

ประสิทธิภาพในการบำบัดคุณภาพน้ำทางเคมีของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน อำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์

The Efficiency of Chemical Water Quality Treatment of The Wastewater Treatment System, Namon Hospital, Namon District, Kalasin Province

(Received: September 16,2024 ; Revised: October 9,2024 ; Accepted: October 14,2024)

อนรรักษ์ ปิ่นทอง¹ และทักษิณ วันชูพรัง¹

Anurak Pintong¹ and Taksin Wanchoopring¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐานและเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียกับน้ำทิ้ง เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนกันยายน – ตุลาคม พ.ศ. 2565

ผลการศึกษา พบว่า คุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) 6.99 ± 0.10 การนำไฟฟ้า 597.85 ± 64.01 $\mu\text{mhos/cm}$ แอมโมเนีย 15.47 ± 5.83 mg/l ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) 30.19 ± 10.46 mg/l และ ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO) 2.28 ± 0.39 mg/l และในน้ำทิ้งมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) 7.58 ± 0.20 การนำไฟฟ้า 581.33 ± 51.39 $\mu\text{mhos/cm}$ แอมโมเนีย 11.85 ± 3.76 mg/l ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) 2.89 ± 1.91 mg/l และปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO) 4.80 ± 1.10 mg/l เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐาน พบว่า ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) การนำไฟฟ้า ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) และปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO) มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนแอมโมเนียมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียและน้ำทิ้ง โดยใช้สถิติ Paired Samples T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ความเป็นกรดต่าง (pH) แอมโมเนีย ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) และปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO) มีค่า p-value < 0.05 ส่วนค่าการนำไฟฟ้ามีค่า p-value > 0.05 และประสิทธิภาพในการบำบัดความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO) แอมโมเนียและการนำไฟฟ้า เท่ากับ 90.42 % 52.5 % 23.40 % และ 2.76 % ตามลำดับ

คำสำคัญ : ประสิทธิภาพ, คุณภาพทางเคมี, ระบบบำบัดน้ำเสีย

Abstract

This research was survey research. The objectives are to study the chemical characteristics of the wastewater treatment system of the Namon Hospital, Kalasin province. The chemical quality of wastewater is compared with the standard value. The chemical quality of wastewater effluents and their influents are compared to determine the effectiveness of the wastewater treatment system. The samples were collected during September – October 2022.

The results showed that the wastewater parameters of pH, conductivity, ammonia, BOD, and DO were 6.99 ± 0.10 , 597.85 ± 64.01 $\mu\text{mhos/cm}$, 15.47 ± 5.83 mg/l, 30.19 ± 10.46 mg/l and 2.28 ± 0.39 mg/l, respectively. The effluent parameters of pH, conductivity, ammonia, BOD, and DO were 7.58 ± 0.20 , 581.33 ± 51.39 $\mu\text{mhos/cm}$, 11.85 ± 3.76 mg/l, 2.89 ± 1.91 mg/l, and 4.80 ± 1.10 mg/l, respectively. The effluent parameters of pH, conductivity, BOD, and DO were found to be in compliance with the standard, except for the ammonia parameter. The chemical quality of the wastewater and effluent is compared using the Paired Samples T-test at a significance level of 0.05. The study found that pH, ammonia, BOD and DO were $p < 0.05$ while conductivity was $p > 0.05$. The treatment efficiency of BOD, DO, ammonia and electrical conductivity was 90.42%, 52.5%, 23.40% and 2.76%, respectively.

Keywords : Efficiency, Chemical Water Quality, Wastewater Treatment System

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

บทนำ

ในปัจจุบันปัญหามลพิษทางน้ำมักเกิดจากการระบายน้ำเสียจากอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ นับวันปัญหาเหล่านี้จะยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยแหล่งที่มาของมลพิษทางน้ำส่วนใหญ่มาจากน้ำเสียของแหล่งชุมชน (Domestic Wastewater) ซึ่งเกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชน ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือนและกิจกรรมที่เกิดจากการประกอบอาชีพ รวมถึงน้ำเสียจากอาคารประเภทต่าง ๆ เช่น อาคารบ้านเรือน หมู่บ้านจัดสรร ตลาดสด โรงพยาบาล เป็นต้น¹ ผลกระทบของมลพิษทางน้ำต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการปนเปื้อนของสารมลพิษลงสู่แหล่งน้ำที่ประชาชนใช้ในการอุปโภค บริโภคหรือใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน เมื่อสารมลพิษในน้ำเข้าสู่ร่างกายอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งมลพิษทางน้ำเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น การปล่อยน้ำเสียหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำทิ้งชุมชน น้ำทิ้งจากกิจกรรมการเกษตร อุบัติเหตุที่รั่วไหลของสารเคมีและสารพิษสู่แหล่งน้ำ การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันและเกิดจากโรคระบาดในสัตว์น้ำ เป็นต้น ซึ่งสาเหตุเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำและผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนได้²

โรงพยาบาลเป็นสถานที่ในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย ซึ่งมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย โดยอัตราการใช้น้ำมีประมาณ 800 ลิตรต่อเตียงต่อวัน ทางกฎหมายได้กำหนดให้โรงพยาบาลต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียและบำบัดให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดก่อนปล่อยออกสู่ชุมชน น้ำเสียจากโรงพยาบาลมีความสกปรกสูงกว่าน้ำเสียจากบ้านเรือน โดยมีทั้งน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการดำรงชีวิต และน้ำเสียจากผู้ป่วยที่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดจากทุกกิจกรรมภายในโรงพยาบาล จะต้องได้รับการบำบัด และผ่านการฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม³ กองบริการสาธารณสุข (2564)⁴ ได้

อธิบายแหล่งที่มาของน้ำเสียในโรงพยาบาล ได้แก่ อาคารผู้ป่วย บ้านพักของเจ้าหน้าที่และสถานที่ทำการต่าง ๆ โรงซักฟอก ครัวและโรงอาหาร ห้องปฏิบัติการ น้ำเสียจากห้องผ่าตัด ห้องคลอดและห้องเก็บรักษาศพ ห้องจ่ายยาและห้องผลิตยา หน่วยล้างไต และสวนอื่น ๆ เช่น รานคาสวัสดิการต่าง ๆ เป็นต้น กมลรัตน์ สุวรรณวัฒน์ (2023)⁵ ได้รายงานถึงประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียในสถานพยาบาลภาครัฐ (ข้อมูลที่ทำกรสำรวจปี พ.ศ. 2563 – 2565) จำนวน 940 แห่ง พบว่า 1) ระบบตะกอนเร่ง (AS) ร้อยละ 29.7% 2) ระบบเอสบีอาร์ (SBR) ร้อยละ 16% 3) ระบบคลองวนเวียน (OD) ร้อยละ 14.3% 4) ระบบบึงประดิษฐ์ และ 5) ระบบบ่อกรองไร้อากาศ แต่ละระบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน โรงพยาบาลส่วนใหญ่ใช้งานของระบบบำบัดน้ำเสียมีอายุเกินกว่า 20 ปี สูงถึง 476 แห่ง มีเพียง 208 โรงพยาบาลเท่านั้นที่มีระบบบำบัดที่อายุการใช้งานน้อยกว่า 10 ปี และพบว่าความสามารถในการรองรับน้ำเสีย/สภาพโครงสร้างของระบบบำบัดน้ำเสีย ยังมีความเพียงพอจำนวน 58.7% และมีแนวโน้มเต็มพิกัด 10.4% และพบว่า Over load / ขาด คิดเป็น 12.7% ซึ่งข้อมูลนี้เป็นปัญหาทำให้การบำบัดน้ำเสียไม่เป็นไปตามมาตรฐาน

โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ ก่อสร้างตั้งแต่ปี พ.ศ.2527 เป็นโรงพยาบาลขนาดเล็ก ที่มีจำนวน 30 เตียง โดยมีระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ต่อมาในปี พ.ศ.2552 ได้เปลี่ยนมาเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์แบบผสม โดยใช้กกเป็นพืชหลักในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งดัดแปลงจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ มีหน่วยบำบัด 5 หน่วย คือ 1) หน่วยบำบัดไร้อากาศ 2) หน่วยบำบัดเติมอากาศ 3) หน่วยบำบัดด้วยดิน (ทราย แกลบเผา) 4) หน่วยบำบัดด้วยพืช (ต้นกก) และ 5) หน่วยฆ่าเชื้อโรค⁶ มีน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสียในอัตรา 30 ลบ.ม./วัน งานวิจัยนี้จะศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียและน้ำทิ้ง โดย

เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทั้งกับค่ามาตรฐานและศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้ได้ข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพของระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

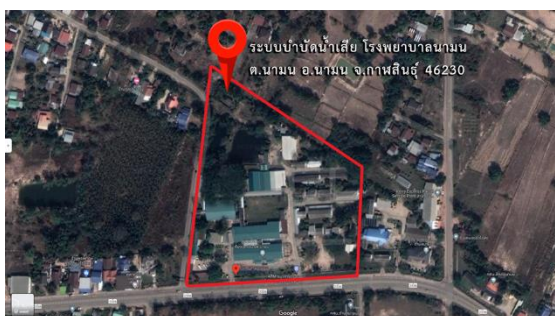
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์กับค่ามาตรฐาน
3. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์
4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์

วิธีการวิจัย

1. การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน อำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยทำการเก็บตัวอย่าง 2 จุด คือ จุดรวมรวบน้ำเสียและจุดระบายน้ำทิ้ง ด้วยวิธีเก็บแบบจ้วง ทั้งหมด 7 ครั้ง ครั้งละ 3 ตัวอย่าง ในช่วงเดือนกันยายน – ตุลาคม พ.ศ. 2565



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายทางอากาศของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน⁷

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี

พารามิเตอร์	เครื่องมือ/วิธี
ความเป็นกรดต่าง (pH)	เครื่อง Multi meter ยี่ห้อ HACH รุ่น HQ40D โพรบ pH รุ่น PHC101 ⁸
การนำไฟฟ้า (Conductivity)	เครื่อง Multi meter ยี่ห้อ HACH รุ่น HQ40D โพรบการนำไฟฟ้า รุ่น CDC401 ⁸
แอมโมเนีย (NH ₃)	เครื่องวัดปริมาณแอมโมเนียโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Hanna รุ่น Hi96733C ⁸
ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD)	วิธี Azide Modification ⁸
ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO)	เครื่อง Multi meter ยี่ห้อ HACH รุ่น HQ40D โพรบ LDO รุ่น LDO101 ⁸

2. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายคุณภาพน้ำทางเคมีพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในน้ำเสียและน้ำทิ้งในระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์

สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic) ใช้สถิติ Paired Sample t-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่ออธิบายการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์

สูตรคำนวณประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสีย

1) สูตรคำนวณประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสีย (ยกเว้น DO)⁹

$$\text{ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย (\%)} = \frac{(A - B) \times 100}{A}$$

2) สูตรคำนวณประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสียของปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO)⁹

$$\text{ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย (\%)} = \frac{(B - A) \times 100}{B}$$

A = คุณภาพน้ำในน้ำเสีย

B = คุณภาพน้ำในน้ำทิ้ง

ผลการวิจัย

1. คุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียและน้ำทิ้ง
ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำทางเคมีของน้ำเสียและน้ำทิ้ง

พารามิเตอร์	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
ความเป็นกรดต่าง (pH)	6.99 ± 0.10	7.58 ± 0.20
การนำไฟฟ้า (Conductivity) (µmhos/cm)	597.85 ± 64.01	581.33 ± 51.39
แอมโมเนีย (NH ₃) (mg/l)	15.47 ± 5.83	11.85 ± 3.76
ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) (mg/l)	30.19 ± 10.46	2.89 ± 1.91
ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO) (mg/l)	2.28 ± 0.39	4.80 ± 1.10

ความเป็นกรดต่างในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย เท่ากับ 6.99 ± 0.10 และ 7.58 ± 0.20 ตามลำดับ

การนำไฟฟ้าในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย เท่ากับ 597.85 ± 64.01 µmhos/cm และ 581.33 ± 51.39 µmhos/cm ตามลำดับ

แอมโมเนียในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย เท่ากับ 15.47 ± 5.83 mg/l และ 11.85 ± 3.76 mg/l ตามลำดับ

ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย เท่ากับ 30.19 ± 10.46 mg/l และ 2.89 ± 1.91 mg/l ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย เท่ากับ 2.28 ± 0.39 mg/l และ 4.80 ± 1.10 mg/l ตามลำดับ

2. การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐาน ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ กับค่ามาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐาน

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย	ค่ามาตรฐาน
ความเป็นกรดต่าง (pH)	7.58 ± 0.20	5 – 9 *
การนำไฟฟ้า (Conductivity) (µmhos/cm)	581.33 ± 51.39	ไม่เกิน 2,000 µmhos/cm **
แอมโมเนีย (NH ₃) (mg/l)	11.85 ± 3.76	ไม่เกิน 0.5 mg/l ***
ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) (mg/l)	2.89 ± 1.91	ไม่เกิน 20 mg/l *
ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO) (mg/l)	4.80 ± 1.10	ไม่น้อยกว่า 2 mg/l **

หมายเหตุ

* ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (ประเภท ก) ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 122 ตอนที่ 125 ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548¹⁰

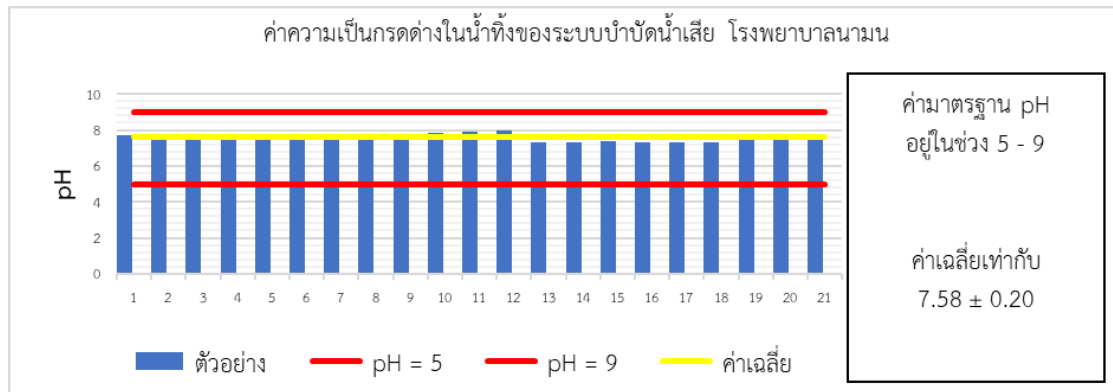
** ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำด้านการชลประทานในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และทางน้ำชลประทาน¹¹

***ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ.2537 ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) ลงวันที่ 20 มกราคม 2537 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537¹²

ค่าความเป็นกรดต่างในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.58 ± 0.20 ซึ่งค่ามาตรฐาน

ควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด ประเภท ก. ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2548 ต้องมีค่า 5 - 9 พบว่า ค่าความเป็นกรดต่างในน้ำ

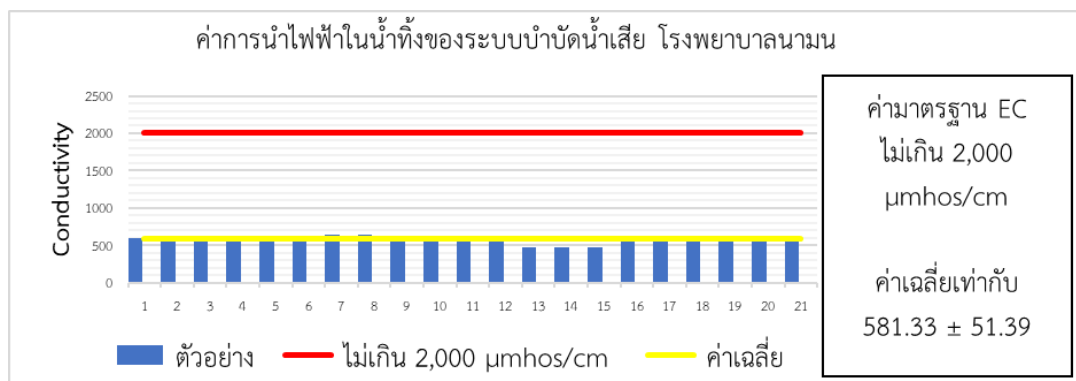
ทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน¹⁰



ภาพที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดต่างในน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐาน

ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 581.33 ± 51.39 $\mu\text{mhos/cm}$ ซึ่งค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำด้านการชลประทานในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และทางน้ำ

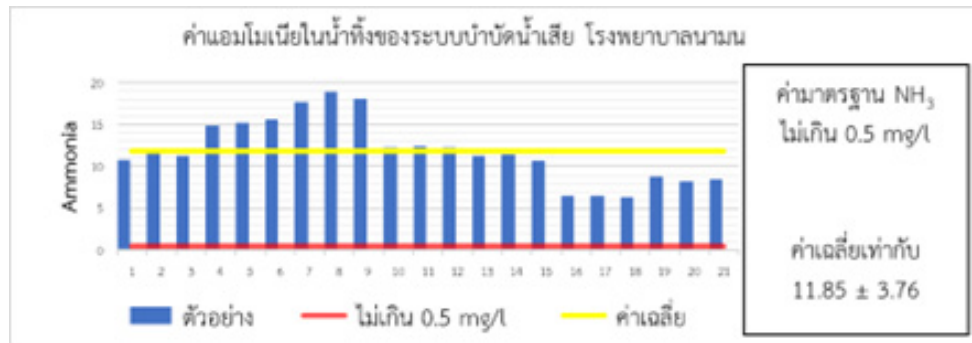
ชลประทาน ของกรมชลประทาน ต้องมีค่าไม่เกิน 2,000 $\mu\text{mhos/cm}$ พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน¹¹



ภาพที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐาน

ค่าแอมโมเนียในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.85 ± 3.76 mg/L ซึ่งค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ของคณะกรรมการ

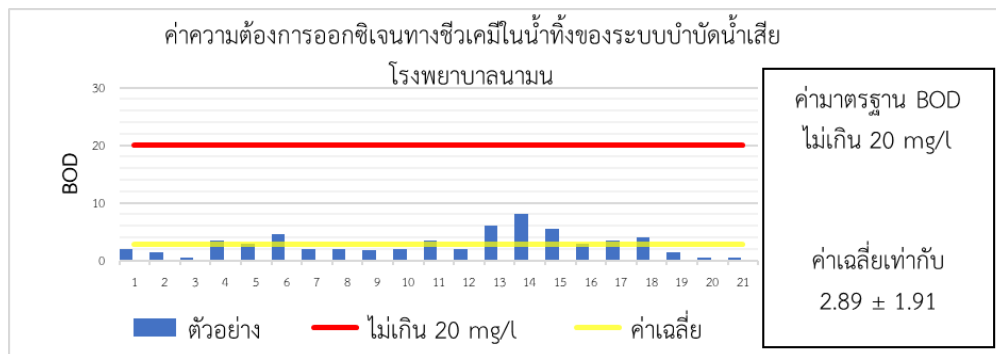
สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2537 ต้องมีค่าไม่เกิน 0.5 mg/L พบว่า ค่าแอมโมเนียในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน¹²



ภาพที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าแอมโมเนียในน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐาน

ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลสนาม จังหวัดกาฬสินธุ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.89 ± 1.91 mg/l ซึ่งค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ประเภท ก. ตาม

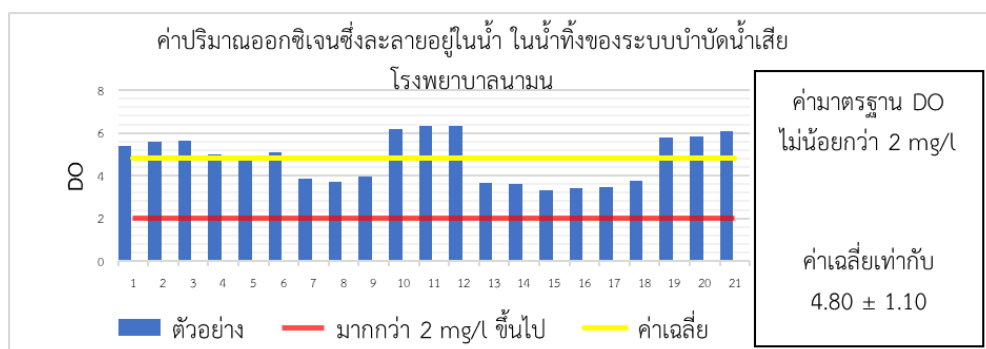
ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2548 ต้องมีค่าไม่เกิน 20 mg/l พบว่า ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน¹⁰



ภาพที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐาน

ค่าปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลสนาม จังหวัดกาฬสินธุ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ± 1.10 mg/l ซึ่งค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำด้านการชลประทานในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และทางน้ำ

ชลประทาน ของกรมชลประทาน ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 2 mg/l พบว่า ค่าปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน¹¹



ภาพที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐาน

3. การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียและน้ำทิ้ง

การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้สถิติ Pair Sample T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งผลการศึกษามีดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดต่างในน้ำเสียและน้ำทิ้ง

น้ำเสีย – น้ำทิ้ง	Paired Samples T-test		
	T	df	p-value
ความเป็นกรดต่าง (pH)	-13.16	20	0.000*
การนำไฟฟ้า (Conductivity)	1.491	20	0.152
แอมโมเนีย (NH ₃)	3.949	20	0.001*
ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD)	12.473	20	0.000*
ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO)	-8.452	20	0.000*

หมายเหตุ * มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดต่างในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่า p-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งหมายความว่า ค่าความเป็นกรดต่างในน้ำเสียมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 6.99 ± 0.10 และค่าความเป็นกรดต่างน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 7.58 ± 0.20 มีค่าแตกต่างกัน โดยค่าความเป็นกรดต่างในน้ำทิ้งมีค่ามากกว่าในน้ำเสีย แสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสียทำให้ค่า pH ของน้ำสูงขึ้น

ผลการเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่า p-value เท่ากับ 0.152 ซึ่งหมายความว่า ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเสียมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 597.85 ± 64.01

$\mu\text{mhos/cm}$ และค่าการนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $581.33 \pm 51.39 \mu\text{mhos/cm}$ มีค่าไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสีย ไม่มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าการนำไฟฟ้า เนื่องจากหน่วยสุดท้ายของการบำบัด คือ หน่วยฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน ซึ่งคลอรีนจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น (น้ำคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อของโรงพยาบาลนามน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $3,436.66 \mu\text{mhos/cm}$)

ผลการเปรียบเทียบค่าแอมโมเนียในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่า p-value เท่ากับ 0.001 ซึ่งหมายความว่า ค่าแอมโมเนียในน้ำเสียมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $15.47 \pm 5.83 \text{ mg/L}$ และค่าแอมโมเนียน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $11.85 \pm 3.76 \text{ mg/L}$ มีค่าแตกต่างกัน โดยค่าแอมโมเนียในน้ำเสียมีค่ามากกว่าในน้ำทิ้ง แสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสียเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ สามารถช่วยลดค่าแอมโมเนียในน้ำเสียได้

ผลการเปรียบเทียบค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำ พบว่า p-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งหมายความว่า ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในน้ำเสียมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $30.19 \pm 10.46 \text{ mg/L}$ และค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $2.89 \pm 1.91 \text{ mg/L}$ มีค่าแตกต่างกัน โดยค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในน้ำเสียมีค่ามากกว่าในน้ำทิ้ง แสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ สามารถช่วยลดค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในน้ำเสียได้

ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำ พบว่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งหมายความว่า ค่าปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำเสียมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $2.28 \pm 0.39 \text{ mg/L}$ และค่าปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $4.80 \pm 1.10 \text{ mg/L}$ มีค่าแตกต่างกัน โดยค่าปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำทิ้งมีค่า

มากกว่าในน้ำเสีย แสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ สามารถช่วยเพิ่มค่าปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำเสียได้

4. ประสิทธิภาพการบำบัดคุณภาพทางเคมีของระบบบำบัดน้ำเสีย

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดคุณภาพทางเคมีของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการบำบัดคุณภาพทางเคมีของระบบบำบัดน้ำเสีย

พารามิเตอร์	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	ประสิทธิภาพ
การนำไฟฟ้า (Conductivity) ($\mu\text{mhos/cm}$)	597.85 ± 64.01	581.33 ± 51.39	2.76 %
แอมโมเนีย (NH_3) (mg/L)	15.47 ± 5.83	11.85 ± 3.76	23.40 %
ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) (mg/L)	30.19 ± 10.46	2.89 ± 1.91	90.42 %
ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ (DO) (mg/L)	2.28 ± 0.39	4.80 ± 1.10	52.5 %

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ ในการบำบัดค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 2.76 % ค่าแอมโมเนีย เท่ากับ 23.40 % ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี เท่ากับ 90.42 % และค่าปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ เท่ากับ 52.5 %

สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดต่าง 6.99 การนำไฟฟ้า $597.85 \mu\text{mhos/cm}$ แอมโมเนีย 15.47 mg/L ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี 30.19

mg/L และปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ 2.28 mg/L คุณภาพน้ำทางเคมีของน้ำเสียจากโรงพยาบาลเกิดขึ้นจากกิจกรรมในการใช้น้ำและการรักษาพยาบาลของโรงพยาบาล⁴ ซึ่งฝ่ายคุณภาพสิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการ (2559)³ ได้อธิบายถึงกิจกรรมต่าง ๆ ภายในโรงพยาบาล ก่อให้เกิดน้ำเสียและของเสียจากการให้บริการรักษา น้ำเสียจะมาจากสถานที่ตรวจผู้ป่วยนอก สถานที่ตรวจผู้ป่วยใน โรงซักผ้า โรงครัวและห้องอาหาร ห้องผ่าตัด ห้องคลอดและห้องเก็บศพ ห้องปฏิบัติการ ห้องยา อาคารบ้านพักภายในโรงพยาบาลและอาคารสถานที่ทำการต่าง ๆ ซึ่งน้ำเสียจากโรงพยาบาลมีลักษณะคล้ายกับน้ำเสียจากบ้านเรือน มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และอาจมีสารอันตรายได้แก่ จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ยาที่มีองค์ประกอบที่เป็นอันตราย สารเคมีฆ่าเชื้อโรค และสารกัมมันตรังสี โดยน้ำเสียจากโรงพยาบาลจะมีค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 7.36 และค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี เท่ากับ 282 mg/L และผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดต่าง 7.58 การนำไฟฟ้า $581.33 \mu\text{mhos/cm}$ แอมโมเนีย 11.85 mg/L ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี 2.89 mg/L และปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ 4.80 mg/L สอดคล้องกับงานวิจัยที่ทำการศึกษาคูณภาพน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล^{13, 14} ซึ่งความสามารถของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์เป็นระบบที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติในการบำบัดมลพิษที่ปนเปื้อนในน้ำ ทั้งกระบวนการทางกายภาพ เคมีและชีววิทยา โดยกระบวนการทางชีววิทยาจะอาศัยพืชและจุลินทรีย์ในการบำบัดมลพิษ พืชที่ใช้ต้องสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียชนิดนั้น พืชเหล่านั้นจะใช้สารมลพิษปนเปื้อนในน้ำเสียเป็นสารอาหารและเพิ่มออกซิเจนในน้ำเสียโดยการส่งออกซิเจนจากอากาศผ่านทางปากใบของพืชไปยังรากพืชลงสู่ดินและน้ำ ส่วนจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียจะ

ย่อยสลายสารมลพิษปนเปื้อนในน้ำเสีย ทำให้คุณภาพน้ำทางเคมีของน้ำเสียมีคุณภาพที่ดีขึ้น¹⁵ และบึงประดิษฐ์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วหรือบำบัดน้ำเสียที่มีค่า BOD ไม่สูงมาก⁴

เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่า ค่าความเป็นกรดต่าง การนำไฟฟ้า ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีและปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าแอมโมเนีย พบว่า มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งการกำจัดไนโตรเจน (Nitrogen) ของระบบบำบัดน้ำเสีย เกิดจาก ปฏิกิริยาใน ทริฟิเคชัน (Nitrification) และ ปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชัน (Denitrification) เป็นกระบวนการทางชีววิทยา โดยอาศัยพืชและจุลินทรีย์¹⁵ ซึ่งในระหว่างการดำเนินการวิจัย พบว่า ทางโรงพยาบาลมีการตัดต้น กก (*Cyperus flabelliformis* Rottb.) ในหน่วยบำบัดด้วยพืชจึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียลดลง จึงทำให้มีค่าแอมโมเนียในน้ำทิ้งในปริมาณที่สูง

การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางเคมีในน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนวม จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้สถิติ Paired Samples T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ความเป็นกรดต่าง แอมโมเนีย ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีและปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ มีค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.000, 0.001, 0.000 และ 0.000 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำทางเคมีของน้ำเสียมีความแตกต่างกับคุณภาพน้ำทางเคมีของน้ำทิ้ง โดยค่าความเป็นกรดต่างและปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำในน้ำเสียมีค่าน้อยกว่าน้ำทิ้ง และค่าแอมโมเนียและความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในน้ำเสียมีค่ามากกว่าน้ำทิ้ง ส่วนการนำไฟฟ้า มีค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.152 แสดงให้เห็นว่าค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเสีย (597.85 $\mu\text{mhos/cm}$) และน้ำทิ้ง

(581.33 $\mu\text{mhos/cm}$) มีค่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากหน่วยสุดท้ายของการบำบัด คือ หน่วยฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน ซึ่งคลอรีนจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งมีค่าเพิ่มขึ้น โดยระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลนวม มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 2.76 % ค่าแอมโมเนีย เท่ากับ 23.40 % ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี เท่ากับ 90.42 % และปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ เท่ากับ 52.5 % ซึ่งฝ่ายคุณภาพสิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการ (2559)³ ได้อธิบายถึงประสิทธิภาพของระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ ในการบำบัดค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี BOD เท่ากับ 80 – 95 % และแอมโมเนีย – ไนโตรเจน เท่ากับ 8 – 15 % และสอดคล้องกับงานวิจัยที่ทำการศึกษาศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล^{16, 17, 18}

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากในน้ำทิ้งยังมีค่าแอมโมเนียที่สูงอยู่ควรที่จะหาแนวทางในการบำบัดแอมโมเนียในน้ำทิ้งโดยการควบคุมต้นพืชให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อการใช้บำบัดน้ำเสีย
2. ควรสูบกากตะกอนออกจากหน่วยบำบัดไร้อากาศอย่างสม่ำเสมอ เพื่อความเสถียรภาพในการบำบัดน้ำเสีย
3. ควรมีการศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีและพารามิเตอร์อื่น ๆ ของหน่วยบำบัดต่าง ๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลนวม
4. ควรมีการเปลี่ยนดินในหน่วยบำบัดด้วยดินและหน่วยบำบัดด้วยพืชเป็นระยะ ๆ เพื่อป้องกันการสะสมของกากตะกอน
5. ควรตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบระบบบำบัดน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. คู่มือระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2560.
2. กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ. มลพิษทางน้ำและผลกระทบต่อสุขภาพ. นนทบุรี: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด; 2558.
3. ฝ่ายคุณภาพสิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการ. คู่มือการจัดการน้ำเสียจากอาคารประเภทโรงพยาบาล. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2559.
4. กองบริการสาธารณสุข. คู่มือการควบคุมและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล. สมุทรสาคร: บริษัท บอร์น ทู บี พับลิชชิง จำกัด; 2564.
5. กมลรัตน์ สุวรรณวัฒน์. 2023. การจัดการระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาลคุณภาพ. [อินเทอร์เน็ต]. 2023 [สืบค้นเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2567] เข้าถึงจาก: [การจัดการระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาลคุณภาพ - QualityTheStory](#)
6. อนุรักษ์ ปันทอง และทศพร ภูวันผา. ประสิทธิภาพในการบำบัดโลหะหนักของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน อำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์. วารสารสุขภาพและสิ่งแวดล้อมศึกษา. 2566; 8(4):48 – 52.
7. ภาพถ่ายทางอากาศของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลนามน. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2567] เข้าถึงจาก: <https://www.google.com/maps>
8. อนุรักษ์ ปันทอง. มลพิษทางน้ำ. กาฬสินธุ์: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์; 2564.
9. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ระบบบำบัดมลพิษน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม; 2554.
10. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (ประเภท ก) ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 122 ตอนที่ 125 ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548
11. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำด้านการชลประทานในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และทางน้ำชลประทาน
12. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ.2537 ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) ลงวันที่ 20 มกราคม 2537 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537
13. กนกพรพรณ ยอดนิล, จักกฤต แก้วแต้ม และศศิธรา อื้อเฉลิมกุล. การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร: 2554.
14. พลอยไพริน นวนนกุล, สายันต์ แก้วบุญเรือง และทวันันท์ หาญประเสริฐ. ประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพและการสาธารณสุขชุมชน. 2564; 4(1):70 – 80.
15. สันตติ ศรีอนันต์ไพบูลย์ แทนตา จันทรวิวัฒน์ และเปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. บึงประดิษฐ์กับการบำบัดน้ำเสีย. วารสารราชบัณฑิตยสถาน. 2556; 38(3):1 – 19.
16. จิตพิสุทธิ์ สุภา, กาญจนา ยิ่งสุข และใหม่ หาญเชิงคำ. การศึกษาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียและคุณภาพน้ำทิ้งของโรงพยาบาลพิจิตร. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร: 2554.
17. งานประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กลุ่มมาตรฐานและประเมินเทคโนโลยี กองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งในโรงพยาบาลชุมชนพื้นที่ภาคใต้ระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบก่อสร้างเองกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบถูสำเร็จรูป. วารสารวิศวกรรมการแพทย์ กองวิศวกรรมการแพทย์ ประจำปี 2558:52 – 55.
18. อรรถพล ภูผาจิตต์. แนวทางการนำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ โรงพยาบาลคำม่วง. วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน. 2561; 3(2):46 – 54.