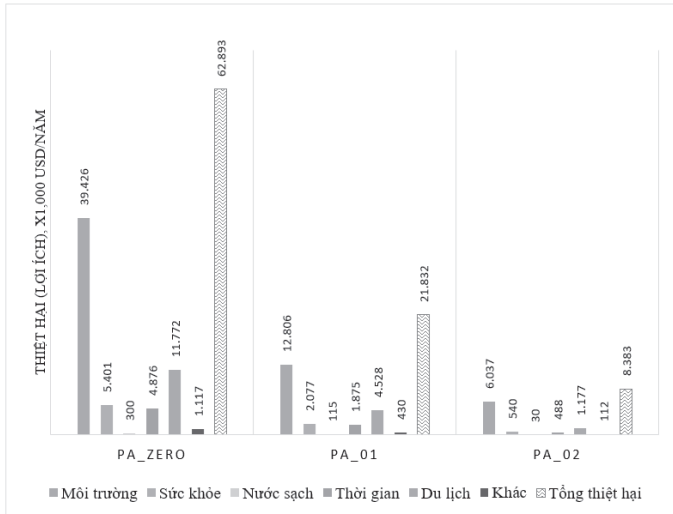
Nhà máy XLNT tập trung PA1 và PA2 đều được đặt tại đằm That Luang, có thành phần hạng mục công trình và sơ đồ bố trí mặt bằng tương tự nhau, chỉ khác nhau về kích thước công trình. Nhà máy XLNT PA1 cần diện tích đất 150x300m² cho công suất Q=28.000 m³/ngđ. Nhà máy PA2 cần diện tích đất 150x250m² cho Q=22.500 m³/ngđ. Với PA2, vị trí và kích thước của 5 Trạm XLNT phân tán có dây chuyền công nghệ tương tự nhau được thể hiện trong Bảng 1. Tổng chi phí xây dựng (CAPEX) của PA1 và PA2 tương ứng là 49,48 triệu USD và 57,65 triệu USD. Tổng chi phí quản lý hàng năm (OPEX) của PA1 và PA2 tương ứng là 3 triệu USD/năm và 4,50 triệu USD/năm. Lượng nước thải được thu gom và xử lý theo PA1 và PA2 tương ứng là 28.000 m³/ngđ và 34.649 m³/ngđ. Giá XLNT của PA1 và PA2 tương ứng là 0,51 USD/m³ và 0,47 USD/m³. Với số hộ được phục vụ của PA1 là 23.080 hộ, PA2 là 33.756 hộ, chi phí CAPEX + OPEX quy đổi theo năm của PA1 là 222,17 USD/hộ/năm, PA2 là 232,74 USD/hộ/năm.

Các tính toán được thực hiện theo nguyên tắc đảm bảo tính đúng, tính đủ các chi phí quản lý vận hành, bảo dưỡng, phi lợi nhuận, không nộp thuế cho nhà nước, có khấu hao, không tính giá trị đất. Nhà nước vay ODA từ các tổ chức tài chính quốc tế với lãi suất thấp 1%/năm không thay đổi trong suốt thời hạn vay (40 năm, ân hạn 4 năm) [5], [12].

Dự án TN và XLNT là dự án công ích, không đạt hiệu quả tài chính hay lợi nhuận trực tiếp cho nhà đầu tư. Để trang trải chi phí quản lý vận hành hệ thống, người dân thanh toán một phần chi phí, phần còn lại do ngân sách thành phố bù. Theo PA1, năm đầu tiên mỗi hộ gia đình cần thanh toán phí thoát nước 1,89 USD/tháng và tăng dần tới năm thứ 9 là 12,03 USD/tháng, năm thứ 40 là 35,64 USD/tháng. Theo PA2, năm vận hành đầu tiên mỗi hộ trả là 1,66 USD/tháng, năm thứ 9 trả 10,55 USD/tháng, năm thứ 40 trả 22,77 USD/tháng.

So sánh với chi phí dịch vụ thu gom và xử lý rác thải, năm 2021, mỗi hộ gia đình ở TĐVC trả 2,5 USD/tháng (phải trả thêm nếu lượng rác nhiều). Chi phí cho nước sạch mỗi hộ gia đình là 7,5-10 USD/tháng (giá nước sạch 2.400 Kip/m³ hay 0,24 USD/m³). Phí thoát nước theo PA1 vào năm đầu tiên, 1,89 USD/tháng, tương đương 20-25% chi phí nước sạch, là phù hợp với điều kiện kinh tế và khả năng chi trả của người dân.

Lợi ích về mặt môi trường của dự án TN và XLNT được tính bằng cách so sánh thiệt hại có thể giảm thiểu theo PA1 và PA2 với kịch bản “zero” ở hiện trạng, khi nước thải không được xử lý. Kết quả tính toán của 3 kịch bản được thể hiện trong **Hình 7** và **Hình 8**.



Hình 7. Thiệt hại kinh tế khi không có dự án, và khi có dự án TN & XLNT the PA1 và PA2

Nếu không đầu tư cho TN và XLNT, lượng chất thải xả vào môi trường tính theo COD = 7.392 T/năm, theo TSS = 4.928 T/năm. Với mức phí xả chất thải theo COD và TSS lần lượt là 4 USD/kg và 2 USD/kg, kinh phí phải trả do ô nhiễm sẽ là 39,4 triệu USD/năm, tương đương mức thiệt hại theo hộ gia đình 1.051 USD/hộ/năm.

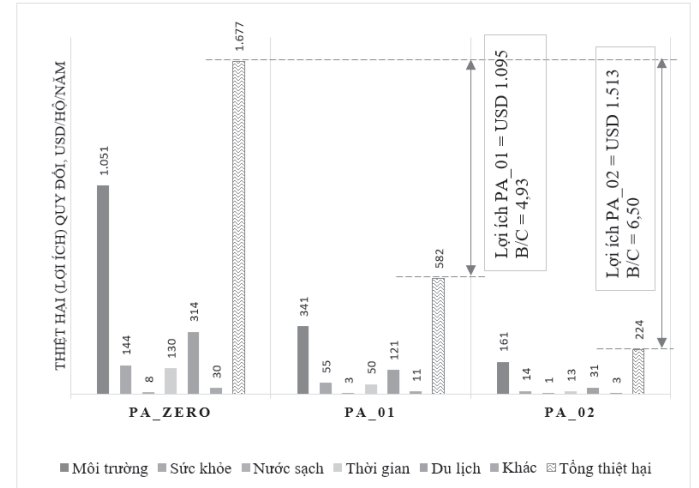
Với PA1, 62% dân số được tiếp cận hệ thống TN và XLNT bằng mô hình xử lý tập trung đạt yêu cầu xả thải cột A, QCVN 14:2008/BTNMT, có thể giảm được 64,31% COD và 77,11% TSS phát thải vào môi trường. Nếu xét về giá trị kinh tế, thiệt hại giảm được so với kịch bản zero là 26,6 triệu USD/năm, tương đương 709,76 USD/hộ/năm.

Với PA2, 80% dân số được tiếp cận hệ thống TN và XLNT bằng mô hình tập trung kết hợp phân tán đạt yêu cầu xả thải cột A, QCVN 14:2008/BTNMT, 10% dân số sử dụng các công trình XLNT chi phí thấp theo cụm, cho phép giảm thiệt hại được 84,69% so với kịch bản zero, tương đương 33,4 triệu USD/năm hay 890,25 USD/hộ/năm.

Các lợi ích liên quan đến sức khỏe, nguồn nước, tiết kiệm thời gian, du lịch và các cơ hội đầu tư khác được xác định, kế thừa kết quả của nghiên cứu ESI-2 do Ngân hàng Thế giới thực hiện cho điều kiện của Lào [6]. Giá trị kinh tế của thiệt hại về sức khỏe theo ESI-2 là 144 USD/hộ/năm (chiếm 23%), về nguồn nước là 8 USD/hộ/năm (chiếm 1%), do lãng phí thời gian là 130 USD/hộ/năm (chiếm 21%), về du lịch là 313,88 USD/hộ/năm (chiếm 50%), các thiệt hại khác chưa kể tới là 29,79 USD/hộ/năm (chiếm 5%). Theo kịch bản zero, nếu ĐVVC không có hệ thống TN và XLNT, khu vực nghiên cứu sẽ thiệt hại 23,47 triệu USD/năm, tương đương 625,68 USD/hộ/năm. Theo PA1, thiệt hại giảm được 64,54% so với kịch bản zero, tương đương 14,44 triệu USD/năm hay 385,02 USD/hộ/năm. Theo PA2, có thể giảm thiệt hại tới 90,0% so với kịch bản zero, tương đương 21,12 triệu USD/năm hay 563,12 USD/hộ/năm.

Giá trị kinh tế của tổng thiệt hại về môi trường, sức khỏe, nguồn nước, thời gian, du lịch và các thiệt hại khác theo kịch bản zero, nếu ĐVVC không có hệ thống TN và XLNT, ở khu vực nghiên cứu, là 62,89 triệu USD/năm, tương đương 1.676,87 USD/hộ/năm.

Theo PA1, giá trị thiệt hại giảm xuống còn 21,83 triệu USD/năm hay 582,09 USD/hộ/năm. Có thể nói lợi ích kinh tế nhờ dự án TN và XLNT của PA1 là 41,06 triệu USD/năm, tương đương 1.094,78 USD/hộ/năm. Với chi phí quy đổi cho TN và XLNT 222,17 USD/hộ/năm đã tính ở trên, ta tính được tỷ lệ B/C = 4,93/1. Tương tự, theo PA2, giá trị thiệt hại về môi trường, sức khỏe, nguồn nước, thời gian, du lịch và các thiệt hại khác giảm xuống còn 9,21 triệu USD/năm hay 248,54 USD/hộ/năm. Có thể nói lợi ích kinh tế nhờ dự án TN và XLNT của PA2 là 53,57 triệu USD/năm, tương đương 1.428,34 USD/hộ/năm. Tỷ lệ B/C của PA2 = 6,41/1. Cứ 1 USD đầu tư cho TN và XLNT, PA 1 đem lại lợi ích kinh tế 4,93 USD, PA 2 đem lại lợi ích kinh tế lớn hơn, 6,5 USD (**Hình 8**).



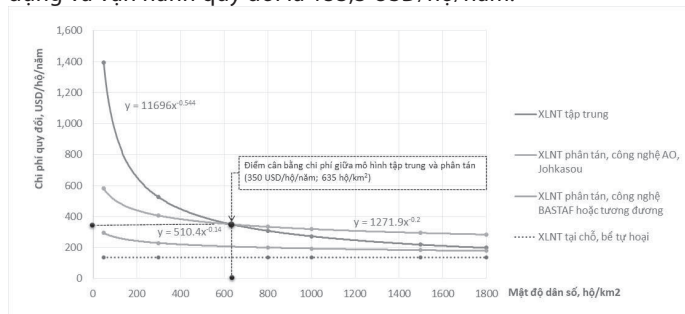
Hình 8. Thiệt hại có thể giảm thiểu hay lợi ích kinh tế của dự án TN và XLNT

Về lộ trình thực hiện và chi phí cơ hội, với thời điểm bắt đầu dự án 2021, đến năm 2024 PA2 có thể đưa 5 hệ thống TN và XLNT phân tán tại lưu vực Wattay, các Trạm XLNT phân tán theo cụm và bể XLNT tại chỗ vào hoạt động, năm 2026 có thể khai thác hệ thống TN và XLNT tập trung. PA2 cho phép sớm đưa các Trạm XLNT phân tán vào hoạt động, với phạm vi phục vụ rộng và số hộ gia đình được hưởng lợi lớn hơn, cho phép người dân sớm được tiếp cận đến dịch vụ vệ sinh môi trường, bảo vệ sức khỏe và kiểm soát ô nhiễm, phát triển kinh tế - xã hội và sớm thu hồi vốn hơn.

Trong giai đoạn phát triển tiếp theo của thành phố 2030-2050, với PA1, cần đầu tư xây dựng mới hệ thống TN và XLNT tại các tiểu lưu vực chưa được phục vụ, với công suất khoảng 13.849 m³/ngđ, với các tuyến cống thoát nước, các trạm bơm nước thải, Nhà máy XLNT mở rộng. Đối với PA2, phạm vi phục vụ từ giai đoạn đầu rộng hơn, có thể cải tạo, nâng công suất các Trạm XLNT phân tán. Trong giai đoạn tiếp theo này, PA1 cần kinh phí đầu tư cao hơn PA2. Các Trạm XLNT phân tán của PA2 cũng có thể cải tạo thành trạm bơm chung chuyển, đưa nước thải vào HTTN và XLNT tập trung. Các hộ gia đình có thể thay các BTH truyền thống thành các công trình XLNT có hiệu suất cao hơn. Tương tự, các công trình XLNT phân tán theo cụm BASTAF, ABR có thể nâng cấp thành các trạm XLNT theo cụm cho phép xử lý triệt để BOD, TSS, N, P, vi sinh vật đáp ứng cột A, QCVN 14:2008/BTNMT và TCMT Lào số 81/CP 2017.

Hình 9 thể hiện mối liên hệ giữa chi phí hàng năm trên hộ gia đình dành cho TN và XLNT theo các mô hình tổ chức và mức độ XLNT khác nhau ở ĐVVC và mật độ dân số. Từ đồ thị này, có thể xác định được ngưỡng giá trị về mật độ dân số khi lựa chọn giữa mô hình TN và XLNT tập trung và phân tán. Khu vực có mật độ dân số từ 635 hộ/km² hay 3.810 người/km² trở lên, nếu

áp dụng mô hình tổ chức TN và XLNT tập trung sẽ có chi phí CAPEX và OPEX quy đổi hàng năm thấp hơn TN và XLNT phân tán. Khu vực có mật độ dân số nhỏ hơn 3.810 người/km², nên áp dụng mô hình tổ chức TN và XLNT phân tán. Chi phí quy đổi hàng năm đối với các hệ thống TN và XLNT phân tán hay theo cụm, đạt cột A theo QCVN 14:2008/BTNMT, là 350 USD/hộ/năm. Chi phí xây dựng và vận hành BTH truyền thống là 135 USD/hộ/năm. Với các bể BASTAF hoặc ABR, chi phí xây dựng và vận hành quy đổi là 153,3 USD/hộ/năm.



Hình 9. Mối liên hệ giữa chi phí và các phương án TN và XLNT theo mật độ dân số

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

• Kết luận:

Nghiên cứu đã tính toán, so sánh 2 phương án TN và XLNT cho khu vực nghiên cứu có diện tích 26 km², dân số 225.035 người, tương đương 37.506 hộ gia đình ở trung tâm TĐVC. PA1, áp dụng mô hình TN và XLNT tập trung, có thể thu gom NT được 62% xử lý đạt cột A, còn 38% là xử lý tại chỗ bằng bể tự hoại truyền thống. PA2 là mô hình TN và XLNT tập trung kết hợp phân tán, có thể thu gom được 90% nước thải, trong đó 80% xử lý đạt cột A và 10% chỉ xử lý BOD và TSS theo cụm và tại chỗ đạt hiệu suất 80% bằng công trình XLNT phân tán, chi phí thấp, 10% còn lại xử lý tại chỗ bằng bể tự hoại truyền thống. Tổng số hộ được thu gom và XLNT của PA1 và PA2 tương ứng là 23.080 hộ và 33.756 hộ. Lượng nước thải được thu gom và xử lý của PA1 và PA2 tương ứng là 28.000 m³/ngđ và 34.649 m³/ngđ.

Tổng chi phí xây dựng (CAPEX) của PA1 là 49,48 triệu USD, PA2 và 57,65 triệu USD. Tổng chi phí quản lý hàng năm (OPEX) của PA1 và PA2 lần lượt là 3,00 triệu USD/năm và 4,50 triệu USD/năm. Tổng chi phí CAPEX + OPEX quy đổi của PA1 và PA2 tương ứng là 222,17 USD/hộ/năm và 232,74 USD/hộ/năm. Giá thành thu gom và XLNT của PA1 và PA2 tương ứng là 0,51 USD/m³ và 0,47 USD/m³.

Nghiên cứu đã xác định được giá trị ranh giới về mật độ khi lựa chọn mô hình tập trung và phân tán cho TĐVC. Khu vực có mật độ dân số từ 635 hộ/km² trở lên, nếu áp dụng mô hình TN và XLNT tập trung sẽ có chi phí CAPEX và OPEX thấp hơn mô hình phân tán, trong khi khu vực có mật độ dân số <635 hộ/km² áp dụng mô hình phân tán sẽ có chi phí CAPEX và OPEX thấp hơn mô hình tập trung. Khu vực có dân số thưa thì áp dụng mô hình xử lý theo cụm hay tại chỗ bằng bể BASTAF, ABR, với chi phí XLNT 153,33 USD/hộ/năm hay bể tự hoại truyền thống, chi phí 135 USD/hộ/năm.

Nếu không có dự án TN và XLNT, tổng thiệt hại kinh tế về môi trường, sức khỏe, nguồn nước, đầu tư và du lịch ở khu vực nghiên cứu là 62,89 triệu USD/năm, tương đương 1.676,88 USD/hộ/năm. Áp dụng giải pháp TN và XLNT tập trung theo PA1 cho phép giảm thiệt hại kinh tế xuống còn 21,83 triệu USD/năm hay 582,09 USD/hộ/năm, lợi ích kinh tế thu được là 41,06 triệu USD/năm, tương đương 1.094,78 USD/hộ/năm. Cứ 1

USD đầu tư cho TN và XLNT, PA 1 đem lại lợi ích kinh tế 4,93 USD. Áp dụng giải pháp TN và XLNT tập trung theo PA2 cho phép giảm thiệt hại kinh tế xuống còn 8,38 triệu USD/năm hay 163,78 USD/hộ/năm, lợi ích kinh tế thu được là 54,5 triệu USD/năm, tương đương 1.513,1 USD/hộ/năm. Cứ 1 USD đầu tư vào TN và XLNT theo PA2 sẽ thu lại 6,5 USD lợi ích kinh tế.

• Kiến nghị

Cần ưu tiên dành nguồn lực cho TN và XLNT, đi đôi với phát triển đô thị, để bảo vệ sức khỏe cộng đồng, kiểm soát ô nhiễm môi trường nước, giảm thiểu các thiệt hại về môi trường, sức khỏe, nguồn nước, đầu tư, du lịch và các thiệt hại khác.

Áp dụng kết hợp mô hình TN và XLNT tập trung và phân tán là giải pháp phù hợp cho TĐVC và các thành phố đang phát triển nhanh, cho phép tăng nhanh tỷ lệ dân cư được tiếp cận tới dịch vụ TN và XLNT, góp phần hữu hiệu đảm bảo công bằng xã hội, phát triển kinh tế - xã hội, mang lại lợi ích kinh tế đáng kể.

Phương pháp phân tích chi phí - lợi ích (CBA) là công cụ hữu hiệu, có thể sử dụng khi đánh giá lựa chọn phương án TN và XLNT, tìm giải pháp tối ưu trước khi chính quyền cũng như nhà đầu tư ra quyết định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Xaignavong Langkone, Nguyễn Việt Anh, Nguyễn Tiến Quân, Đồng Khắc Việt (2020). Nghiên cứu hiện trạng thoát nước Thủ đô Viêng Chăn, CHDCND Lào. Tạp chí Cấp thoát nước, Hội Cấp thoát nước Việt Nam. Số 3/2021, trang 41-47.
- [2] Lao Statistic Bureau (2020). Statistical Yearbook 2020.
- [3] Nampapa Nakhone Luang, Vientiane Capital, Lao PDR (2020). Annual report 2020.
- [4] National University of Laos (NUOL) (2020). Report on Johkasou Wastewater Quality Survey in Vientiane Capital.
- [5] JICA and MPWT Lao (2011). The project for Urban Development Master Plan study in Vientiane Capital, a final report.
- [6] Carrard J. Willetts, N., Retamal, M., Nguyen Dinh Giang Nam, Paddon, M., Do Xuan Thuy, Nguyen Hieu Trung and Mitchell (2010). Cost effectiveness and Sustainability of Sanitation Options: A Case Study of South Can Tho - Technical Report, Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Sydney.
- [7] Xaignavong Langkone, Nguyễn Việt Anh, Nguyễn Tiến Quân (2021). Nghiên cứu thực nghiệm công trình xử lý nước thải phân tán tại Thủ đô Viêng Chăn, CHDCND Lào. Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng (đã chấp nhận đăng, 11/2021).
- [8] GS.TS Nguyễn Việt Anh (2017). Bể tự hoại. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [9] The World Bank, Water and Sanitation Program (2013). Economic Assessment of Sanitation Interventions in Lao People's Democratic republic (ESI-2).
- [10] The World Bank, Water and Sanitation Program (2009). Economic Impacts of sanitation in Lao PDR (ESI-1).
- [12] Hungarian Water Lao Project Consortium (2020). WWTP and Canalization - Feasibility Study for Vientiane Capital for water treatment project WWTP & WTP, Rev 6.
- [11] Guy Hutton, U-Primo Rodriguez, Asep Winara, Nguyen Viet Anh, Kov Phyrum, Liang Chuan, Isabel Blackett and Almd Weitz (2013). Economic efficiency of sanitation interventions in Southeast Asia. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development. Vol. 4, N. 1, pp 23-36. ISSN 2043-9083, © IWA Publishing, 2013. DOI:10.2166/washdev.2013.158.