การประยุกต์ใช้ระบบสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะ (STEP) เข้ากับระบบบำบัดน้ำเสียรวมระดับชุมชน

Integration of Septic Tank Effluent Pump (STEP) System with Community Wastewater Treatment System

วิจิตรา สิงห์หิรัญนุสรณ์[1], นพดล สหชัยเสรี[2], บังอร นารีรบ[3], เมธาวี ทบบิด[4]

Wichitra Singhirunnusorn [1], Nopadon Sahachaisaeree [2], Bang-on Nareerob [3], Matawee Tobbit[4]

บทคัดย่อ

ชุมชนผู้มีรายได้น้อยหรือชุมชนแออัดที่ตั้งถิ่นฐานรุกล้ำพื้นที่ริมแม่น้ำและลำคลอง มีการถ่ายเทของเสียสิ่งปฏิกูลลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่ผ่านการบำบัด ส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ งานวิจัยนี้ มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบระบบที่เหมาะสมและดำเนินการทดลองระบบในระดับ pilot scale ศึกษาถึงความแตกต่างของการออกแบบและการดำเนินระบบ ในด้านชนิดของเครื่องสูบน้ำเสีย ความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย ประเภทการต่อระบบ ชนิดของบ่อเกรอะ และความสูงที่เครื่องสูบน้ำเสียสามารถสูบน้ำเสียได้ ที่ส่งผลต่ออัตราการสูบน้ำเสีย ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเปรียบเทียบที่ความยาวท่อ 8 เมตรเท่ากัน บ่อเกรอะแบบสองส่วนมีอัตราการไหลสูงกว่าบ่อเกรอะแบบบ่อเดียว (อัตราการไหลสูงสุด: 136.02 ลิตร/นาทีและ 117.37 ลิตร/นาที ตามลำดับ) และเครื่องสูบน้ำเสียแบบ centrifugal มีอัตราการไหลของน้ำเสียที่สูงกว่าเครื่องสูบน้ำเสียแบบจุ่มที่เป็นการสูบน้ำเสียพร้อมทั้งกากตะกอน (อัตราการไหลสูงสุด: 166.76 ลิตร/นาที และ 136.02 ลิตร/นาที ตามลำดับ) โดยพบว่า อัตราการไหลของน้ำเสียลดลงเมื่อความยาวท่อเพิ่มขึ้น จากเงื่อนไขการออกแบบข้างต้น สามารถจัดกลุ่มของประเภทการต่อระบบ STEP ได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 การต่อระบบสูบน้ำที่ต้นทางโดยใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบจุ่ม ทำการสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะแบบบ่อเดียว (สูบน้ำเสีย+ตะกอน) ประเภทที่ 2 การต่อระบบสูบน้ำที่ต้นทางโดยใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบจุ่ม ทำการสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะแบบสองส่วน (สูบน้ำเสียไหลล้น) ประเภทที่ 3 การต่อระบบสูบน้ำที่ปลายทางแบบหน่วยเดียว (สูบน้ำเสียไหลล้น) โดยใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบ centrifugal และประเภทที่ 4 การสูบน้ำที่ปลายทางหลายหน่วย (สูบน้ำเสียไหลล้น) โดยใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบ centrifugal จากการศึกษาพบว่าระบบการต่อแบบหลายหน่วยมีอัตราการไหลของน้ำเสียสูงสุดคือ 252.52 ลิตร/นาที (ความยาวท่อ 8 เมตร) ในขณะที่การต่อระบบประเภทสูบน้ำที่ต้นทางโดยใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบจุ่ม ทั้งจากบ่อเกรอะแบบบ่อเดียวมีอัตราการไหลของน้ำเสียต่ำสุด (อัตราการไหลสูงสุด: 117.37 ลิตร/นาที) จากผลการศึกษาสามารถนำมาสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างอัตราการไหลของน้ำเสียและความยาวท่อ (มีค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติและค่า R^2 ในระดับที่ยอมรับ) เพื่อใช้ในการออกแบบระบบ STEP ในการใช้งานจริง ภายใต้เงื่อนไขของชนิดเครื่องสูบน้ำเสีย, ความยาวท่อ และประเภทการต่อระบบที่มีการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้

คำสำคัญ: การบำบัดน้ำเสีย, ระบบบ่อเกรอะ, เครื่องสูบน้ำเสีย, อัตราการไหลของน้ำเสีย

Abstract

Squatter and low-income settlements (slums) without basic sanitation infrastructure have expanded and encroached on canals and rivers. Untreated human waste drains into and pollutes the watercourses. The research, thus, aims to determine the appropriate design and operation of the system by utilizing a pilot-scale experiment. To determine the highest pumping efficiency, different approaches of design and operation were examined including pump types, sewer pipe length, collection alternatives, septic tank system, and pumping height. The results showed higher flow rate in two-compartment tank (max. 136.02 l/min, 8-m. pipe lengths) compared to the single one (max. 117.37 l/min, 8-m. pipe lengths). In terms of pump types, the centrifugal pump operated with overflowed wastewater demonstrated superior efficiency with highest flow rate of 166.76 l/min (8-m. pipe lengths) compared to the submersible pump that pumped soiled (black) wastewater (max. 136.02 l/min, 8-m. pipe lengths). As might be expected, the study found that the pumping flow rate decreased with the increasing in pipe length. Basing on the design approaches, the study tested four different STEP systems. The first two were the single-unit system with single compartment and two compartment tanks; and submersible pump installed at the beginning of pipe. The third system was single-unit systems with centrifugal pumps installed at the beginning and the end of pipes. The last one was the cluster system with four tanks connected in series and operated by centrifugal pump installed at the end of pipes. The study found that the cluster system showed the highest flow 252.52 l/min (8-m. pipe lengths), meanwhile the single-unit system with submersible pump installed at the beginning of pipe possessed the lowest flow (max.117.37 l/min, 8-m. pipe lengths). The analysis showed that wastewater flow rates are functions of pipe length and can be modeled using linear regression (statistically significant and high R^2). The linear models can be used to design the STEP system in the full-scale system within the studied criteria—pump types, pipe lengths, and connecting alternative.

Keyword: Water treatment, STEP system, Pump, Flow rate

[1] อาจารย์, [3, 4]นิสิตปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[2] รองศาสตราจารย์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

[1]Lecturer, [3,4]Undergraduate student, Environmental technology, Faculty of Environment and resource studies, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.

[2] Assoc. Prof., Faculty of Architecture, King's Mongkut Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand

บทนำ

เนื่องจากชุมชนที่อยู่บริเวณริมคลองตั้งอยู่ในพื้นที่ต่ำ และขาดการบำบัดน้ำเสียที่ถูกสุขลักษณะ สิ่งปฏิกูลและน้ำเสียที่เกิดจากการอยู่อาศัยได้ถูกปล่อยลงสู่คลองโดยตรง ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ จากสภาพที่เป็นข้อจำกัดของชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ต่ำและอยู่ริมคลอง พื้นที่ลาดเอียงและมีข้อจำกัดด้านการซึมผ่านลงดินของน้ำเสีย ทำให้การใช้ส้วมประกอบระบบบ่อเกรอะ-บ่อซึมแบบทั่วไปไม่เหมาะสมในการใช้เพื่อบำบัดน้ำเสียของบ้านเรือนที่ตั้งอยู่บริเวณตลิ่งหรือริมคลองนี้ และหากต้องการต่อท่อนำน้ำเสียไปบำบัดต่อยังบ่อบำบัดที่อยู่ใกล้เคียง ก็ไม่สามารถกระทำได้ด้วยระบบท่อที่อาศัยแรงโน้มถ่วง (gravity sewer systems) แบบทั่วไป

ดังนั้นการวิจัยจึงได้ประยุกต์ระบบการสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะ หรือ Septic Tank Effluent Pump System (STEPs) มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยการออกแบบการทดลองเพื่อพัฒนาระบบการสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะที่มีประสิทธิภาพ การวิจัยได้เน้นถึงความสำคัญของปัจจัยในด้านขนาดของบ่อเกรอะ ซึ่งมีผลต่อระยะเวลาการเก็บกัก คุณภาพน้ำเสีย และการคัดเลือกชนิดของปั๊มสูบน้ำเสีย ซึ่งพิจารณาจากความสามารถในการทำงานของปั๊ม ประกอบด้วย กำลังปั๊ม ความสูงในการสูบน้ำเสีย อัตราการไหลของน้ำเสีย อีกทั้งต้องประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายอีกทางหนึ่งด้วย

งานวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อออกแบบระบบ STEP ที่เหมาะสม ซึ่งศึกษาถึงความแตกต่างในด้านชนิดของบ่อเกรอะ โดยออกแบบเป็น 2 ประเภทคือ แบบบ่อส่วนเดียวและแบบสองส่วน, ชนิดของเครื่องสูบน้ำเสียจำนวน 2 ชนิด คือ เครื่องสูบน้ำเสียแบบจุ่ม (submersible) และเครื่องสูบน้ำเสียแบบ centrifugal, ความยาวท่อรวบรวมน้ำเสียตั้งแต่ 8, 12, 16 และ 20 เมตร, ประเภทการต่อระบบแบบหน่วยเดียวและแบบหลายหน่วย และความสูงที่เครื่องสูบน้ำเสียสามารถสูบน้ำเสียได้ เพื่อเสนอแนะข้อมูลเชิงเทคนิคสำหรับการออกแบบและการก่อสร้างระบบ STEP

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาได้สรุปแนวคิดและเนื้อหาของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยประกอบด้วย ประเด็นหลักๆ ได้แก่ 1) ระบบบ่อเกรอะ (Septic tank) 2) ระบบการสูบน้ำจากบ่อเกรอะ (STEPs) และ3) เครื่องสูบน้ำที่นิยมใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย

1. ระบบบ่อเกรอะ (Septic tank)

การทำงานของระบบบ่อเกรอะเป็นการย่อยสลายกากของเสีย หรือสารอินทรีย์ที่ย่อยง่าย โดยไม่ใช้อากาศและเกิดเป็นก๊าซกับน้ำ ทำให้เหลือกากตะกอนอยู่ก้นบ่อ ซึ่งอาจต้องสูบกากตะกอนออกเป็นครั้งคราว (ประมาณปีละหนึ่งครั้งสำหรับบ่อเกรอะมาตรฐาน) กากตะกอนที่สูบออกจากบ่อเกรอะมีความสกปรกสูงมาก เทียบได้จากน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท นั่นคือ มีค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) 5,000-6,000 มก./ล. และมีค่าของแข็งทั้งหมด (Total Solids; TS) 40,000 มก./ล. ดังนั้นจeเป็นต้องได้รับการกำจัดโดยวิธีที่เหมาะสมต่อไป เช่น ใช้ระบบย่อย (Digestion) และนำไปทำส่วนผสมของดินเพื่อการเกษตร เป็นต้น[1]

1.1 เกณฑ์การออกแบบ

บ่อเกรอะที่รับน้ำเสียเฉพาะน้ำเสียจากส้วมของบ้านพักอาศัย ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งกำหนดขนาดไว้ดังนี้[1]

กรณีที่ 1 : จำนวนผู้พักอาศัยร้อยกว่า 5 คน ให้ใช้ปริมาตรบ่ออย่างน้อย 1.5 ลบ.ม.

กรณีที่ 2 : จำนวนผู้พักอาศัยตั้งแต่ 5 คนขึ้นไป

ปริมาตรบ่อ = 1.5+0.1x(จำนวนผู้พักอาศัย - 5)

Table 1 Design Criteria for Septic Tanks

No. of residents	Wastewater (m^3/day)		Tank size			
	Pour-flush toilet	Flush toilet	Vol.	Water Depth	Width	Length
			m^3	m.	m.	m.
< 5	0.1	0.3	1.5	1.00	0.90	1.70
5-10	0.2	0.6	2.0	1.00	1.00	2.00
10-15	0.3	0.9	2.5	1.25	1.00	2.00
15-20	0.4	1.2	3.0	1.25	1.10	2.20
20-25	0.5	1.5	3.5	1.25	1.20	2.40
25-30	0.6	1.8	4.0	1.40	1.20	2.40
30-35	0.7	2.1	4.5	1.50	1.20	2.50
35-40	0.8	2.4	5.0	1.60	1.20	2.60
40-45	0.9	2.7	5.5	1.60	1.30	2.60
45-50	1.0	3.0	6.3	1.60	1.40	2.80

2. ระบบการสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะ (Septic Tank Effluent Pump Systems: STEPs)

เทคโนโลยีระบบบำบัดน้ำเสียประจำบ้านแบบใช้เครื่องสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะ (STEP system) มีลักษณะเฉพาะสำคัญของระบบคือการพัฒนาเครื่องสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะที่สามารถผลิตได้ในท้องถิ่นหรือประยุกต์ใช้ปั๊มขนาดเล็กในการสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะเพื่อประหยัดพลังงานและง่ายต่อการจัดการดูแลของแต่ละบ้าน ด้วยสภาพของการอยู่อาศัยบริเวณริมแหล่งน้ำซึ่งตั้งอยู่บนพื้นที่ลาดเอียงและมีข้อจำกัดด้านการซึมผ่านลงดินของน้ำเสีย ทำให้การใช้ระบบบ่อเกรอะ-บ่อซึมและระบบท่อที่อาศัยแรงโน้มถ่วง (gravity sewer systems) แบบทั่วไปไม่เหมาะสมในการใช้เพื่อบำบัดน้ำเสียของบ้านเรือนที่ตั้งอยู่บริเวณตลิ่งหรือริมคลอง

ระบบจัดการน้ำเสียรูปแบบใหม่ที่โครงการเสนอได้อาศัยบ่อเกรอะในการตกตะกอนสิ่งปฏิกูลที่เป็นของแข็ง ในขณะที่น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นจากบ่อเกรอะจะถูกสูบไปบำบัดต่อที่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมที่ตั้งอยู่บนฝั่ง โดยผ่านระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย วิธีการดังกล่าวจะสามารถจัดการกับปัญหาความความลาดเอียงของพื้นที่และการรวบรวมน้ำเสียโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงแบบเดิม นอกจากนี้ระบบการสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะ (STEPs) นี้ยังสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย เนื่องจากระบบทำงานภายใต้ความดันจึงสามารถใช้โครงข่ายของท่อน้ำที่มีขนาดเล็ก ติดตั้งในร่องระบายน้ำแบบตื้นไปตามแนวสูงต่ำของพื้นที่ ด้วยเหตุนี้ระบบดังกล่าวจึงสามารถหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายที่สูงจากการขุดเจาะร่องลึกเพื่อวางแนวท่อแบบเดิม

จากการใช้ระบบ STEPs ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางลดขนาดลงได้ เนื่องจากน้ำเสียได้รับการบำบัดขั้นต้นแล้วจากบ่อเกรอะ เพราะฉะนั้นการมีบ่อเกรอะก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง ทำให้สามารถลดขนาดระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางลงได้เมื่อเปรียบเทียบกับการรวบรวมน้ำเสียที่อาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกที่ใช้กันโดยปกติ

เนื่องจากระบบ STEP ใช้แรงดันของน้ำ บางกรณีอาจเกิดแก๊สขึ้นในบางจุดของท่อระบายน้ำเสีย หรือเกิดจากน้ำเสีย ซึ่งบางกรณีอาจต้องมีวาล์วควบคุมปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับเนื่องจากแรงดันจากแก๊สที่เกิดขึ้น ในประเทศแคนาดาระบบ STEP มีราคาประมาณ 6,000 – 9,000 ดอลลาร์สหรัฐ/บ้าน ราคานี้รวมทั้งระบบคือประกอบด้วย บ่อเกรอะ ปั๊มสูบน้ำเสีย บ่อบำบัดน้ำเสีย[2]

2.1 ข้อดีของระบบ STEPs

ระบบเป็นระบบประจำบ้านทำให้สามารถก่อสร้างพร้อมกับตัวบ้านได้ สามารถต่อร่วมกับระบบบ่อเกรอะเดิมได้ บ่อเกรอะมีประสิทธิการกำจัดไขมันและของเสียตามครัวเรือนถึง 90%

จึงเป็นประโยชน์ต่อระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง เนื่องจากทำหน้าที่เป็นระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น และสามารถลดการอุดตันในเส้นท่อจากไขมันได้ด้วย

โดยทั่วไประบบ STEPs สามารถกักเก็บน้ำเสียได้นาน 12-24 ชั่วโมง[2] ซึ่งมีความสำคัญมากในกรณีที่ไฟฟ้าดับ การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบ่อเกรอะเป็นการบำบัดโดยไม่ใช้อากาศ ซึ่งมีประสิทธิภาพมากในการย่อยสลายสารอินทรีย์แล้วเกิดแก๊สขึ้น เช่น มีเทน ทำให้สามารถนำแก๊สที่ได้มาดัดแปลงเป็นพลังงานในรูปอื่นเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไปได้

น้ำทิ้งที่ออกมาเป็นประโยชน์ต่อระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้จุลินทรีย์ในการบำบัด และโครงสร้างซับซ้อนของไนโตรเจนถูกย่อยสลายอย่างมีประสิทธิภาพที่ระบบ STEPs ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง ส่งผลให้น้ำที่บำบัดแล้วมีคุณภาพดีขึ้น[2] ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางไม่ต้องรับภาระ (loading) มากเกินไป[2,3]

2.2 ข้อเสียของ STEPs

การใช้ระบบ STEPs ต้องมีการสูบทิ้งกากตะกอนหรือกากไขมันที่ตกตะกอนอยู่กันบ่อ อย่างไรก็ตามการสูบกากตะกอนทิ้งไม่ต้องดำเนินการบ่อยคือ ประมาณ 6-10 ปี/ครั้ง/บ้าน และตะกอนที่เกิดขึ้นประมาณ 0.4 ลบ.ม/คน/ปี[2,3]

เนื่องจากบ่อเกรอะเป็นการบำบัดน้ำเสียโดยไม่ใช้อากาศ ทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ขึ้น สาเหตุจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่เกิดขึ้นในบ่อเกรอะ การลดปัญหานี้ถือเป็นสิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึง และควรมีฝาปิดมิดชิดป้องกันอากาศเข้าออก เพื่อควบคุมกลิ่นที่เกิดขึ้น หรือจำเป็นต้องมีระบบระบายอากาศที่เหมาะสม[2,3]

3. เครื่องสูบน้ำที่นิยมใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย

เครื่องสูบน้ำที่นิยมใช้กันในงานด้านวิศวกรรมการกำจัดน้ำเสียได้แก่ เครื่องสูบนน้ำชนิดหอยโข่ง (Centrifugal) ชนิด Screw และชนิด Positive displacement แต่พบบ้างในบางครั้งที่เครื่องสูบน้ำชนิดอื่นได้ถูกนำมาใช้งานด้านวิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย

3.1 เครื่องสูบน้ำชนิดหอยโข่ง (Centrifugal pump)

เครื่องสูบน้ำชนิดหอยโข่ง แบ่งออกเป็นชนิด Radial-flow, ชนิด Mixed-flow, ชนิด Axial flow เครื่องสูบน้ำชนิดหอยโข่งประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ตัวหมุนหรือตัวพัดซึ่งจะเป็นตัวที่ทำให้ของเหลวที่อยู่ในเครื่องสูบน้ำมีการเคลื่อนที่แบบหมุน สำหรับอีกส่วนก็คือตัวเครื่องสูบน้ำเอง ซึ่งจะถูกออกแบบให้ของเหลวหมุนอย่างเร็ว และอกจากเครื่องสูบน้ำโดยมีความดัน และความเร็วของของเหลวนี้สูงกว่าเมื่อของเหลวนี้เข้าสู่เครื่องสูบน้ำ[4]

3.2 เครื่องสูบน้ำชนิด Screw

เครื่องสูบน้ำชนิดนี้เป็นแบบหนึ่งในหลายๆแบบของเครื่องสูบน้ำแบบ Positive – displacement ซึ่งเป็นชนิดของเครื่องสูบน้ำที่เก่าแก่ที่สุดในโลก ข้อดีของเครื่องสูบน้ำชนิดนี้ที่มีเหนือกว่าเครื่องสูบน้ำชนิดหอยโข่งคือสามารถสูบน้ำที่มีของแข็งขนาดใหญ่ๆได้โดยไม่เกิดการอุดตันขึ้น เครื่องสูบน้ำชนิดนี้มีความสามรถสูบน้ำได้อยู่ในช่วง 0.01 ถึง 3.20 ม.^{3} ต่อวินาที และสามารถสูบน้ำได้สูงถึง 9 ม. ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำชนิดนี้ประมาณ 85% เมื่อมีปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด และประมาณ 65% เมื่อมีปริมาณการไหลของน้ำเท่ากับ 25% ของปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด ความสามารถของเครื่องสูบชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับระดับความลึกของน้ำที่เข้าสู่[4]

3.3 เครื่องสูบน้ำชนิด Torque – flow

เครื่องสูบน้ำชนิดนี้สามารถใช้ได้กับงานสูบน้ำเสียที่มีพวกกรวด (Grit) ตะกอนที่ลอยอยู่บนน้ำ (scum) พวกตะกอนจากถังตะกอน น้ำเสียดิบ เครื่องสูบน้ำชนิดนี้มีราคาสูงและมีประสิทธิภาพต่ำ

ดังนั้นส่วนมากจะใช้กับการสูบพวกตะกอนจากถังตกตะกอน[4]

กรอบการวิจัย

ในการพัฒนาระบบการสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะที่มีประสิทธิภาพ การวิจัยได้เน้นถึงความสำคัญของปัจจัยในด้านขนาดของบ่อเกรอะ ซึ่งมีผลต่อระยะเวลาการเก็บกัก คุณภาพน้ำเสีย และการคัดเลือกชนิดของเครื่องสูบน้ำเสีย ซึ่งพิจารณาจากความสามารถในการทำงานของเครื่องสูบน้ำเสีย ประกอบด้วย กำลังเครื่องสูบน้ำเสีย ความสูงในการสูบน้ำเสีย อัตราการไหลของน้ำเสีย อีกทั้งต้องประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายอีกด้วย ความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างปัจจัยต่างๆ ได้สรุปไว้ดังแสดงใน Figure 1

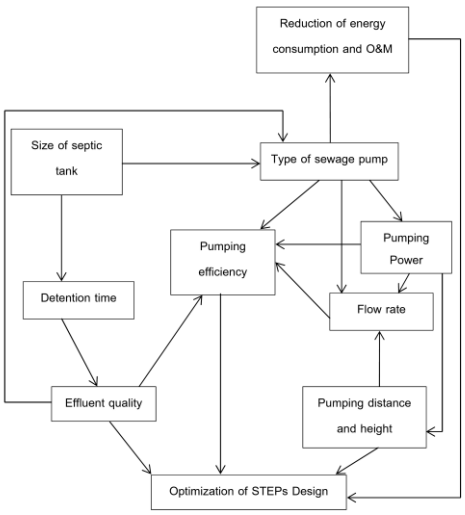

Figure 1 Research framework

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำเสียตัวอย่าง

น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย เป็นน้ำเสียที่สังเคราะห์จากมูลสัตว์(มูลวัว) โดยผสมน้ำและมูลสัตว์ ให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริง ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียก่อนเข้าระบบ โดยวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ 43,150 มก./ล ซึ่งค่าคุณภาพน้ำเสียจริงจากบ่อเกรอะมีค่าประมาณ 40,000 มก./ล. และกำหนดให้มีระยะเวลากักพัก 5 วัน จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียออกจากระบบ

2. การออกแบบบ่อเกรอะ

การศึกษาอาศัยขนาดการทดสอบระดับ pilot scale ซึ่งมีขนาดเล็ก เพื่อจำลองการทำงานของระบบจริง การวิจัยใช้ถังพลาสติกขนาด 40 แกลลอน ในการจำลองการทำงานของบ่อเกรอะแบบส่วนเดียว (single compartment) และแบบสองส่วน (two compartments) ดังแสดงใน Figure 2 โดยอาศัยเกณฑ์การออกแบบเกรอะที่เสนอโดยกรมควบคุมมลพิษ

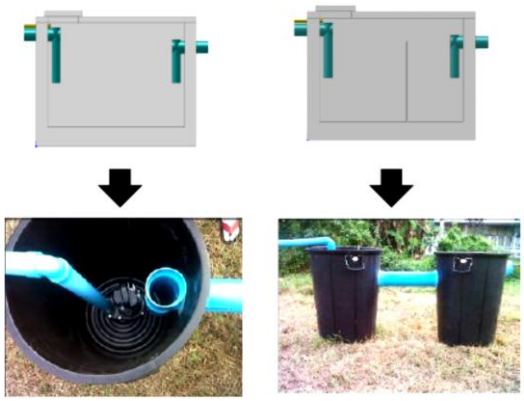

Figure 2 Testing units: Single- and two-compartments septic tanks

3. การทดสอบความสามารถการทำงานของเครื่องสูบน้ำเสีย ดังต่อไปนี้

1) ระยะทางในการสูบน้ำเสีย โดยกำหนดความยาวท่อในการสูบน้ำเสียตั้งแต่ 8, 12, 16 และ 20 เมตร

2) ความสูงที่เครื่องสูบน้ำสามารถสูบน้ำเสียได้ กำหนดความสามารถในการสูบน้ำเสียในความสูง 1.8 เมตรเนื่องจากเป็นความสูงตามพื้นที่ของชุมชนริมน้ำสองต้นนุ่น

3) อัตราการไหลของน้ำเสีย พิจารณาจากปริมาณน้ำเสียที่สูบได้ 100 ลิตร ต่อเวลา (วินาที)

การวิจัยเลือกทดสอบเครื่องสูบน้ำเสีย 2 ประเภท คือ เครื่องสูบน้ำประเภทแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm pump) เป็นปั๊มแบบจุ่ม (submersible pump) ดังแสดงใน Figure 3(a) ใช้ในการสูบน้ำเสียที่ต้นทาง และเครื่องสูบน้ำประเภทเซนตริฟูกอล (Centrifugal) ดังแสดงใน Figure 3(b) สำหรับการสูบน้ำเสียที่ปลายทาง

(a) submersible pump (b) Centrifugal pump

Figure 3 Two types of sewage pumps used in the study

4. การทดสอบระบบ STEP ในระดับ Pilot scale

การวิจัยได้ออกแบบการรูปแบบของระบบ STEP เพื่อการทดสอบแบ่งเป็น 2 ลักษณะหลักๆ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 ระบบ STEP ที่ใช้โดยทั่วไป (Conventional STEP system) เป็นการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสียในบ่อเกรอะของแต่ละหน่วยบำบัดประจำบ้าน และรูปแบบที่ 2 ระบบการสูบน้ำเสียโดยติดตั้งปั๊มที่ปลายทาง โดยทำการติดตั้งปั๊มณ จุดที่ต้องการสูบไปถึง โดยมีท่อเชื่อมต่อมายังบ่อเกรอะของแต่ละบ้าน

โดยรูปแบบของระบบ STEP การวิจัยออกแบบระบบในการทดสอบเป็น 4 ระบบ ดังนี้

4.1 การต่อระบบสูบน้ำที่ต้นทาง โดยใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบไดอะแฟรม หรือปั๊มจุ่ม (submersible) โดยมีการสูบทั้งจากบ่อเกรอะแบบบ่อเดียว (น้ำเสีย+ตะกอน) ดังแสดงใน Figure 4(a)

4.2 การต่อระบบสูบน้ำที่ต้นทาง โดยใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบไดอะแฟรม หรือปั๊มจุ่ม (submersible) โดยมีการสูบทั้งจากบ่อเกรอะแบบสองส่วน (น้ำเสียไหลล้น) ดังแสดงใน Figure 4 (b)

4.3 การต่อระบบสูบน้ำที่ปลายทางแบบหน่วยเดียว (น้ำเสียไหลล้น) โดยใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบ centrifugal ดังแสดงใน Figure 4 (c)

4.4 การสูบน้ำที่ปลายทางหลายหน่วย (น้ำเสียไหลล้น) โดยใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบ centrifugal ดังแสดงใน Figure 4(d)

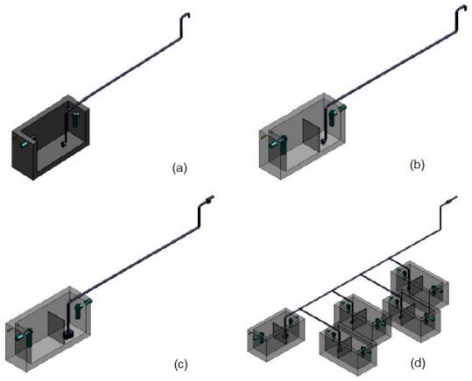

Figure 4 Different STEPs connections

5. ปัจจัยที่พิจารณาในการทดสอบการสูบน้ำเสีย

5.1 ความสูงในการสูบส่งน้ำเสีย การวิจัยได้พิจารณาแนวทางการออกแบบที่สอดคล้องกับสภาพทางกายภาพของพื้นที่ชุมชนที่จะใช้เป็นกรณีศึกษาต่อไป โดยเมื่อพิจารณาข้อมูลจากการลงภาคสนาม พบว่าระดับบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ริมคลองอยู่ต่ำกว่าระดับถนนของชุมชน โดยเฉลี่ยประมาณ 1.80 เมตร ดังนั้นในการออกแบบความสูงในการสูบส่งน้ำเสียจึงตั้งระดับไว้ที่ความสูงดังกล่าวเป็นระดับสูงสุด

5.2 ความยาวของแนวท่อ ในการส่งน้ำเสียไปยังระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนเคหะร่มเกล้า การทดสอบได้พิจารณาอัตราการไหลของน้ำเสีย ความสารถของเครื่องสูบน้ำเสีย ซึ่งข้อมูลจากการทดสอบรูปแบบต่างๆ จะใช้ในการคำนวณเพื่อออกแบบและเลือกปั๊มขนาดที่เหมาะสมสำหรับสภาพของชุมชนในพื้นที่จริง

ผลการศึกษา

1. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำเสีย

1.1 ชนิดบ่อเกรอะ ผลการทดลองพบว่าบ่อเกรอะแบบบ่อเดียว มีค่าอัตราการไหลของน้ำเสียสูงสุดและต่ำสุดคือ 117.37 ลิตร/นาที และ 63.21 ลิตร/นาที ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอัตราการไหลของบ่อเกรอะแบบสองส่วน ที่มีอัตราการไหลสูงสุดและต่ำสุดคือ 136.02 ลิตร/นาที และ 91.37 ลิตร/นาที ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 5 โดยพบว่าอัตราการไหลของน้ำเสียที่มีการสูบจากบ่อเกรอะแบบบ่อเดียว และบ่อเกรอะแบบสองส่วน ที่ความยาวท่อ 8 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t= -4.18, p<0.5) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

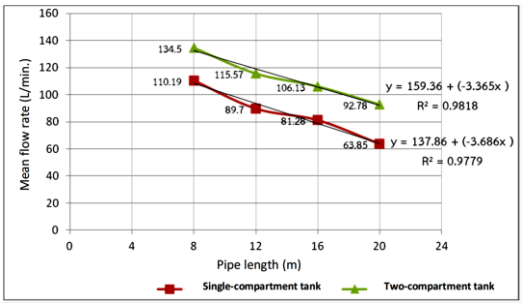

Figure 5 Effects of pumping distances on flow rates for the different types of septic tanks

1.2 ชนิดเครื่องสูบน้ำเสีย การศึกษาพบว่าระบบที่มีการสูบน้ำเสียโดยใช้เครื่องสูบน้ำเสียชนิดจุ่ม มีอัตราการไหลของน้ำเสียสูงสุดและต่ำสุด คือ 136.02 ลิตร/นาที และ 91.37 ลิตร/นาที ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอัตราการไหลของน้ำเสียสูงสุดและต่ำสุดของระบบที่ใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบ centrifugal คือ 166.76 ลิตร/นาที และ 133.21 ลิตร/นาที ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 6 และอัตราการไหลของน้ำเสียที่เป็นการสูบจากเครื่องสูบน้ำเสียแบบจุ่ม และเครื่องสูบน้ำเสียแบบ centrifugal ที่ความยาวท่อ 8 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t= -6.070, p<0.5) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

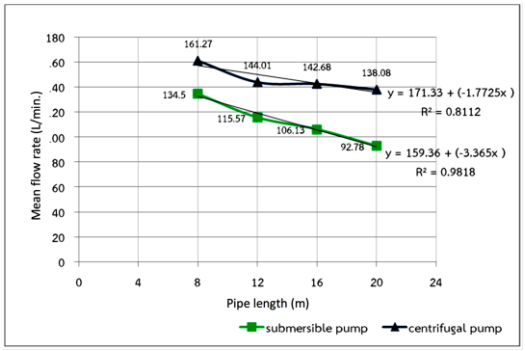

Figure 6 Effects of pumping distances on flow rates for the different types sewage pumps

1.3 ประเภทการต่อระบบ STEPs การวิจัยได้เสนอแนวทางการออกแบบระบบ STEP 4 รูปแบบ (Figure 7) ซึ่งสามารถสรุปลักษณะเด่นข้อดีและข้อเสียของแนวทาง แต่ละรูปแบบ ดังนี้

แบบที่ 1 การต่อปั๊มแบบ Submersible ที่ต้นทางสูบจากบ่อเกรอะแบบถังเดียว

แบบที่ 2 การต่อปั๊มแบบ Centrifugal ที่ต้นทางสูบน้ำเสียจากน้ำไหลล้นของบ่อเกรอะแบบสองส่วน

แบบที่ 3 การต่อปั๊มแบบ Centrifugal ที่ปลายทางสูบจากน้ำไหลล้นของบ่อเกรอะแบบสองส่วน 1 บ่อ

แบบที่ 4 การต่อปั๊มแบบ Centrifugal ที่ปลายทางสูบจากน้ำไหลล้นของบ่อเกรอะแบบสองส่วนมากกว่า 1 บ่อ (cluster)

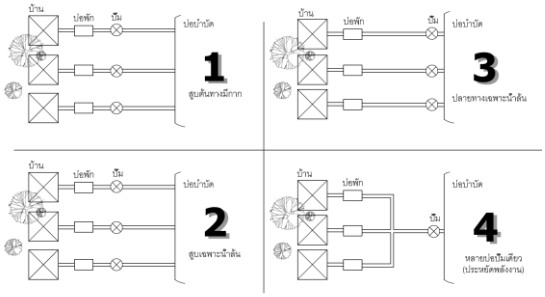

Figure 7 Conceptual design options for STEPs

ผลการทดลองพบว่าการต่อประเภทปลายทางหลายถัง มีค่าอัตราการไหลของน้ำเสียสูงสุด โดยที่มีค่าอัตราการไหลของน้ำเสียสูงสุดและ

ต่ำสุดคือ 252.52 ลิตร/นาที และ 172.76 ลิตร/นาที ตามลำดับ รองลงมาคือการต่อประเภทปลายทางถังเดียว มีค่าอัตราการไหลของน้ำเสียสูงสุดและต่ำสุดคือ 166.76 ลิตร/นาที และ 133.21 ลิตร/นาที ตามลำดับ และการต่อประเภทต้นทางมีค่าอัตราการไหลของน้ำเสียต่ำสุด โดยมีค่าอัตราการไหลของน้ำเสียสูงสุดและต่ำสุดของการสูบจากบ่อเกรอะแบบบ่อเดียว คือ 117.37 ลิตร/นาที และ 63.21 ลิตร/นาที ตามลำดับ และการสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะแบบสองส่วน คือ 136.02 ลิตร/นาที และ 91.37 ลิตร/นาที ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 8 ดังนั้น การต่อระบบทั้งสี่ประเภทที่ความยาว 8 เมตร ($F=95.048$, $p<0.05$), 12 เมตร ($F=116.511$, $p<0.05$), 16 เมตร ($F=158.31$, $p<0.05$) และความยาว 20 เมตร ($F=39.524$, $p<0.05$) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อทำการศึกษาการต่อที่ปลายทางเหมือนกัน พบว่าประเภทการต่อระบบแบบปลายทางถังเดียวและแบบปลายทางหลายถัง ที่มีการสูบจากบ่อเกรอะแบบสองส่วนที่ความยาว 12 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($t=-13.070$, $p<0.05$) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และอัตราการไหลของน้ำเสียที่ความยาว 20 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($t=-3.455$, $p<0.05$) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

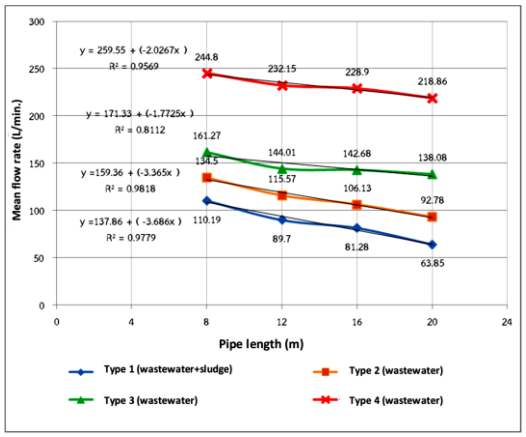

Figure 8 Effect of pumping distance on flow rates for the different options of STEPs

2. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเสียและความยาวท่อ

เมื่อความยาวท่อมากขึ้น จะส่งผลทำให้อัตราการไหลของน้ำเสียมีค่าน้อยลง ดังนั้นในการนำไปใช้งานจริง หากว่าต้องมีการสูบส่งน้ำเสียในระยะทางไกล ควรพิจารณาเปลี่ยนแปลงเครื่องสูบน้ำเสียที่มีกำลังสูงขึ้นให้เหมาะสมกับการใช้งาน จากสมการเชิงเส้นที่ได้จากแบบจำลองดังแสดงใน Table 2 สามารถนำมาคำนวณเพื่อทำนายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเสียและความยาวท่อที่ระดับต่างๆ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบและสร้างระบบ STEP โดยมีตัวกำหนดอัตราการไหลคือความยาวท่อ โดยทั้งนี้การสร้างแบบจำลองดังกล่าวตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ซึ่งอาศัยการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรม (Diaphragm pump) ขนาด ½ แรงม้า (ยี่ห้อ MITSUBISHI รุ่น SSP-405S) และเลือกเครื่องสูบน้ำประเภทเซนตริฟูกอล (Centrifugal) ขนาด 1 แรงม้า

Table 2 Linear Regression Models

ประเภทการต่อระบบ	แบบจำลอง	R-square
Type 1 single unit, single-compartment tank, submersible pump (wastewater+sludge)	Q =137.86 -3.686L	0.9776
Type 2 single unit, two-compartment tank, centrifugal pump installed in septic tank(wastewater)	Q =159.36 -3.365L	0.9818
Type 3 single unit, two compartment tank, centrifugal pump at the end of pipe (wastewater)	Q = 171.33 -1.7725L	0.8112
Type 4 Cluster unit, centrifugal pump at the end of pipe (wastewater)	Q = 259.55 -2.0267L	0.9569

Note: Q = Flow rate (l/min); L = Pipe length (m)

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาในระดับ pilot scale สามารถนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยในการออกแบบระบบ STEP และสร้างแบบจำลองสำหรับการออกแบบต่อไป อย่างไรก็ตามระบบ STEP ที่ทำการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม พื้นที่ การกระจายตัวของบ้านเรือน และค่าใช้จ่าย เป็นต้น

หากนำไปติดตั้งในชุมชนที่มีการกระจายตัวน้อย หรือชุมชนแออัด (ชุมชนที่อาศัยบริเวณริมคลอง) ซึ่งบ้านเรือนมีการกระจายตัวน้อยมาก อยู่กันรวมเป็นกลุ่มๆ เรียบตามบริเวณริมคลอง ควรใช้บ่อเกรอะที่เป็นลักษณะสองส่วน ที่มีการแบ่งถังที่ตกตะกอนและถังสำหรับรองรับน้ำเสียไหลล้นจากถังตกตะกอน เพื่อที่จะสามารถใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบ centrifugal ในการสูบน้ำเสียจากบ่อเกรอะของหลายๆ บ้านรวบรวมไปยังระบบบำบัดน้ำเสียรวมระดับชุมชน เนื่องจากหากใช้บ่อเกรอะแบบบ่อเดียวและใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบจุ่ม (submersible) มีค่าใช้จ่ายสูงในการซื้อและติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสีย เพราะต้องติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสียทุกครัวเรือน ทำให้การใช้ระบบรวบรวมน้ำเสียโดยใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบ centrifugal ประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบและการต่อท่อรวบรวมน้ำเสียทำได้ง่าย

สำหรับการติดตั้งระบบในชุมชนที่มีการกระจายตัวสูง คือชุมชนที่มีที่ตั้งของแต่ละครัวเรือนห่างกันมาก สามารถใช้บ่อเกรอะทั้งแบบบ่อเดียวหรือแบบสองส่วน โดยควรใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบจุ่ม (submersible) ในการรวบรวมน้ำเสียแต่ละบ้านเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและลดความยุ่งยากในการติดตั้งระบบท่อรวบรวมน้ำเสียแต่ละบ้านไปยังระบบบำบัดน้ำเสียรวมระดับชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผู้สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2554 ภายใต้โครงการทุนอุดหนุนการวิจัยด้านการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมและพัฒนาคุณค่าความหลากหลายทางชีวภาพ (ด้านโลกร้อน)

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว; 2545.หน้า 30-39.
2. Limnoterragroup. [serial online]. Available from: URL: http://www.timnoterragroup.com/sfi/step/al0system.htm Sept. 20, 2012
3. Tchobanogtous, G. Small and Decentralized Wastewater Management Systems. 1st ed. Singapore: The McGraw-Hill Companies,Inc; 1998.
4. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. วิศวกรรมน้ำเสียเล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 4.กรุงเทพมหานคร: มิตรนราการพิมพ์; 2540.