

HIỆU SUẤT XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT CỦA HỆ THỐNG ĐẤT NGẬP NƯỚC KIẾN TẠO NỀN CÁT VẬN HÀNH VỚI MỨC TẢI NẠP THỦY LỰC CAO

Ngô Thụy Diễm Trang¹ và Hans Brix²

ABSTRACT

The paper describes the importance of small scale decentralized domestic wastewater treatment using “reed bed” system in the Mekong Delta of Vietnam with example where the system provides good quality of effluent discharge. A pilot-scale sand-based horizontal subsurface flow constructed wetlands (HSSF CWs) planted with Phragmites sp. was built in Campus I, Cantho Univeristy. The system was operated at two hydraulic loading rates (HLRs) of 31 and 62 mm/d. Removals of TSS, PO₄-P and TP were efficient and similar at both HLRs with mean removal rates of about 94, 99 and 99%, respectively, while removals of BOD₅, COD, TKN and NH₄-N decreased with HLRs increased, and were in range of 47-71, 68-84, 63-87 and 69-91%, respectively. The results indicated that using HSSF CWs for domestic wastewater treatment was viable technique. Effluent quality at high HLR of 62 mm/d (i.e. 1200 L/d) was within the permitted Vietnamese standard for discharge into surface water.

Keywords: *constructed wetlands, horizontal subsurface flow, removal efficiency, hydraulic loading rates, common reed, domestic wastewater*

Title: *Efficiency of sand-based constructed wetlands in domestic wastewater treatment under high hydraulic loading rates*

TÓM TẮT

Bài viết này mô tả tầm quan trọng của việc sử dụng hệ thống bãi lọc trồng sậy qui mô nhỏ trong việc xử lý nước thải sinh hoạt phi tập trung ở Đồng Bằng Sông Cửu Long, Việt Nam, với kết quả là nước thải đầu ra của hệ thống có chất lượng tốt. Hệ thống đất ngập nước kiến tạo nền cát trồng Sậy có dòng chảy ngầm ngang (HSSF CWs) được xây dựng tại khu 1, Đại học Cần Thơ. Hệ thống được vận hành với hai mức tải nạp thủy lực (HLRs) là 31 và 62 mm/ngày. Khả năng xử lý TSS, lân hòa tan (PO₄-P) và lân tổng (TP) là rất hiệu quả và không đổi cho cả hai mức HLRs với hiệu suất xử lý trung bình tương ứng khoảng 94, 99 và 99%, trong khi đó hiệu suất xử lý nhu cầu oxy sinh học (BOD₅), nhu cầu oxy hóa học (COD), tổng đạm Kjeldahl (TKN) và đạm amôn (NH₄-N) giảm khi HLR tăng, và có giá trị trung bình nằm trong khoảng tương ứng là 47-71, 68-84, 63-87 và 69-91%. Kết quả cho thấy bằng cách sử dụng HSSF CWs trong việc xử lý nước thải sinh hoạt là phương pháp khả thi. Chất lượng nước thải đầu ra của hệ thống ở mức HLR cao 62 mm/ngày (tương đương 1200 L/ngày) đạt tiêu chuẩn Việt Nam cho phép xả thải vào nguồn nước mặt.

Từ khóa: *đất ngập nước kiến tạo, dòng chảy ngầm theo phương ngang, hiệu suất xử lý, mức tải nạp thủy lực, cây Sậy, nước thải sinh hoạt*

¹ Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

² Bộ môn Sinh học, Khoa Khoa học, Trường Đại học Aarhus - Đan Mạch

1 GIỚI THIỆU

Thành phố Cần Thơ (TPCT), nơi tập trung dân cư cũng như các hoạt động dịch vụ, thương mại lớn của các tỉnh thành vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), do đó nhu cầu sử dụng nước và lượng nước thải hằng ngày cũng là một điều đáng lo ngại (Nguyễn Thị Phương Loan & Simon, 2012). Nhu cầu cấp nước sạch đô thị ở TPCT ước tính là 150 và 165 lít/người/ngày tương ứng cho năm 2010 và 2020, trong đó tỷ lệ nước thải ước tính là 80% lượng nước cấp, vậy lượng nước thải sinh hoạt ước tính là 120 và 132 lít/người/ngày tương ứng cho năm 2010 và 2020 (Công ty cấp thoát nước Cần Thơ, 2007). Hiện tại TPCT đang đối mặt với rất nhiều vấn đề môi trường vì hệ thống thoát nước và xử lý nước thải hiện trạng không phù hợp, đặc biệt khu vực trung tâm có mật độ dân cư cao. Do đó đô thị hóa bừa bãi và nhanh chóng sẽ gây sức ép rất lớn đối với môi trường đô thị đặc biệt chất lượng nước. Nguồn nước mặt ở ĐBSCL hiện nay vẫn còn là nguồn nước chính cung cấp cho sinh hoạt, hoạt động sản xuất nông, công nghiệp. Vì thế cần có biện pháp bảo vệ nguồn nước tránh những tác động gây ô nhiễm nguồn cung cấp nước sạch từ những khu đô thị. Bài báo này mô tả khả năng xử lý của hệ thống đất ngập nước (ĐNN) quy mô nhỏ trồng Sậy trong việc xử lý nước thải sinh hoạt phi tập trung ở ĐBSCL với lưu lượng tải nạp cao hơn mức tải nạp truyền thống.

Việc xử lý nước ô nhiễm bằng hệ thống ĐNN kiến tạo có dòng chảy ngầm ngang (HSF CWs) hiện đang được chấp nhận như là một công nghệ có thể được sử dụng để xử lý nhiều loại nước thải ở các nước nhiệt đới (Trang *et al.*, 2003; Tuan *et al.*, 2005; Brix *et al.*, 2007). Hệ thống ĐNN được biết đến với nhiều lợi thế hơn các hệ thống xử lý truyền thống khác như: chi phí xây dựng và bảo trì thấp, vận hành dễ dàng và hiệu suất cao, có thể chịu đựng khoảng biến động cao nồng độ chất ô nhiễm và lưu lượng tải nạp nước lớn (Trang, 2009; Konnerup *et al.*, 2011). Tuy nhiên diện tích đất cần để thiết kế một hệ thống ĐNN hiệu quả là rất lớn, đây cũng chính là trở ngại khi lựa chọn biện pháp xử lý nước thải bằng ĐNN, đặc biệt ở những nơi giá đất tăng cao.

Cùng góp phần vào tham gia nghiên cứu và tiến hành ứng dụng thực tiễn các biện pháp xử lý nước thải bằng biện pháp sinh học, cụ thể là xử lý nước thải sinh hoạt bằng ĐNN kiến tạo. Hệ thống được thiết kế hoàn thành năm 2002 dưới sự tài trợ của dự án VLIR – A2, và được thực hiện nghiên cứu với một lưu lượng nước thải đầu vào là 600L/ngày. Hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm với tải lượng này trong 3 năm đều cao, và chất lượng nước đầu ra đạt tiêu chuẩn cho phép xả thải cột A, TCVN 5945:2005 (Tuan *et al.*, 2005). Tuy nhiên, tác giả đã kiến nghị rằng thực tế hệ thống có thể chịu được lưu lượng nước thải đầu vào cao hơn do tính toán ban đầu hệ thống này có thể tải nạp lưu lượng lý thuyết khoảng 9600 L/ngày. Do đó đề tài này được thực hiện nhằm đánh giá hiệu suất xử lý nước thải sinh hoạt của hệ thống với lưu lượng nạp vào cao hơn thông qua chất lượng nước thải đầu ra so với tiêu chuẩn QCVN 24:2009/BTNMT (thay thế cho TCVN 5945:2005) (Loại A: cho phép thải vào nguồn tiếp nhận là nguồn nước dùng cho mục đích sinh hoạt; Loại B: cho phép thải vào nguồn tiếp nhận là nguồn nước dùng cho mục đích khác). Từ đó làm cơ sở cho việc thiết kế hệ thống ĐNN khi áp dụng ở diện rộng hơn hay cho những nghiên cứu tiếp theo trên cùng hệ thống.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Mô tả hệ thống

Hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt bằng đất ngập nước kiến tạo dòng chảy ngang theo phương ngang (HSSF) được thiết kế phục vụ nghiên cứu tốc độ dòng chảy trong hệ thống do Dự án VLIR – A2 tài trợ. Hệ thống bao gồm các bể liên tiếp: (1) bể vào (bể điều lưu) (2,0m x 1,6m x 2,2m: dài x rộng x cao) chứa nước thải đầu vào được bơm vào từ thùng nhựa thu gom 500L từ các hộ gia đình, bơm qua 1 tấm lưới lọc rác; (2) bể lọc than được (0,6m x 1,6m x 1,3m) để lọc giữ lại các chất rắn, khử mùi, một số chất ô nhiễm và vi sinh có trong nước thải; (3) bể lọc xơ dừa (0,4m x 1,6m x 1,05m) được ngăn cách với bể xử lý phía sau bằng một lưới thép, trong bể có kẹp xơ dừa để ngăn cát tràn ngược về phía trước và ngăn không cho các mảnh vụn của than cũng như các mảnh vụn hữu cơ có kích thước lớn đi vào bể xử lý; (4) bể cát có trồng Sậy *Phragmites* sp. (25 cây/m²) là phần chính của hệ thống có kích thước dài x rộng (12,0m x 1,6m) và chiều cao ở đầu khu đất là 1,75m, chiều cao ở cuối khu đất là 2m, đáy bể được đặt nghiêng hướng bể đầu ra với độ dốc $i = 1\%$; và (5) cuối cùng là bể đầu ra (1,0m x 1,6m x 1,2m). Đầu ra đặt ở cuối hệ thống với 2 vòi chảy tràn đặt cách đáy hệ thống 1,3m. Ngoài ra, có một vòi xả đặt cách đáy hệ thống là 0,6m để lấy mẫu nước ra và một van xả đáy (Hình 1).

2.2 Vận hành hệ thống

Hai lưu lượng đã được áp dụng là 0,6 và 1,2 m³/ngày tương ứng với mức tải nạp thủy lực (HLR) là 31 và 62 mm/ngày. Mức tải nạp thủy lực thấp (31 mm/ngày) sẽ được vận hành đầu tiên, nước thải được bơm vào bể điều lưu. Lượng nước thải được chia làm 2 lần bơm sáng và chiều. Trong bể điều lưu có lắp một dây thước, mỗi lần bơm nước thải vào, van ở bể điều lưu được khóa lại, và bơm một thể tích nước có chiều cao 11cm đối với nghiệm thức 600L, và 22 cm với nghiệm thức 1200L (trong suốt bài viết sẽ sử dụng NT 600L và NT 1200L). Khi đủ lượng thì mở van cho nước chảy vào hệ thống. Hệ thống được vận hành liên tục 15 ngày cho mỗi lưu lượng nhằm ổn định hệ thống trước khi thu mẫu. Việc thu mẫu nước tiến hành 2 ngày 1 lần liên tục trong 10 ngày cho mỗi NT.

2.3 Vị trí thu mẫu và các chỉ tiêu phân tích chất lượng nước

Việc thu mẫu nước được thực hiện tại 3 điểm đầu vào (WL1), đầu bể cát (WL2) và bể đầu ra (WL3), tương ứng với khoảng cách từ điểm đầu vào (0) là 2,9 và 10,9 m (Hình 1). Tại bể điều lưu (WL1), nước thải đầu vào được trộn thật đều trước khi thu một mẫu hỗn hợp đại diện, còn tại 2 vị trí WL2 và WL3 việc thu mẫu nước trực tiếp qua ống đầu ra (Hình 1).

Các chỉ tiêu như pH, oxy hoà tan (DO), độ dẫn điện (EC), và nhiệt độ được đo ngay tại khu thí nghiệm bằng các máy đo cầm tay tuần tự là: HI 8424 và HI 9146 (Hanna Instruments, Romania) và Orion 011510 (Thermo Electron Corporation, USA). Các chỉ tiêu còn lại: NH₄-N (đạm amôn), PO₄-P (lân hòa tan), TKN (tổng N Kjeldahl), TP tổng lân), COD (nhu cầu oxy hóa học), BOD₅ (nhu cầu oxy sinh học), TSS (tổng rắn lơ lửng) sẽ được phân tích tại phòng thí nghiệm Bộ Môn Khoa

học Môi Trường – Khoa Môi trường – Đại học Cần Thơ theo các phương pháp trong quy trình tiêu chuẩn đánh giá nước và nước thải (APHA *et al.*, 1998).

2.4 Hiệu suất xử lý

Hiệu suất xử lý (%) được tính theo công thức:

$$\frac{(\text{Nồng độ đầu vào} - \text{Nồng độ đầu ra})}{\text{Nồng độ đầu vào}} \times 100$$

2.5 Phân tích và xử lý số liệu

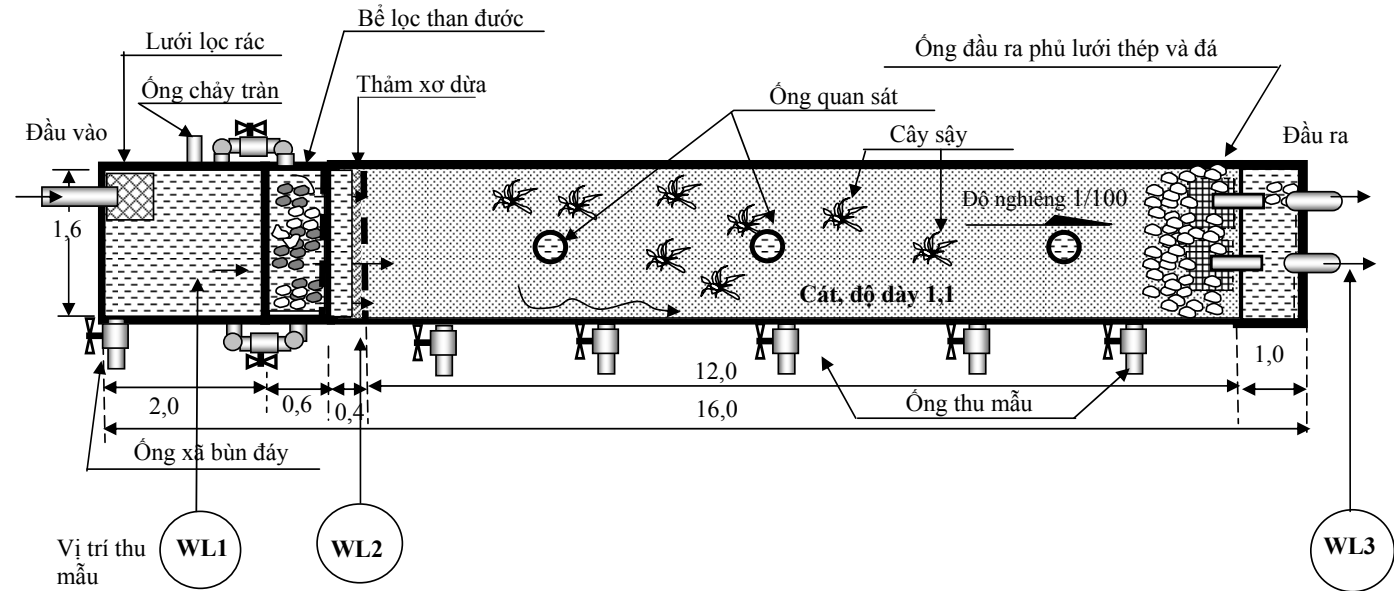
Tất cả số liệu chất lượng nước được thu thập và tính giá trị trung bình và độ lệch chuẩn cho từng nghiệm thức bằng phần mềm Excel. So sánh trung bình hiệu suất giữa 2 nghiệm thức theo phương pháp Kiểm định T-test bằng phần mềm thống kê Statgraphics Centurion XV (StatPoint, Inc., USA).

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 pH, nhiệt độ, oxy hòa tan, độ dẫn điện và TSS

Nước thải đầu vào của hệ thống xử lý có nồng độ các chất tương ứng tính chất đặc thù với nước thải sinh hoạt thành phố, tuy nhiên TSS, BOD và COD có nồng độ thấp hơn (Bayley *et al.*, 2003). Giá trị pH qua các điểm thu mẫu của hai NT có xu hướng giảm dần ở đầu ra và nằm trong khoảng 7,0-7,7 (đối với NT 600L) và 7,1-7,8 (đối với NT 1200L). Các giá trị pH vẫn nằm trong khoảng cho phép của QCVN 24:2009 cho nước thải loại A (Bảng 1). Sản phẩm của quá trình phân hủy sinh học chất hữu cơ trong điều kiện hiếu khí trong hệ thống chảy ngầm theo phương ngang là những acid hữu cơ, đồng thời quá trình nitrate hóa xảy ra trong hệ thống thông qua nồng độ NH₄-N giảm trong nước thải đầu ra (Hình 2e) là những nguyên nhân làm cho giá trị pH trong nước thải đầu ra thấp hơn so với đầu vào (Vymazal *et al.*, 1998).

Nhiệt độ trong nước ở NT 1200L thấp hơn ($p < 0,05$) so với NT 600L (Bảng 1), do thời điểm thu mẫu ở NT 1200L, thời tiết tương đối lạnh hơn (tháng 01) so với nhiệt độ ở thời điểm nghiệm thức 600L (tháng 11) nên ảnh hưởng đến nhiệt độ của mẫu nước. Tuy nhiên, nhiệt độ của 2 NT vẫn nằm trong khoảng cho phép của QCVN 24:2009 (loại A). Nồng độ oxy hòa tan (DO) có xu hướng giảm ở điểm thu mẫu WL2 trong bể cát trồng Sậy so với trong nước đầu vào và tăng dần ở nước đầu ra (Bảng 1).



Hình 1: Hệ thống đất ngập nước kiến tạo (vẽ lại từ Tuan *et al.*, 2005); kích thước không theo tỷ lệ (đơn vị kích thước: m)

Bảng 1: Giá trị trung bình (sai số chuẩn, n=5) một số thông số trong nước ở các vị trí thu mẫu WL1, WL2, và WL3 cho nghiệm thức 600 và 1200 L.

Vị trí thu mẫu	Nghiệm thức 600L			Nghiệm thức 1200L			QCVN cột A (24:2009)
	WL1	WL2	WL3	WL1	WL2	WL3	
pH	7,7 (0,1)	7,4 (0,1)	7,0 (0,1)	7,8 (0,1)	7,4 (0,1)	7,1 (0,1)	6 – 9
Nhiệt độ (°C)	27,5 (0,3)	28,2 (0,1)	27,9 (0,1)	25,0 (0,3)	26,6 (0,1)	26,3 (0,3)	40
DO (mg/L)	0,9 (0,2)	0,9 (0,2)	1,7 (0,2)	1,6 (0,2)	1,3 (0,1)	2,0 (0,2)	KQĐ
EC (µS/cm)	726 (16)	742 (5)	619 (11)	870 (4)	840 (5)	733 (14)	KQĐ
TSS (mg/L)	36,0 (0,5)	8,4 (0,4)	2,5 (0,4)	32,7 (1,7)	10,6 (0,3)	2,1 (0,1)	50

KQĐ: Không quy định

Đối với độ dẫn điện (EC), các muối hòa tan có thể bị giữ lại bằng cơ chế hấp phụ bề mặt, hoặc do cây và vi sinh vật hấp thu làm cho EC giảm trong nước thải đầu ra ở cả 2 NT. Riêng ở nghiệm thức 1200L, trước khi tiến hành thu mẫu nước đã đổ muối vào hệ thống để nghiên cứu vận tốc dòng chảy, do đó độ dẫn điện cao hơn so với nghiệm thức 600L ($p < 0,05$). Nồng độ TSS trong nước thải đầu vào nằm dưới ngưỡng cho phép xả thải (QCVN 24:2009, loại A: 50 mg/L), và không có sự khác biệt ($p > 0,05$) về nồng độ lẫn hiệu suất xử lý TSS (%) giữa 2 NT (~94%). Theo Vymazal *et al.* (1998), thì cơ chế loại bỏ TSS chủ yếu là lý học như quá trình lắng tụ và lọc, và hầu hết chất rắn có kích cỡ lớn được loại bỏ nhiều trong bể lọc than được và xơ dừa, khoảng 68-78% chất rắn được loại bỏ ở đây. Nhìn chung, hiệu suất đạt được trong thí nghiệm này vẫn đảm bảo cho dù khu hệ thống đã vận hành khoảng 5 năm, tuy hệ thống được vận hành lưu lượng cao gấp đôi (1200L/ngày), nhưng vẫn có hiệu suất giống như ghi nhận trong những nghiên cứu trước đây với lưu lượng thấp hơn là 600 L/ngày (Tuan *et al.*, 2005).

3.2 BOD₅ và COD

Nhìn chung nồng độ BOD₅ có xu hướng giảm dần ở cả 2 NT và nằm trong khoảng cho phép của QCVN 24:2009 (loại A, 30 mg/L). Từ điểm WL1 đến WL2, BOD₅ ở cả hai nghiệm thức đều giảm nhanh, có thể do nước thải trước khi đến WL2 đã qua bể lọc than được và xơ dừa, các chất rắn lơ lửng với kích thước lớn có chứa BOD₅ bị giữ lại. Từ vị trí WL2 đến WL3, nước thải qua khu xử lý nước bằng Sây, các chất rắn lơ lửng có kích thước nhỏ hơn tiếp tục được giữ lại bởi vật liệu lọc là cát, ngoài ra còn có sự hoạt động của vi sinh vật phân giải các chất hữu cơ nên BOD₅ tiếp tục giảm (Hình 2a). Tuy nhiên, bên cạnh các quá trình trên, xác của vi sinh vật, rễ Sây phân hủy cũng góp phần gia tăng BOD₅, do đó BOD₅ từ WL2 đến WL3 giảm chậm hơn so với vị trí WL1 đến WL2. Kết quả này cũng được ghi nhận tương tự ở nghiên cứu của Tuan *et al.* (2005).

Hiệu suất xử lý BOD₅ của NT 600L (71,4%) cao hơn NT 1200L (47,4%) ($p < 0,05$).

Nồng độ COD trung bình trong nước đầu vào của NT 600L (~144 mg/L) cao hơn so với của NT 1200 L ($p < 0,05$), nhưng nồng độ COD trong nước đầu ra lại có xu

hướng ngược lại ($p < 0,05$) (Hình 2b). Dẫn đến hiệu suất xử lý (%) COD ở NT 600L (~84%) cao hơn ($p < 0,05$) so với NT 1200 L (~68%). Theo Vymazal (1999) hợp chất hữu cơ được phân hủy yếm khí lẫn hiếu khí bởi vi sinh vật trong hệ thống ĐNN chảy ngầm ngang, và rất khó xác định tỷ lệ của 2 quá trình trên. Nhưng theo kết quả nồng độ DO trong nước thải đầu ra tăng so với đầu vào, và giá trị pH giảm ở nước đầu ra (Bảng 1), chứng tỏ cả 2 quá trình trên đều diễn ra trong bể cát trồng Sậy. Một phần rễ già và rễ chết bị phân hủy trong hệ thống cũng có thể góp phần nồng độ BOD và COD khá cao trong nước thải đầu ra (Hình 2a và 2b).

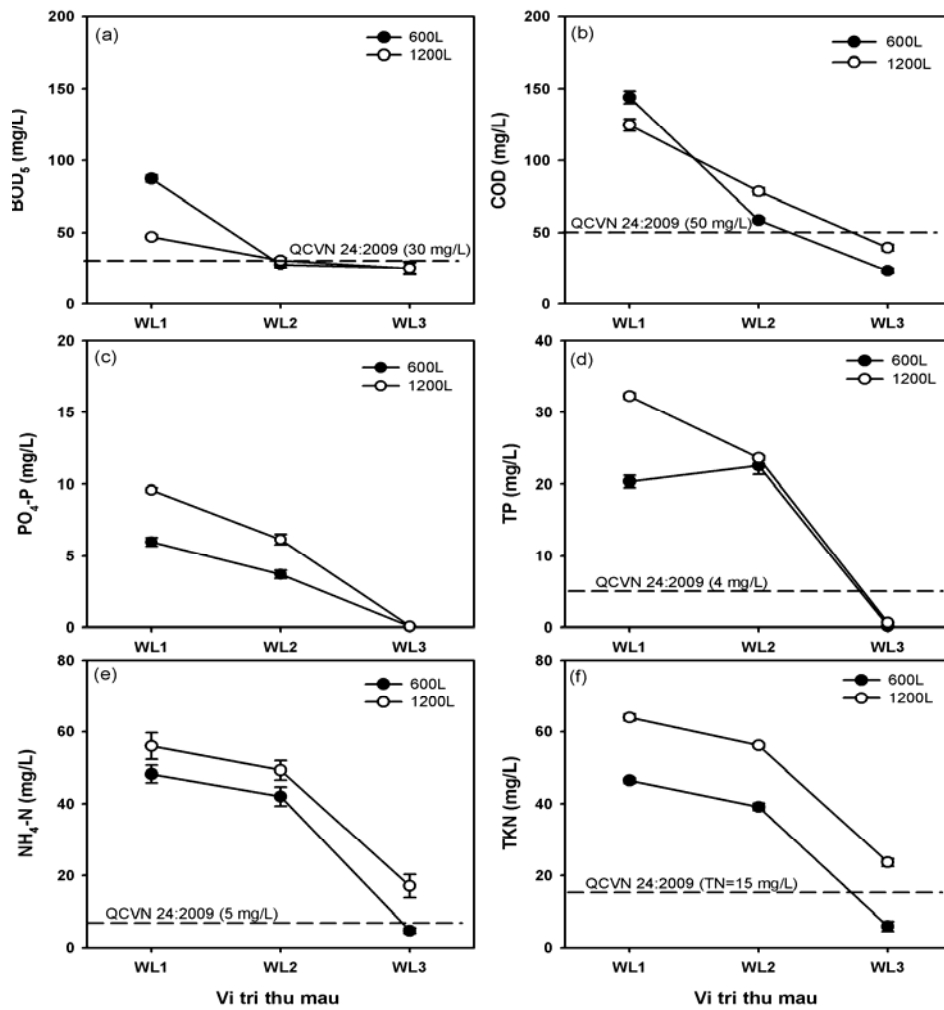
3.3 PO₄-P và TP

Cơ chế loại bỏ P trong hệ thống ĐNN kiến tạo chảy ngầm ngang là quá trình hấp phụ trên bề mặt chất nền (ở đây sử dụng cát), quá trình kết tủa, và quá trình đồng hóa vào cơ thể vi sinh và thực vật (Vymazal, 2004; Trang, 2009). Nồng độ PO₄-P trong nước thải đầu vào của NT 1200L cao hơn ($p < 0,05$) ở NT 600 L (Hình 2c), nhưng chất lượng nước đầu ra có hàm lượng PO₄-P tương đương ($p > 0,05$). Dẫn đến hiệu suất xử lý PO₄-P của cả 2 NT giống nhau và rất cao (>99%), thậm chí cao hơn so với những ghi nhận trước đây (Tuan *et al.*, 2005). Có thể do trước khi tiến hành nghiên cứu này, cát ở 2m đầu của hệ thống ĐNN được rửa sạch và Sậy được trồng mới, cho nên có thể lượng PO₄-P hấp phụ vào cát nhiều và cây Sậy hấp thụ PO₄-P nhiều hơn cho sinh khối mới, nên lưu lượng không ảnh hưởng lên hiệu suất xử lý PO₄-P trong nghiên cứu này.

Nồng độ TP trong nước thải đầu ra ở cả 2 NT đều giảm rõ rệt và nằm trong khoảng cho phép của QCVN 24:2009 (loại A: 4 mg/L). Ở vị trí WL2, nồng độ TP có xu hướng tăng một ít ở NT 600L, có thể do tại vị trí này là vị trí mặt nước mở, lá cây rụng xuống phân hủy và có nhiều xác động vật nổi, muối, ... có thể là lý do làm tăng nồng độ lân trong nước. Nhưng qua bể lọc cát nồng độ TP giảm rõ rệt có thể do cát sử dụng làm chất nền trong hệ thống này đóng vai trò hữu hiệu trong việc hấp phụ lân (Arias *et al.*, 2001). Dẫn đến hiệu suất xử lý TP của hệ thống rất cao ở cả 2 NT; và NT 600L (98,9%) cao hơn NT 1200L (98,1%) ($p < 0,05$), tương đương với ghi nhận của Tuan *et al.* (2005).

3.4 NH₄-N và TKN

Nhìn chung NH₄-N và TKN có cùng xu hướng và giảm dần khi qua hệ thống xử lý, nước thải sau khi qua hệ thống chỉ đạt QCVN 24:2009 (loại A) đối với NT 600L. Riêng chất lượng nước ở NT 1200 L có hàm lượng NH₄-N và TKN đạt tiêu chuẩn loại B (QCVN 24:2009). Có thể một phần do hiện tượng chảy tràn bề mặt và nhiệt độ giảm (Bảng 1) ảnh hưởng đến hiệu suất xử lý đạm ở NT 1200L (Vymazal *et al.*, 1998). Đạm trong nước thải đầu vào đến vị trí WL2 chỉ giảm một phần nhờ vào bể lọc than được và xơ dừa, sau đó giảm nhanh khi qua hệ thống xử lý bể cát trồng Sậy (Hình 2e và 2f). Bên cạnh đó, cũng như cơ chế giảm P trong hệ thống, cát cũng đóng vai trò làm giảm đạm thông qua khả năng giữ lại các chất rắn lơ lửng có chứa nitơ hữu cơ và hấp phụ bề mặt cát (Vymazal, 2007).



Hình 2: Nồng độ (mg/L) trung bình (các thanh đứng chỉ độ lệch chuẩn, n=5) của (a) BOD₅, (b) COD, (c) PO₄-P, (d) TP, (e) NH₄-N và (f) TKN ở các vị trí thu mẫu trên hệ thống ĐNN của 2 NT 600 và 1200 L so với QCVN 24:2009 (cột A)

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT Ý KIẾN

4.1 Kết luận

Khả năng xử lý TSS, PO₄-P và TP là rất hiệu quả và không đổi cho cả hai mức lưu lượng (600 và 1200 L/ngày) với hiệu suất xử lý trung bình tương ứng là ~94, 99 và 99%. Trong khi đó hiệu suất xử lý BOD₅, COD, NH₄-N và TKN giảm ở mức lưu lượng cao (1200L/ngày), với giá trị trung bình tương ứng là 47-71, 68-84, 63-87 và 69-91%.

Hệ thống ĐNN kiến tạo chảy ngầm ngang có trồng Sậy thử nghiệm trong nghiên cứu này cho kết quả khả thi trong việc xử lý nước thải sinh hoạt phi tập trung ở điều kiện nông thôn ĐBSCL.

Hệ thống này có chức năng như là bể lọc sinh học hiệu quả, dễ vận hành, đỡ tốn công bảo trì, vận hành với mức tải nạp thủy lực cao, và cho chất lượng nước thải đầu ra đạt tiêu chuẩn cho phép xả thải QCVN 24:2009 (cột A), cho phép xả thải vào thủy vực làm nguồn nước cho mục đích sinh hoạt, ngoại trừ hàm lượng NH₄-N và TKN ở NT 1200 L/ngày thì đạt tiêu chuẩn cột B (QCVN 24:2009).

4.2 Đề xuất ý kiến

Có hiện tượng chảy tràn bề mặt ở ở NT 1200 L/ngày, đó là điều cần quan tâm khi nghiên cứu ở mức lưu lượng tải nạp cao hơn trong tương lai.

Thu hoạch Sậy là biện pháp hữu hiệu loại bỏ dinh dưỡng ra khỏi hệ thống, đặc biệt N và P, cho nên cần có những nghiên cứu thêm về chu kỳ thu hoạch cây Sậy thích hợp.

Bể nước thải đầu ra WL3 cần phải đậy nắp kín để ngăn cản tảo hay ấu trùng phát triển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- APHA, AWWA, WEF, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20. ed. American Public Health Association. Washington DC, USA.
- Arias, C.A., del Bubba, M., Brix, H., 2001. Phosphorus removal by sands for use as media in subsurface flow constructed reed beds. *Water Research* 35, 1159-1168.
- Bayley, M.L., Davison, L., and Headley, T.R., 2003. Nitrogen removal from domestic effluent using subsurface flow constructed wetlands: influence of depth, hydraulic residence time and pre-nitrification. *Water Sci. Technol.* 48 (5), 175–182.
- Brix, H., Koottatep, T., Laugesen, C.H., 2007. Wastewater treatment in tsunami affected areas of Thailand by constructed wetlands. *Water Science and Technology*. 56, 69-74.
- Công ty cấp thoát nước Cần Thơ, 2007. Bản thảo kế hoạch phát triển công ty 2007-2010: Phát triển thể chế và tổ chức cho công tác quản lý nước thải.
- Konnerup, D., Trang, N.T.D., Brix, H., 2011. Treatment of fishpond water by recirculating horizontal and vertical flow constructed wetlands in the tropics. *Aquaculture* 313, 57-64.
- Nguyễn Thị Phương Loan và Simon, B., 2012. Vấn đề ô nhiễm nguồn nước ở ĐBSCL: Những khó khăn và thử thách trong việc thực thi pháp luật bảo vệ tài nguyên nước ở thành phố Cần Thơ (http://www.zef.de/module/register/media/d417_van%20de%20o%20nhiem%20nuoc%20o%20DBSCL.pdf; truy cập ngày 13/03/2012)
- Trang, N.T.D., 2009. Plants as bioengineers: treatment of polluted waters in the tropics. Ph.D. Dissertation, pp. 143, Aarhus University, Aarhus, Denmark.
- Trang, N.T.D., Liang, J. B., Liao, X. D., and Ismail, M. Y., 2003. Potential of using constructed wetlands for production of animal feed. In *Proceeding 25th Malaysia Society of Animal Production (MSAP) Annual Conference, 1st-3rd August 2003, Melaka, Malaysia*, pp. 129-130.
- Tuan, L. A., Wyseure, G., and Viet, L. H., 2005. An experimental constructed subsurface flow wetland for domestic wastewater treatment at Can Tho University, Vietnam.
- Vymazal, J., 1999. Removal of BOD₅ in constructed wetland with horizontal sub-surface flow: Czech experience. *Water Science and Technology* 40, 133-138.

- Vymazal, J., 2004. Removal of phosphorus in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow in the Czech Republic. *Water, Air, and Soil Pollution*. 4, 657-670.
- Vymazal, J., 2007. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment* 380, 48-65.
- Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P.F., Haberl, R., Laber, J., 1998. Removal mechanisms and types of constructed wetlands. In: *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*, J.Vymazal, H. Brix, P.F. Cooper, M.B. Green, R. Haberl (Eds.), Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 17-66.