

การประเมินคุณภาพน้ำผิวดินของสระน้ำ ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
จังหวัดนครราชสีมา
Assessment of Pond Surface Water Quality in Rajamangala University of
Technology Isan, Nakhon Ratchasima

ฉัตรชัยชญาณัน โขติชญาณพงษ์* ภูษิตา คู่ชัยภูมิ และ กัลยาณี กาจสันเทียะ
Chatrachatchaya Chotichayapong* Pusita Kuchaiyaphum
and Kanlayanee Kajsanthia

สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
Applied Chemistry Program, Faculty of Science and Liberal Arts at Rajamangala University
of Technology Isan

*Email: chatrachatchaya.ch@rmuti.ac.th

Received : March 24 2023
Revised : November 5, 2023
Accepted : December 8, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตาม และวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินของแหล่งน้ำ 6 แหล่ง ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา ทำการวิจัยระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2561 ถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 ศึกษาพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี ตามวิธีมาตรฐานของ APHA ร่วมกับ AWWA, WEF, และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และปริมาณโลหะ (เหล็ก และ สังกะสี) ของน้ำผิวดินในทุกบริเวณที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลกและกองควบคุมมลพิษของประเทศไทย ความ ต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำผิวดินในสระน้ำจุดที่ 2 ค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าดังกล่าวสอดคล้องกับ สภาพแวดล้อมรอบแหล่งน้ำ แม้ว่าน้ำในสระน้ำเริ่มสกปรก แต่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำโดยรวมเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำยังคงเหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตในน้ำ และไม่กระทบต่อระบบนิเวศ คุณภาพน้ำผิวดิน โดยรวมของแหล่งน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 3 และ 4 การประเมินคุณภาพน้ำนี้มีประโยชน์สามารถนำไปใช้

ในการบริหาร การปรับปรุงคุณภาพน้ำ และการบำบัดของเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้

คำสำคัญ : คุณภาพน้ำผิวดิน การประเมินคุณภาพน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และปริมาณโลหะ

ABSTRACT

The purpose of this research was to monitor and analyze the surface water quality of ponds at six different locations at Rajamangala University of Technology Isan in Nakhon Ratchasima. This study took place between September 2018 and February 2019. The physical and chemical parameters of the water were evaluated according to the standard methods of APHA, AWWA, and WEF, and the data were analyzed using statistical methods. Temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, and metal content (iron and zinc) of water from all investigated locations were within the acceptable range of surface water quality standards declared by WHO and the Pollution Control Department, Thailand. The biochemical oxygen demand of all sample sites and the total dissolved solid value in Region 2 were not statistically significant above the acceptable limit at the 95% confidence level. The findings indicated that the measured parameter values were related to the environment around pond regions. Although the pond's water became dirty, the impact on the overall quality was minimal. Additionally, the water quality remained acceptable for aquatic life, and it had no negative consequences for the ecosystem. The overall water quality of the ponds was considered to be of class 3 & 4. This water quality assessment is beneficial as it can be used to participate in the administration of water quality, improve and treat waste before its discharge into water resources, and prevent water source contamination.

Keywords: Surface water quality, Water quality assessment, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, metal content

บทนำ

ทรัพยากรน้ำมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทุกชนิด มีการใช้น้ำเพื่อประโยชน์หลายด้านเช่นด้านการอุปโภค บริโภค เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ การติดตามคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ จึงมีความสำคัญต่อการจัดการน้ำและการควบคุมมลพิษ ได้มีการศึกษาคุณภาพน้ำแหล่งน้ำบริเวณต่าง ๆ ในหลายจังหวัดของประเทศไทย พบรายงานการตรวจสอบคุณภาพน้ำผิวดินภายในมหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม พบว่าค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำส่วนใหญ่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ผลการศึกษาดังกล่าวได้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังและปรับปรุงคุณภาพแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยให้ดีขึ้น (กณธิศา พิรวัส และธนศักดิ์, 2558) พบรายงานการตรวจสอบคุณภาพน้ำผิวดินในแหล่งอุตสาหกรรมและชุมชน โดยมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำผิวดินบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าจุดเก็บน้ำ 7 ใน 8 จุด มีคุณภาพน้ำอยู่ระดับเสื่อมโทรม ผลจากการตรวจสอบคุณภาพน้ำดังกล่าวนำไปสู่แนวปฏิบัติในการแก้ไขปัญหาและการป้องกันปัญหามลพิษในแหล่งน้ำดังกล่าว (อณธิศา, 2562) มีรายงานการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำบ้านพุ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าคุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของแหล่งน้ำผิวดินไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำผิวดิน ผลการวิจัยนำไปสู่การจัดการน้ำให้มีคุณภาพเพียงพอสำหรับใช้ในชุมชน (สัมฤทธิ์ และคณะ 2563)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา (มทร.อีสาน นครราชสีมา) ตั้งอยู่ที่ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา มีสระน้ำซึ่งเป็นแหล่งน้ำผิวดินอยู่รอบ ๆ มหาวิทยาลัย ด้วยการพัฒนาและการเติบโตของมหาวิทยาลัยแบบก้าวกระโดด ทำให้การจัดการเรียนการสอน การบริการวิชาการ งานวิจัยและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยมีมากขึ้น รวมถึงการมีโรงอาหารมีบริเวณที่พักอาศัยภายในมหาวิทยาลัย แนวโน้มที่จะมีปริมาณน้ำทิ้งเพิ่มมากขึ้น โดยน้ำทิ้งส่วนใหญ่ที่อาจปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ สารเคมี หรือโลหะหนัก จากกิจกรรมดังกล่าวทั้งทางตรงและทางอ้อม และอาจมีน้ำทิ้งบางส่วนไหลลงสู่แหล่งน้ำผิวดินบริเวณใกล้เคียงโดยปราศจากการบำบัด อันเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำในมหาวิทยาลัยเกิดการเสื่อมโทรม และอาจทำให้เกิดมลพิษทางน้ำในที่สุด จากแหล่งที่ตั้งของมหาวิทยาลัยที่มีบริเวณอยู่ใกล้ชุมชนและคลองลำตะคอง จึงมีน้ำในสระน้ำภายในมหาวิทยาลัยบางส่วนที่มีส่วนเชื่อมต่อกับคลองสาธารณะดังกล่าว ด้วยเหตุนี้การประเมินและติดตามคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ มทร.อีสาน นครราชสีมา จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในสระน้ำและคุณภาพชีวิตของบุคลากรและสิ่งแวดล้อมโดยรวมของมหาวิทยาลัยเท่านั้น แต่ยังอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของชุมชนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบมหาวิทยาลัยด้วย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาคุณภาพน้ำในสระน้ำทุกจุดภายใน มทร.อีสาน นครราชสีมา โดยทำการติดตามวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ค่าออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ และปริมาณ โลหะ เป็นเวลา 4 เดือน วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลพารามิเตอร์ที่ได้กับเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน ด้วยวิธีทางสถิติ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถใช้ในการบอกถึงคุณภาพน้ำและความสกปรกของน้ำ ได้ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการเฝ้าระวังและติดตามคุณภาพน้ำ และได้แนวทางในการจัดการ น้ำและสภาพแวดล้อมโดยรอบสระน้ำ รวมถึงปรับปรุงคุณภาพน้ำและป้องกันการปนเปื้อนของแหล่งน้ำ ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพและทางเคมีภายในสระน้ำทุกจุดภายใน มทร.อีสาน นครราชสีมา

วิธีการดำเนินการวิจัย

พื้นที่ในการศึกษา

จากการสำรวจสระน้ำใน มทร.อีสาน นครราชสีมา เมื่อพิจารณาจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบสระน้ำ และการไหลผ่านเชื่อมต่อกันของน้ำในสระน้ำ สามารถกำหนดพื้นที่ศึกษาเป็นตัวแทนของสระน้ำ จำนวน 6 จุดเก็บตัวอย่าง ดังนี้ (ภาพประกอบ 1)

บริเวณเก็บตัวอย่างจุดที่ 1 น้ำบริเวณนี้อยู่ใกล้กับอาคารเรียน สภาพสระน้ำมีแสงแดดส่องถึง มีต้นไม้อยู่โดยรอบ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด มาผสมกันเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา

บริเวณเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 น้ำบริเวณนี้อยู่หน้าอาคารสำนักงานมีส่วนเชื่อมต่อกับน้ำจาก สระน้ำบริเวณโรงอาหาร สภาพสระน้ำมีแสงแดดส่องถึงบางส่วน มีต้นไม้อยู่โดยรอบ จึงทำการ เก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด มาผสมกันเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา

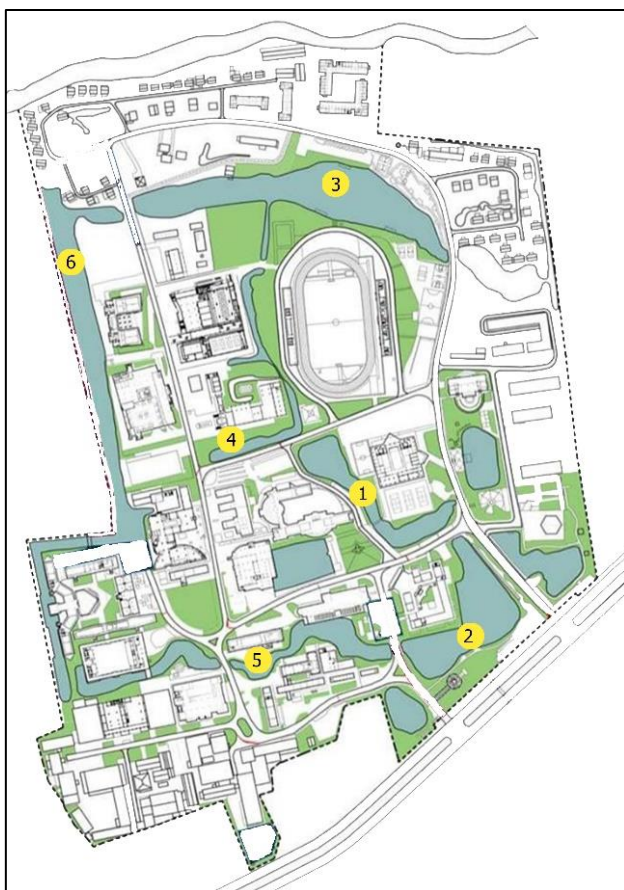
บริเวณเก็บตัวอย่างจุดที่ 3 น้ำบริเวณนี้อยู่ใกล้หอพัก และมีน้ำจากบริเวณบ้านพักไหลมา สมทบ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 1 จุด

บริเวณเก็บตัวอย่างจุดที่ 4 น้ำบริเวณนี้อยู่ใกล้กับอาคารปฏิบัติการวิศวกรรม สภาพสระน้ำ มีแสงแดดส่องถึง มีต้นไม้ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 1 จุด

บริเวณเก็บตัวอย่างจุดที่ 5 น้ำบริเวณนี้อยู่บริเวณโรงอาหาร สภาพสระน้ำมีแสงแดดส่องถึง บางส่วน มีเศษใบไม้กิ่งไม้ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด มาผสมกันเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา

บริเวณเก็บตัวอย่างจุดที่ 6 น้ำบริเวณนี้อยู่ติดกับชุมชนรอบมหาวิทยาลัยและไหลผ่านอาคารเรียนและอาคารปฏิบัติการวิทยาศาสตร์/ สภามะพร้าวมีแสงแดดส่องตลอดวัน มีเศษกิ่งไม้ใบไม้ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด มาผสมกันเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา

การเก็บตัวอย่างน้ำ



ภาพประกอบ 1 แผนภาพแสดงจุดเก็บน้ำตัวอย่างภายในมทร.อีสาน นครราชสีมา หมายเลข 1-6 แสดงบริเวณเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทั้ง 6 จุด

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ณ พื้นที่ในการศึกษา ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 ระยะเวลา 4 เดือน ใช้การเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab sampling) ที่ระดับความลึก 1 เมตร โดยทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 3 ครั้ง

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำตัวอย่าง

ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีของน้ำจากพื้นที่ศึกษา โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่ใช้บอกคุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) ของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS), ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid, TDS) และคุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (Biological Oxygen, Demand, BOD) ค่าออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (Chemical Oxygen Demand, COD) โดยวิธีการวิเคราะห์ที่ถือตามวิธีมาตรฐานของ APHA, AWWA, ร่วมกับ WEF (2012) วิเคราะห์พารามิเตอร์ละ 3 ชั่วโมง

วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักได้แก่สังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) ในน้ำตัวอย่างโดยวิธี Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS) ทำการเตรียมตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร เติมนิโตรเจนเข้มข้น 5 mL ย่อยตัวอย่างน้ำจนปริมาตรลดลงเหลือประมาณ 10 มิลลิลิตร กรองและปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FAAS แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Zn และ Cu ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลพารามิเตอร์คุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์ของกลุ่มตัวอย่างโดยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ทำการการเปรียบเทียบข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีใน 6 พื้นที่ที่ศึกษากับค่ามาตรฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test statistic) และใช้การวิเคราะห์การแปรปรวนแบบทางเดียว (one way ANOVA) ในการวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยทำการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี

ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์คุณภาพน้ำแสดงดังตารางที่ 1 อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการละลายของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศลงไปในน้ำซึ่งส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนที่มีในน้ำซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของน้ำโดยตรง (Bhateria and Jain, 2016) โดยอุณหภูมิของน้ำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

ของอากาศสภาพแวดล้อมโดยรอบของพื้นที่เก็บตัวอย่าง น้ำในสระน้ำภายในมทร.อีสาน นครราชสีมา มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.0-32.0 องศาเซลเซียส และน้ำในแต่ละพื้นที่ศึกษามีอุณหภูมิแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า pH ของน้ำบ่งบอกถึงสิ่งเจือปนในรูปของไอออนที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ พบว่าน้ำทั้ง 6 พื้นที่ศึกษามีค่า pH เป็นกลางจนถึงเบสเล็กน้อย มีค่าอยู่ในช่วง 7.41 ± 0 ถึง 8.23 ± 0.03 โดยพื้นที่จุดที่ 2 มีค่า pH สูงกว่าพื้นที่จุดอื่น อย่างไรก็ตาม ค่า pH ในแต่ละพื้นที่ศึกษามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมีของน้ำในสระน้ำภายใน มทร.อีสาน นครราชสีมา

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
ด้านกายภาพ						
อุณหภูมิ ^{ns} (°C)	28.1±1.5	28.4±2.6	28.4±2.6	30.8±1.0	27.8±1.3	29.5±1.3
ความเป็นกรด-ด่าง	7.99±0.17 ^a	8.16±0.15 ^b	7.85±0.26 ^a	7.92±0.26 ^a	7.74±0.09 ^d	7.61±0.16 ^c
ค่าการนำไฟฟ้า (µs/m)	459.2±46.9 ^a	546.1±87.4 ^b	423.2±33.1 ^a	421.1±62.2 ^a	426.2±57.3 ^a	407.4±47.7 ^a
ของแข็งทั้งหมด (mg/L)	435.6±40.4 ^a	513.3±52.6 ^b	381.3±31.5 ^c	416.2±48.2 ^a	410.8±65.7 ^a	323.4±75.5 ^d
ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (mg/L)	417.0±47.4 ^a	500.2±14.9 ^b	350.3±50.6 ^c	421.0±26.1 ^a	379.6±68.6 ^d	333.7±60.2 ^e
ด้านเคมี						
ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L)	5.75±1.58 ^a	5.27±1.24 ^b	2.90±1.14 ^b	5.78±2.30 ^a	3.78±2.50 ^b	3.37±1.29 ^b
ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ ^{ns} (mg/L)	4.75±2.10	4.40±2.55	6.07±1.30	4.28±1.81	4.52±1.88	4.20±1.25
ความต้องการออกซิเจนทางเคมี ^{ns} (mg/L)	57.96±28.2	44.58±24.0	81.9±38.3	52.18±14.6	64.59±19.8	51.18±31.4
สังกะสี ^{ns} (mg/L)	ND	ND	ND	0.03±0.02	0.01±0.00	0.02±0.01
เหล็ก (mg/L)	ND	ND	ND	0.45±0.09 ^b	0.14±0.08 ^a	0.30±0.25 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงข้อมูลในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ns, no significant, ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

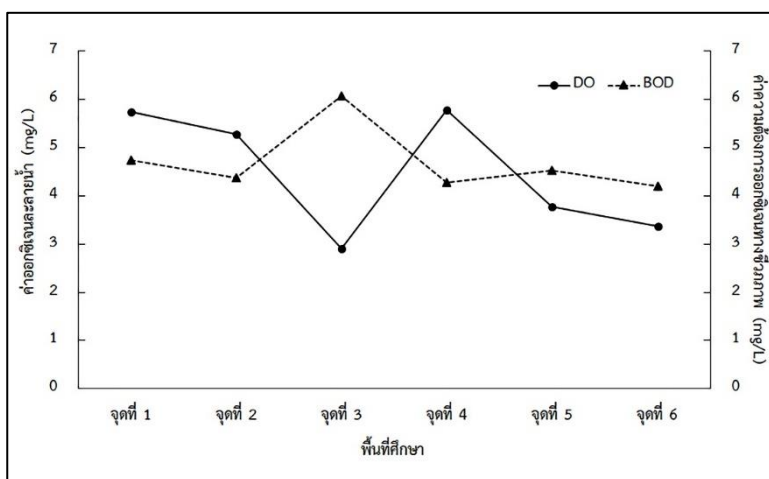
ค่าของแข็งในน้ำเป็นปัจจัยบ่งชี้ปริมาณสิ่งเจือปนทั้งหมดในน้ำ และใช้เป็นหลักเกณฑ์หนึ่งในการพิจารณาความเหมาะสมในการนำน้ำในแหล่งน้ำไปใช้ประโยชน์ ในการศึกษครั้งนี้ ได้ศึกษาปริมาณ TS และ TDS ซึ่งเป็นพารามิเตอร์นิยมใช้ในการตรวจวัดความสะอาดของน้ำ และเป็นปัจจัยช่วยในการ

พิจารณาถึงวิธีการบำบัดน้ำเพื่อใช้งาน (มันสิน ตันกุลเวศม์ และ มันรักษ์ ตันกุลเวศม์, 2551) TS จะบอกถึงสิ่งเจือปนโดยรวมในแหล่งน้ำ ทั้งสารที่ละลายน้ำได้และสารที่ไม่ละลายน้ำ โดยน้ำในสระน้ำภายในมทร.อีสาน นครราชสีมา มีค่า TS อยู่ในช่วง 323.4 ± 75.5 ถึง 513.3 ± 52.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และมี ค่า TDS อยู่ในช่วง 333.7 ± 60 ถึง 500.2 ± 14.9 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบว่าน้ำในจุดที่ 2 มีค่า TS และ TDS มากที่สุดโดยมีค่าแตกต่างจากน้ำจุดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำเป็นความสามารถในการนำไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการวัดไอออนบวกหรือเกลือที่ละลายอยู่ พบว่าค่า EC ของน้ำในพื้นที่ศึกษา มีค่าอยู่ในช่วง 361.00 ± 0.82 ถึง 667.33 ± 1.69 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และในพื้นที่จุดที่ 2 มีค่าสูงกว่าน้ำในพื้นที่จุดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า EC มีความสัมพันธ์ กับ ค่า pH ค่า TS และค่า TDS อย่างมีนัยสำคัญ น้ำจุดที่มีค่า EC ต่ำ ก็จะมี ค่า pH และค่า TDS ต่ำ ในขณะที่น้ำจุดที่มีค่า EC สูง ซึ่งเป็นน้ำจากพื้นที่ศึกษาจุดที่ 2 ก็จะมีค่า pH สูงคือเป็นเบสเล็กน้อย และมีค่า TDS สูงด้วย แสดงให้เห็นว่า น้ำในจุดนี้มีอินทรีย์วัตถุ เช่นใบไม้ เศษอาหาร และอินทรีย์วัตถุ เศษต่างๆ เบส หรือเกลือ ที่นำไฟฟ้าได้ ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา (Pawari and Gavanda; 2013) เมื่อพิจารณาสิ่งแวดล้อมโดยรอบจุดที่ 2 ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำดังกล่าวสูงกว่าบริเวณอื่น พบว่าสระน้ำบริเวณดังกล่าวเป็นสระน้ำขนาดใหญ่ มีต้นไม้ใหญ่ ทำให้เกิดการชะละลายอินทรีย์สารต่าง ๆ จากดิน รวมถึงเศษใบไม้กิ่งไม้ที่อยู่โดยรอบลงสู่แหล่งน้ำ อีกทั้งมีส่วนเชื่อมต่อกับโรงอาหาร ทำให้มีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่สามารถแตกตัวได้ดีในน้ำลงสู่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น (กองจัดการคุณภาพน้ำ, 2562)

ตัวบ่งชี้สำคัญที่บอกถึงคุณภาพน้ำและสภาวะแวดล้อมของแหล่งน้ำ คือค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (BOD) โดยค่า DO ที่วัดได้จากตัวอย่างน้ำสระน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.90 ± 1.14 ถึง 5.75 ± 1.58 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำในจุดที่ 3 มีค่า DO ต่ำที่สุด โดยมีค่าแตกต่างจากน้ำในบริเวณอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สระน้ำในบริเวณนี้จะอยู่ติดกับหอพักและบ้านพัก ซึ่งอาจจะมีย่านจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่นน้ำจากการซักล้าง น้ำจากการประกอบอาหารไหลลงสู่สระน้ำ ทำให้มีสารอินทรีย์ในน้ำเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนมากขึ้นเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าว อัตราออกซิเดชันจึงเพิ่มขึ้น และความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการทำปฏิกิริยาย่อยสลายอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ปริมาณออกซิเจนในน้ำจึงลดลง (Susilowati, Sutrisno, Masykuri and Maridi, 2018)

ค่า BOD เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้บอกความสกปรกของน้ำ ในพื้นที่ศึกษาจุดต่าง ๆ น้ำในสระน้ำมีค่า BOD เฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.20 ± 1.25 ถึง 6.07 ± 1.30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยน้ำจากพื้นที่ศึกษาจุดที่ 3 มีค่า BOD เฉลี่ยสูงกว่าบริเวณอื่น ซึ่งบริเวณโดยรอบสระน้ำจุดที่ 3 นั้นมีต้นไม้ และวัชพืชเป็นจำนวนมากทำให้มีอินทรีย์สารลงสู่สระน้ำจำนวนมาก นอกจากนี้ยังได้รับน้ำทั้งจากแหล่งที่อยู่อาศัย ดังนั้นเมื่อน้ำมีอินทรีย์สารเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรีย์สารมากขึ้น จึงทำให้ค่า BOD ของน้ำบริเวณนี้มีค่าค่อนข้างสูง เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า DO เฉลี่ย และค่า BOD เฉลี่ย

ของน้ำในสระน้ำทุกจุดศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์กัน โดยหากน้ำในสระน้ำบริเวณใดมีออกซิเจนละลายอยู่มาก ความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรีย์สารจะมีค่าต่ำ เมื่อพิจารณาน้ำจากสระน้ำจุดที่ 3 ที่มีค่า DO เฉลี่ยต่ำที่สุดจะเห็นว่า น้ำ ณ จุดนี้มีค่า BOD สูงที่สุดเช่นกัน (ภาพประกอบ 2) อย่างไรก็ตามค่า BOD ของแต่ละพื้นที่ความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพประกอบ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าออกซิเจนละลายในน้ำและค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพของน้ำในสระน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1- 6 ภายใน มทร.อีสาน นครราชสีมา (ภาพประกอบ 1)

ค่า COD เป็นอีกพารามิเตอร์หนึ่งที่ใช้แสดงถึงความสกปรกของน้ำได้และมีความสัมพันธ์กับค่า DO และค่า BOD แม้ว่าค่า COD ไม่ได้ถูกกำหนดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของกรมควบคุมมลพิษ แต่ด้วยบริเวณโดยรอบของจุดที่ศึกษา ติดกับอาคารที่มีการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ การประเมินค่า COD จะช่วยประเมินคุณภาพน้ำเบื้องต้นอีกทางหนึ่ง เพื่อใช้เป็นแนวทางร่วมกับค่า BOD ในการหาวิธีในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้น ๆ (APHA, AWWA and WEF, 2012) พบว่าน้ำในสระน้ำในพื้นที่ศึกษา มีค่า COD อยู่ในช่วง 44.58 ± 24.0 ถึง 81.9 ± 38.3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยแต่ละจุดมีค่า COD แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และน้ำในสระน้ำทุกจุด มีค่า COD สูงกว่าค่า BOD แสดงว่า แหล่งน้ำในมทร.อีสาน นครราชสีมา มีสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพอยู่ในปริมาณมาก (Nonbiodegradable organic compound)

โลหะหนักจัดเป็นสารอนินทรีย์มีโอกาสนปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้ อย่างไรก็ตามโลหะหนักบางชนิดมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น Fe และ Zn ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้โดยธรรมชาติทำ

หน้าที่ในการกำจัดสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำอยู่แล้ว ทำให้ลดการเน่าเสียของน้ำได้ อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะที่มากเกินไปจะสร้างสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษ Fe และ Zn ในแหล่งน้ำ 3 จุด ได้แก่ จุดที่ 4 จุดที่ 5 และจุดที่ 6 ซึ่งน้ำผิวดินที่สระน้ำบริเวณนี้อยู่ใกล้กับอาคารเรียนปฏิบัติการที่มีการใช้สารเคมีที่มีส่วนประกอบของโลหะหนัก หรือมีการใช้โลหะดังกล่าว ซึ่งทำให้มีโอกาสที่โลหะจะปนเปื้อนลงสู่ในแหล่งน้ำได้ จากการวิเคราะห์ Fe และ Zn ในน้ำผิวดินทั้ง 3 จุด ได้ค่าดังตารางที่ 1 ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เกินค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดให้มี Zn ปนเปื้อนในแหล่งน้ำไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/ลิตร (กองจัดการคุณภาพน้ำ, 2562)

2. การประเมินมาตรฐานคุณภาพน้ำในสระน้ำ

จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำด้านกายภาพ และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ของกองควบคุมมลพิษ (ทรงธรรม สุขสว่าง 2542) (ตารางที่ 2) พบว่าอุณหภูมิของน้ำในแต่ละเดือนของแต่ละพื้นที่ศึกษามีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยตามธรรมชาติ (36.5°C) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน ส่วนค่า pH ผ่านเกณฑ์ทุกจุดพื้นที่ศึกษา

แม้ว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินจะไม่ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานของค่า TS แต่ปริมาณ TS และ TDS ที่มีในน้ำนั้นส่งผลต่อคุณภาพน้ำ (World Health Organization, 2014) เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารที่กำหนดให้มีค่า TDS ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า จุดที่ 2 มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ พบว่า จุดที่ 3, 5 และ 6 มีค่า TDS โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจาก 500 มิลลิกรัมต่อลิตรอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กล่าวคือ น้ำบริเวณดังกล่าวเริ่มมีการปนเปื้อนของสารต่างๆจนเริ่มส่งผลต่อคุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำด้านเคมี พบว่า ค่า DO และ ค่า COD ทุกพื้นที่ศึกษามีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณ Fe และ Zn ในน้ำ ณ พื้นที่ที่ศึกษามีค่าผ่านเกณฑ์ ส่วนค่า BOD ของน้ำทุกพื้นที่ศึกษามีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน แสดงให้เห็นว่าน้ำเริ่มมีความสกปรกเนื่องจากสระน้ำในมหาวิทยาลัยเป็นแหล่งรับน้ำทิ้งบางส่วน ที่อาจไม่ผ่านการบำบัดจากอาคารเรียน หอพัก รวมถึงบ้านพักของบุคลากร เมื่อพิจารณาค่า DO เฉลี่ยพบว่า น้ำในพื้นที่ศึกษาจุดที่ 1, 2 และจุดที่ 4 มีค่า DO อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (≥ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการเกษตรกรรม และ สามารถนำมาใช้อุปโภคบริโภคได้หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไป ในขณะที่น้ำในพื้นที่ศึกษาจุดที่ 3, 5 และ จุดที่ 6 มีค่า DO อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 (≥ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งน้ำจากสระน้ำจุดนี้สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรม แต่ต้องได้รับการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อนถึงจะนำมาใช้ได้

แม้ว่าค่า BOD ทุกพื้นที่ศึกษาจะไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่าค่า BOD ทุกพื้นที่ศึกษามีค่าเกินมาตรฐานอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ความสกปรก

ของน้ำเริ่มส่งผลต่อคุณภาพน้ำ แต่ยังไม่ทำให้น้ำเกิดการเน่าเสีย เมื่อประเมินอัตราส่วนระหว่างค่า BOD/COD ที่ใช้เป็นดัชนีในการประเมินความสามารถการย่อยสลายด้วยวิธีทางชีวภาพ พบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.2 ในทุกพื้นที่ที่ศึกษา แสดงว่า การย่อยสลายทางชีวภาพนั้นเกิดได้ยาก (Rachon, P., Jindal, R., and Wichitsathian, B., 2012; Jarusutthirak, C., and Amy, G., 2007.) ดังนั้น ในการดูแลรักษา และปรับปรุงคุณภาพน้ำในสระน้ำภายในมทร.อีสาน นครราชสีมา จึงควรใช้กระบวนการทางเคมี ร่วมกับการเติมอากาศในน้ำ กระบวนการบำบัดทางเคมีทำได้ด้วยวิธีสร้างและรวมตะกอน (Coagulation-Flocculation) โดยการเติมสารเคมีที่เหมาะสมเช่น ปูนขาว เฟอริกคลอไรด์ (FeCl_3) ทำให้ของแข็งขนาดเล็กเกิดการรวมตัว มีน้ำหนักมากกว่าน้ำและตกตะกอนนอนก้น (Ersoy, B., Tosun, I., Gümay, A. and Dikmen, S., 2009) อีกวิธีหนึ่งคือใช้กระบวนการโฟโตเพนตันด้วยแสงอาทิตย์โดยใช้ แร่ดินที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบในการกำจัดสารอินทรีย์ (อาทิตย์ และ สิรินารถ, 2014) ซึ่งจะทำให้ค่า COD หรือความสกปรกของน้ำลดลง และส่งผลโดยรวมต่อการลดค่า TDS และ TS ด้วย และโดยธรรมชาติน้ำจะมีกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำ (self-purification) การเติมอากาศจะเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้น้ำให้มีมากพอสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ทางชีวภาพ ของแบคทีเรีย ทำให้ค่า BOD ของน้ำลดลง ส่งผลให้คุณภาพน้ำดีขึ้นและผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 และ 4 ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการอุตสาหกรรม และการเกษตร ได้

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้ทำการติดตาม ประเมินคุณภาพน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูหนาวซึ่งมีอากาศแห้งแล้ง น้ำในสระน้ำลดต่ำลง และมีการร่วนหล่นของใบไม้จากต้นไม้โดยรอบ ทำให้มีอินทรีย์สารละลายลงสู่สระน้ำ การเปลี่ยนแปลงของอากาศฉับพลันในวันที่เก็บตัวอย่างน้ำ ล้วนส่งผลต่อค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ได้ ทำให้พารามิเตอร์คุณภาพน้ำบางพารามิเตอร์ในสระน้ำบางจุดใน มทร.อีสาน นครราชสีมา มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์

ตารางที่ 2 การประเมินคุณภาพน้ำด้านกายภาพและด้านเคมีบางประการของสระน้ำภายใน มทร. อีสาน นครราชสีมา

คุณภาพน้ำ	เกณฑ์ คุณภาพน้ำ ผิวดิน*	เกณฑ์ คุณภาพน้ำ ผิวดิน**	เกณฑ์คุณภาพน้ำ ทั้งจากอาคาร ประเภท ข ***	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
ด้านกายภาพ									
อุณหภูมิ	เป็นไปตาม ธรรมชาติ	เป็นไปตาม ธรรมชาติ	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ความเป็นกรด-ด่าง	-	5-9	5-9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค่าการนำไฟฟ้า	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ของแข็งทั้งหมด	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ของแข็งละลายได้	-	-	≤ 500 mg/L	✓	✗	✓	✓	✓	✓
ด้านเคมี									
ออกซิเจนละลาย น้ำ	≥ 4 mg/L	2-6 mg/L	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ความต้องการ ออกซิเจนทางชีว ภาพ	≤ 2 mg/L	1.5-4.0 mg/L	≤ 30 mg/L	✗	✗	✗	✗	✗	✗
ความต้องการ ออกซิเจนทางเคมี	-	-	≤ 120 mg/L	-	-	-	-	-	-
สังกะสี	≤ 3 mg/L	≤ 1.0 mg/L	-	-	-	-	✓	✓	✓
เหล็ก	≤ 50 mg/L	≤ 0.1 mg/L	-	-	-	-	✓	✓	✓
พิจารณาโดยรวม				✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ ✓ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ✗ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

*The guideline of World Health Organization (WHO) (Jurdi, Korfali, Karahagopian and David, 2002)

**มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามการใช้ประโยชน์ประเภทที่ 3 และ 4 กรมควบคุมมลพิษ (มันสิน ตันจุลเวศม์ และ มันรักษ์ ตันจุลเวศม์, 2551)

***ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ 5000-25000 m³ กรมควบคุมมลพิษ

สรุปผลการทดลอง

จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำในสระน้ำภายในมทร.อีสาน นครราชสีมา ด้านกายภาพ และด้านเคมี มีอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณทองแดง และสังกะสี ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำทุกชนิด อย่างไรก็ตามน้ำในสระน้ำมีความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ เกินเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน แสดงถึงว่าน้ำในสระน้ำเริ่มมีความสกปรก เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำโดยรวมยังอยู่ในเกณฑ์พอใช้ที่สัตว์น้ำและพืชน้ำดำรงชีวิตอยู่ได้ และยังไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตรวมถึงสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยและชุมชนโดยรอบ

ข้อเสนอแนะ

1. จากการประเมินคุณภาพน้ำจากสระน้ำภายในมทร.อีสาน นครราชสีมา ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำของสระน้ำในทุกพื้นที่ศึกษานั้นควรใช้กระบวนการทางเคมีเป็นกระบวนการหลักร่วมกับการเติมอากาศในน้ำ
2. การศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำควรมีการวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำเพิ่มเติม ได้แก่ แอมโมเนีย ไนโตรเจน โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ ฟิคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เพื่อคำนวณเป็นค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index : WQI) เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการหรือบำบัดน้ำทิ้งตามดัชนีคุณภาพน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ
3. งานวิจัยนี้ได้ทำการติดตามและประเมินคุณภาพน้ำคุณภาพน้ำผิวดินของสระน้ำ ใน มทร.อีสาน นครราชสีมา เป็นเวลา 4 เดือน ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์น้ำทั้งทางกายภาพและเคมี โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อพารามิเตอร์ดังกล่าวเกิดการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา มีทั้ง อุณหภูมิ สภาพแวดล้อมโดยรอบ กิจกรรมที่เกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าว และเนื่องจากช่วงเวลาในการวิเคราะห์ห่างจากช่วงเวลาที่ยางงาน พารามิเตอร์คุณภาพน้ำบางพารามิเตอร์อาจมีการเปลี่ยนแปลง จึงควรติดตามและวิเคราะห์พารามิเตอร์เป็นประจำทุกปี โดยขยายช่วงเวลาหรือเดือนที่วิเคราะห์ให้ครอบคลุมทุกฤดูกาล

เอกสารอ้างอิง

- กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). *คู่มือการปฏิบัติงานการดำเนินการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน*. จาก <https://www.pcd.go.th/water>.
- กัณธิตา ปวีณสกล, พีรวัส ชินตระกูลชัย และธนศักดิ์ ช่างบรรจง. (2558). ความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินและคุณภาพน้ำผิวดิน ภายในมหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม [ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์]. *วารสารสัตวศาสตร์ประยุกต์*, 8(2), 43-46.
- ทรงธรรม สุขสว่าง. (2542). *เทคนิคการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำเพื่อการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม*. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
- มันสิน ตันกุลเวศม์ และมันรัช ตันกุลเวศม์. (2551). *เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สัมฤทธิ์ มากสง, มนสิณี ดาบเงิน, กาญจนา เชียงทอง, ธงชัย สอนเพี้ย และตรีสุคนธ์ เจริญชัยชาญกิจ. (2563). การประเมินคุณภาพและการจัดการแหล่งน้ำร่วมกับชุมชนบ้านพุน้ำร้อน ตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี [ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์]. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 28(6), 1014-1028.
- อันธิกา เสี่ยมใจ. (2562). คุณภาพน้ำผิวดินบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา [ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์]. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 15(1), 17-21.
- อาทิตย์ อัสวสุชี และ สิรินารถ โมพันดุง (2014). การใช้เคลย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเสมือนเฟ้นต้นเพื่อกำจัดสีน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า [ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์]. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 17(1), 21-29.
- APHA, AWWA, & WEF. (2012). *Standard methods for the examination of the water and wastewater*. (22nd edition). Washington D.C.: American Public Health Association.
- Bhateria, R. & Jain, D. (2016) Water quality assessment of lake water: a review. *Sustainable Water Resource Management*, 2, 161-173.
- Ersoy, B., Tosun, I., Gümay, A. & Dikmen, S. (2009) Turbidity Removal from Wastewaters if Natural Stone Processing by Coagulation/Flocculation Methods. *CLEAN-Soil Air Water*, 37(3), 225-232.
- Jarusutthirak, C., & Amy, G. (2007). Understanding soluble microbial products (SMP) as a component of effluent organic matter (EfOM). *Water Research*, 41(12), 2787–2793.

- Jurdi, M., Korfali, S.I., Karahagopian, Y. & Davies B. (2002). Evaluation of Water Quality of the Qaraoun reservoir, Lebanon: Suitability for Multipurpose Usage. *Environmental Monitoring and Assessment*, 77, 11-30.
- Pawari, M.J. & Gavanda, S.M. (2013). Assessment of Water Quality Parameters: A Review. *International Journal of Science and Research*, 4(7), 1427-1431.
- Rachon, P., Jindal, R., & Wichitsathian, B. (2012). Posttreatment of UASB Effluents of Tapioca Starch Wastewater Using Downflow Hanging Sponge System. *Journal of Hazardous, Toxic and Radioactive Waste*, 16(1), 9-17.
- Susilowati, S., Joko, S., Muhammad, M. & Maridi, M. (2018). Dynamics and factors that affects DO-BOD concentrations of Madiun River. *AIP Conference Proceeding*. 2049 DOI: 10.1063/1.5082457.
- World Health Organization. (2014) *Water resource quality*.
from http://www.who.int/water_sanitation_health/resources/resquality/em.
- Yan, S., Subramanian, B., Surampalli, R. Y., Narasiah, S., & Tyagi, R. D. (2007). Isolation, characterization, and identification of bacteria from activated sludge and soluble microbial products in wastewater treatment system. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*, 11(4), 240–258.

