



คุณภาพน้ำหลังการรื้อถอนร้านค้าที่รुकล้าคลองโองอ่าง

Water Quality After Removing Shops at Klong Ong Ang

อุทุมพร สมพงษ์^{1*}

Received: July, 2017; Accepted: December, 2017

บทคัดย่อ

คลองโองอ่างเป็นคลองประวัติศาสตร์ของกรุงเทพมหานครที่มีร้านค้ารูกล้าพื้นที่คลองมาเป็นเวลาเกือบ 30 ปี ซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบายน้ำ ทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย ปี 2558 กรุงเทพมหานครจึงได้ใช้กฎหมายดำเนินการรื้อถอนร้านค้าที่รูกล้า ดังนั้น งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำในคลองโองอ่าง ได้แก่ การรื้อถอนร้านค้าที่รูกล้าพื้นที่คลอง เดือนที่เก็บตัวอย่าง และการปิดเปิดประตูประบายน้ำ และระบุประเภทของแหล่งน้ำผิวดิน คุณภาพน้ำที่ศึกษาประกอบด้วย สี กลิ่น ความขุ่น การละลายน้ำของออกซิเจน (DO) ความสกปรกของน้ำในรูปสารอินทรีย์ (BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (TCB) และแบคทีเรียฟิคัลโคลิฟอร์ม (FCB) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ 3 ครั้ง ในเวลา 6 เดือน และเก็บตัวอย่าง 2 เวลา ได้แก่ ก่อนเปิดและหลังปิดประตูประบายน้ำ ผลการวิจัยพบว่า น้ำคลองมีสีเขียว ขุ่น และไม่มีกลิ่น ในเดือนที่ 1 และ 3 แต่สี ไม่มีสี และไม่มีกลิ่นในเดือนที่ 6 ส่วนค่า DO อยู่ในช่วง 3.12 - 5.49 มก./ล. ค่า BOD อยู่ในช่วง 4.39 - 14.03 มก./ล. ค่า TCB อยู่ในช่วง 1.95×10^5 - 1.95×10^6 MPN/100 มล. และค่า FCB อยู่ในช่วง 6.65×10^4 - 6.37×10^5 MPN/100 มล. ขณะที่ DO และ FCB มีค่าสูงกว่าข้อมูลก่อนการรื้อถอนในปี พ.ศ. 2526 2541 และ 2555 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 DO ยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ FCB มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน ส่วน WQI (Water Quality Index) มีค่าเป็น 24.01 จึงจัดว่าคลองโองอ่างเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 5 ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในการคมนาคมเท่านั้น

คำสำคัญ : คลองโองอ่าง; คุณภาพน้ำ; รื้อถอน

¹ Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University Of Technology Rattanakosin, Bangkok

* Corresponding Author E - mail Address: utumporn.som@rmutr.ac.th

Abstract

Klong Ong Ang is a historical canal in Bangkok. There were shops trespassing the canal over 30 years. It affected to drainage and water pollution, so Bangkok used law to remove the shops in 2015. Therefore, this research is for studying factors that affected to water quality of Klong Ong Ang viz. removing the shops, month and floodgate, and identifying type of surface water by studying water quality of the canal viz. color, odor, turbidity, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), total coliform bacteria (TCB) and fecal coliform bacteria (FCB). We collected 3 times within 6 months. The collection was 2 times, before opening and after closing Ong Ang floodgate. It was found that the 1 and 3 months-water samples were green, turbid, and odorless, while the 6 month-water was colorless, clear, and odorless. Moreover, DO was 3.12 - 5.49 mg/L, BOD was 4.39 - 14.03 mg/L, TCB was 1.95×10^5 - 1.95×10^6 MPN/100 mL, and FCB was 6.65×10^4 - 6.37×10^5 MPN/100 mL. Besides, DO and FCB were higher than those of before removing the shops in 1983, 1998, and 2012 at 0.05 significant level. DO was in standard level, while FCB was out of the level. WQI (Water Quality Index) was 24.01, so Klong Ong Ang should be surface water type 5 that can be used for only transportation following standard of surface water.

Keywords: Klong Ong Ang; Water Quality; Remove

บทนำ

คลองโอ่งอ่างเป็นคลองรอบกรุงที่มีประตูลอยน้ำออกสู่แม่น้ำเจ้าพระยา เป็นคลองประวัติศาสตร์ของกรุงเทพมหานครที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากกรมศิลปากรให้เป็นโบราณสถานสำคัญ เพราะเล็งเห็นว่ามีความสำคัญต่อบ้านเมืองด้านยุทธศาสตร์และประวัติศาสตร์ของกรุงรัตนโกสินทร์ และสะท้อนให้เห็นลักษณะความเจริญด้านสถาปัตยกรรม จึงสมควรที่จะอนุรักษ์ไว้ [1] คลองโอ่งอ่างเคยประสบปัญหาต่าง ๆ ได้แก่ ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษทางน้ำ เสียง และอากาศ เป็นต้น และปัญหาสังคม เช่น แหล่งอาชญากรรม และแหล่งแรงงานต่างด้าวลักลอบทำงานโดยผิดกฎหมาย เป็นต้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวคาดว่าจะเกิดจากการตั้งร้านค้ารุกล้ำพื้นที่คลองโอ่งอ่างกว่า 500 ราย เป็นเวลาเกือบ 30 ปี จึงมีการแก้ไขโดยมีประกาศจากกรุงเทพมหานครให้มีการรื้อถอนในวันที่ 20 ตุลาคม 2558 ที่ผ่านมา [2]

น้ำเสีย คือ น้ำที่ได้รับผลกระทบในด้านคุณภาพ มีสีและกลิ่นที่น่ารังเกียจ เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำลายระบบนิเวศธรรมชาติ แหล่งเกษตรกรรม แหล่งประมง และแหล่งชุมชน เป็นแหล่งของเชื้อโรคต่าง ๆ สุ่มนุษย์ สัตว์ และพืช และทำลายทัศนียภาพและการท่องเที่ยวด้วย [3] การตรวจสอบคุณภาพน้ำทำได้หลายวิธี ได้แก่ วิธีการทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ แล้วนำคุณภาพน้ำต่าง ๆ มาคำนวณเป็น WQI เพื่อประเมินความสกปรกของน้ำหรือบ่งชี้ประเภทของแหล่งน้ำ

จากการศึกษาสภาวะแวดล้อมของน้ำของตัวแทนคลองหลักในกรุงเทพมหานคร 4 คลอง คือ คลองหลอด (คลองคูเมืองเดิม) คลองบางลำพู - คลองโอง่าง คลองผดุงกรุงเกษม และคลองบางกอกใหญ่ (คลองบางหลวง) พบว่า คลองดังกล่าวมีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยค่า DO ในฤดูน้ำน้อย มีค่าอยู่ในช่วง 0.9 - 1.4 มก./ล. ฤดูน้ำมากมีค่าอยู่ในช่วง 1.4 - 2.5 มก./ล. มีความสกปรกในน้ำมาก โดยค่า BOD ในฤดูน้ำน้อยอยู่ในช่วง 12.14 - 29.58 มก./ล. ฤดูน้ำมากมีค่าในช่วง 7.34 - 14.46 มก./ล. และยังมีค่า FCB สูงเกินมาตรฐานมาก คือ อยู่ในช่วง 104 - 1016 MPN/100 มล. [4] นอกจากนี้ ยังมีการรายงานผลการติดตามในคลองบางลำพู - คลองโอง่าง พบว่า คุณภาพน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยค่า DO ในฤดูน้ำมากและน้ำน้อยอยู่ในช่วง 1.5 - 3.0 และ 0.8 - 1.8 มก./ล. ส่วน BOD ฤดูน้ำมาก และน้ำน้อยอยู่ในช่วง 5.1 - 6.3 และ 5.4 - 8.5 มก./ล. และ FCB ในฤดูน้ำมากและน้ำน้อยอยู่ในช่วง 2.4×10^4 - 3.0×10^4 และ 1.6×10^4 - 3.3×10^4 MPN/100 มล. [5] สำนักงานสถิติแห่งชาติได้รายงานสถิติ สิ่งแวดล้อมของประเทศไทยเกี่ยวกับคุณภาพน้ำคลองในกรุงเทพมหานคร ระหว่างปี พ.ศ. 2539 - 2544 พบว่า ทุกคลองมีค่า DO ต่ำกว่า 3 มก./ล. ซึ่งจัดเป็นน้ำเสีย [6] สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2555 [7] พบว่า คุณภาพน้ำคลองรอบกรุงบริเวณประตูระบายน้ำ คลองโอง่างมีค่า DO เป็น 2.6 มก./ล. ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน BOD เป็น 33 มก./ล. ที่สูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน และ TCB เป็น 4.04×10^7 MPN/100 มล. ที่สูงกว่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำผิวดินเช่นเดียวกัน

จากสภาพปัญหาบริเวณคลองโอง่างและคลองรอบกรุงดังกล่าว จึงมีผู้ศึกษาวิจัยข้างต้นเพื่อเป็นการ ตรวจสอบคุณภาพน้ำอันจะเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงปัญหามลพิษทางน้ำ เป็นเฝ้าระวังปัญหาน้ำเสียที่อาจเกิดขึ้น และเป็นข้อมูลในการวางแผน การบริหารจัดการน้ำคลองดังกล่าว ดังนั้น หลังการรื้อถอนร้านค้าตั้งรูก้า พื้นที่คลองโอง่างแล้ว จึงควรมีการศึกษาวิจัยต่อเกี่ยวกับคุณภาพน้ำในคลองโอง่าง เปรียบเทียบกับ คุณภาพน้ำก่อนการรื้อถอนร้านค้าที่รูก้า และระบุประเภทของแหล่งน้ำผิวดิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการบริหารจัดการน้ำคลองโอง่างที่กำลังจะเป็นตลาดน้ำหรือย่านการค้าในเร็ว ๆ นี้

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาตัวแปรต้น 3 ปัจจัย ได้แก่ เดือนและเวลาที่เก็บตัวอย่าง และการรื้อถอนร้านค้าที่รูก้า คลองโอง่าง ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยตัวแปรต้น 2 ปัจจัยแรก คือ เดือนและเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำ ทำการวิจัยโดยใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบสุ่มด้วยบล็อกสมบูรณ์ (Factorial in Randomize Completed Block Design; Factorial in RCBD และมีบล็อก 3 บล็อก คือ จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำซึ่งเป็นสะพานที่อยู่ในบริเวณที่เคยมีการตั้งร้านค้าที่รูก้าคลองโอง่าง จำนวน 3 จุด และมีจำนวนซ้ำภายในบล็อกจำนวน 3 ซ้ำ คือ จำนวนตัวอย่างที่เก็บเป็น 3 ตัวอย่างต่อจุด ส่วนตัวแปรต้น อีก 1 ปัจจัย คือ การรื้อถอนร้านค้าที่รูก้าคลองโอง่าง ทำการวิจัยโดยจะนำข้อมูลจากการวิจัยในครั้งนี้ (ปี พ.ศ. 2559 - 2560) ซึ่งเกิดขึ้นหลังการรื้อถอนร้านค้าที่รูก้าคลองในปี พ.ศ. 2558 มาเปรียบเทียบกับ วิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's Least Significant Difference; LSD) กับข้อมูลที่มีการสำรวจไว้แล้ว ในปี พ.ศ. 2526 2541 และ 2555 เกิดขึ้นก่อนการรื้อถอนร้านค้าที่รูก้าคลองดังกล่าว

1. การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำทำโดยเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 54 ตัวอย่าง ดังนี้ เก็บตัวอย่างน้ำ 3 เดือนต่อครั้ง จำนวน 3 ครั้ง เป็นเวลา 6 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 เก็บตัวอย่างน้ำ 2 เวลา ได้แก่ ก่อนเปิดและหลังปิดประตูระบายน้ำ เก็บตัวอย่างน้ำจาก 3 จุดจาก 3 สะพานที่เคยอยู่ในบริเวณที่เคยมีการตั้งร้านค้าที่รูกาล้างคลองโองอ่าง ได้แก่ สะพานบพิตรพิมุข สะพานหัน และสะพานเหล็ก และเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างต่อจุด โดยเก็บที่ความลึก 30 ซม. และอยู่กึ่งกลางความกว้างคลอง ภายใน 1 ชม. ก่อนเปิดและหลังปิดประตูระบายน้ำ ซึ่งมีเวลาต่างกันในแต่ละครั้งของการเปิดปิดประตูและไม่ได้เปิดปิดทุกวัน

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพทำได้โดยการสังเกตแล้วบันทึกสี กลิ่น และความขุ่นของตัวอย่างน้ำ ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีและชีวภาพ ทำได้โดยนำตัวอย่างที่เก็บได้มาแบ่งใส่ขวดสำหรับการวิเคราะห์แต่ละพารามิเตอร์ดังที่กล่าวต่อไป ส่งขวดตัวอย่างน้ำไปยังห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยภายในเวลา 1 ชม. และห้องปฏิบัติการดังกล่าวจะวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีและชีวภาพตามวิธีของ American Public Health Association - American Water Works Association - Water Environment Federation (APHA-AWWA-WEF) [8] ดังนี้

- 1) DO ทำโดยเก็บตัวอย่างน้ำ 300 มล. ด้วยขวดแก้ว แล้ววิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธี Azide Modification of Iodometric Method [8]
- 2) BOD ทำโดยเก็บตัวอย่างน้ำ 1,000 มล. ด้วยขวดโพลีเอทิลีนและเก็บในน้ำแข็ง (อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส) แล้ววิเคราะห์ด้วยวิธี 5-Days BOD Test 5220 B. [8]
- 3) TCB โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 150 มล. ด้วยขวดแก้วทนความร้อนพิเศษ (Duran) ที่นั่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว แล้วเก็บในน้ำแข็ง (อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส) แล้ววิเคราะห์ด้วยวิธี Total Coliform Procedure 9221 E. [8]
- 4) FCB โดยเก็บตัวอย่างน้ำเช่นเดียวกับแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) แล้ววิเคราะห์ด้วยวิธี *Escherichia Coli* Procedure 9221 F. [8]

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์อิทธิพลของเดือนที่เก็บและเวลาที่เก็บต่อ DO BOD TCB และ FCB ทำได้โดยนำข้อมูลคุณภาพน้ำดังกล่าวมาวิเคราะห์ผลทางสถิติตามแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบสุ่มด้วยบล็อก โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ANOVA) ด้วยโปรแกรมสถิติ R Version 3.4.0 ส่วนข้อมูลคุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น และความขุ่น ไม่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้

การระบุประเภทของแหล่งน้ำผิวดินทำได้โดยคำนวณ WQI โดยใช้ข้อมูล DO BOD TCB และ FCB แล้วนำมาเปรียบเทียบกับช่วง WQI และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่กำหนดให้สำหรับแหล่งน้ำผิวดินแต่ละประเภท การคำนวณค่า WQI ทำได้โดยคำนวณคะแนนของแต่ละค่าพารามิเตอร์ตามสูตรการคำนวณของกรมควบคุมมลพิษ [9] โดยแต่ละพารามิเตอร์และแต่ละช่วงค่าเฉลี่ยจะมีสูตรการคำนวณที่แตกต่างกันไป แล้วนำคะแนนของแต่ละค่าพารามิเตอร์ที่ได้มาคำนวณค่า WQI ได้จากสมการที่ (1)

$$WQI = \text{ค่าเฉลี่ยคะแนนของ 4 พารามิเตอร์} - \text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน} \quad (1)$$

ส่วนการวิเคราะห์อิทธิพลของการรื้อถอนร้านค้าที่รูก้าพื้นที่คลอง ทำโดยเปรียบเทียบข้อมูลคุณภาพน้ำทั้ง 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ DO BOD TCB และ FCB ก่อนการรื้อถอนร้านค้าที่รูก้าคลองโอง่าง กับหลังการรื้อถอนร้านค้าที่รูก้าคลองโอง่าง ซึ่งข้อมูลคุณภาพน้ำก่อนการรื้อถอนร้านค้าที่รูก้าคลองโอง่างนั้นได้จากสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร และงานวิจัยที่สืบค้นได้ ในปี พ.ศ. 2526 2541 และ 2555 ส่วนข้อมูลคุณภาพน้ำหลังการรื้อถอนร้านค้าที่รูก้าคลองโอง่างเป็นข้อมูลจากการวิจัยในครั้งนี้ คือ ในปี พ.ศ. 2559 - 2560 การเปรียบเทียบทำโดยตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทีละคู่ด้วยวิธีของ ฟิชเชอร์ (Fisher's Least Significant Difference; LSD) แบบซ้ำไม่เท่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อตรวจสอบความแตกต่างกัน โดยนำผลต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่มาเทียบกับค่า $lsd_{0.05}$ ของแต่ละคู่ ซึ่งไม่เท่ากันอันเนื่องมาจากแต่ละปีมีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน [10] ดังสมการที่ (2)

$$lsd_{0.05} = t_{0.025, v} \sqrt{MS_E \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} \quad (2)$$

เมื่อ

$lsd_{0.05}$ คือ ค่าวิกฤติ

$t_{0.025, v}$ คือ ค่าสถิติ t

v คือ Degree of Freedom ของความคลาดเคลื่อน

MSE คือ Mean Square Error

n_i คือ ขนาดตัวอย่างหรือจำนวนซ้ำของทรีทเมนต์ที่ i

n_j คือ ขนาดตัวอย่างหรือจำนวนซ้ำของทรีทเมนต์ที่ j

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. อิทธิพลของเดือนที่เก็บตัวอย่างต่อคุณภาพน้ำ

อิทธิพลของเดือนที่เก็บตัวอย่างต่อคุณภาพน้ำพบว่า เดือนที่เก็บตัวอย่างน้ำไม่มีผลต่อคุณภาพน้ำค่า DO TCB และ FCB ดังตารางที่ 1 แต่เมื่อพิจารณาค่า BOD พบว่า ในแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่างน้ำค่า BOD มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.001 หรือกล่าวได้ว่าเดือนที่เก็บตัวอย่างน้ำมีอิทธิพลต่อค่า BOD อย่างยิ่ง จากนั้นเมื่อนำค่าเฉลี่ย BOD ในแต่ละเดือนไปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของฟิชเชอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ไม่ได้แสดงในตารางที่ 1 พบว่าเดือนที่ 1 และ 3 มีปริมาณ BOD ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ 11.49 และ 13.58 มก./ล. ซึ่งค่าทั้งสองมากกว่าค่า BOD ในเดือนที่ 6 (4.78 มก./ล.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า BOD จากทุกเดือนและทุกเวลา มีค่าสูงกว่ามาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 2 3 และ 4 ที่ระบุไว้ในตารางที่ 2 ว่าเป็น <1.50 <2.00 และ <4.00 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนน้ำผิวดินประเภทที่ 1 และ 5 ไม่ได้ระบุเกณฑ์ค่า BOD ไว้ดังตารางที่ 2 แสดงว่า น้ำจากการวิจัยมีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์สูงกว่ามาตรฐาน ผลดังกล่าวสอดคล้องกับคุณภาพน้ำ

ทางกายภาพ (ตารางที่ 1) ได้แก่ สี กลิ่น และความขุ่น ที่พบว่า ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ในเดือนที่ 1 และ 3 ทั้งก่อนเปิดและหลังปิดประตูระบายน้ำ มีลักษณะเหมือนกัน คือ ขุ่นสีเขียว ไม่มีกลิ่น แต่ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ในเดือนที่ 6 มีลักษณะต่างออกไป คือ ใส ไม่มีสี และไม่มีกลิ่น อธิบายได้ว่าคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีดังกล่าวต่างกันระหว่างเดือนที่ 1 กับ 3 และ 6 เพราะเดือนที่ 6 (พฤษภาคม) เป็นช่วงเริ่มต้นฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงมีน้ำมาก ต่างจากเดือนที่ 1 (ธันวาคม) และ 3 (กุมภาพันธ์) ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาวเป็นช่วงปริมาณน้ำน้อย ซึ่งเดือนที่ 6 เป็นช่วงปริมาณน้ำมากนั้นมีผลโดยตรงกับความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ ทำให้วัดค่า BOD ได้น้อยลงและน้ำใสไม่มีสี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การศึกษาสภาวะแวดล้อมทางน้ำของตัวแทนคลองหลักในกรุงเทพมหานคร [4] ที่พบว่า ค่า BOD ในฤดูน้ำน้อย (12.14 - 29.58 มก./ล.) มีค่ามากกว่าค่า BOD ในฤดูน้ำมาก (7.34 - 14.46 มก./ล.) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัย เรื่อง การศึกษาคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาตามพระราชเสาวนีย์ของ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ [11] ที่พบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ แต่ละเดือนในรอบปีระหว่างปี พ.ศ. 2552 - 2553 ของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งเป็นหลักฐานว่า คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลหรือปริมาณน้ำหรือน้ำฝน

2. อิทธิพลของการเปิดปิดประตูระบายน้ำต่อคุณภาพน้ำ

อิทธิพลของการเปิดปิดประตูระบายน้ำต่อคุณภาพน้ำพบว่า การเปิดปิดประตูระบายน้ำมีผลต่อค่า DO โดยทำให้ค่าเฉลี่ย DO ของก่อนเปิดประตูระบายน้ำและหลังปิดประตูระบายน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ระดับนัยสำคัญ 0.05) ดังตารางที่ 1 โดยค่าเฉลี่ย DO ก่อนเปิดประตูระบายน้ำมีค่าเท่ากับ $5.72 + 0.66$ มก./ล. มากกว่าค่าเฉลี่ย DO หลังปิดประตูระบายน้ำซึ่งมีค่าเท่ากับ $4.39 + 1.11$ มก./ล. ซึ่งค่า DO ดังกล่าวยังอยู่ในมาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 และ 4 ที่ระบุค่า DO เป็น >4.00 และ >3.00 มก./ล. ดังตารางที่ 2 อย่างไรก็ตามการเปิดปิดประตูระบายน้ำไม่มีผลต่อค่า BOD TCB และ FCB ซึ่งผลของค่าเฉลี่ย DO ของก่อนเปิดและหลังปิดประตูระบายน้ำในงานวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การจัดการคุณภาพน้ำในคลองราชาธิวาส เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร พบว่าค่า DO ของก่อนและหลังการระบายน้ำเท่ากับ 2.36 และ 2.08 มก./ล. ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [12] แต่ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การศึกษาคุณภาพน้ำและผลกระทบของการใช้งานเขื่อนในแม่น้ำบางปะกง [13] ที่พบว่า DO บริเวณด้านเหนือเขื่อนทดน้ำบางปะกงกรณีที่มีการเปิดบานประตูเขื่อนทดน้ำบางปะกงมีค่าต่ำกว่ากรณีที่มีการหริ่บานประตูเขื่อนและกรณีที่มีการปิดบานประตูเขื่อน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าแม้ว่าการเปิดประตูระบายน้ำหรือประตูเขื่อนจะเป็นการเพิ่มอัตราการไหลเวียนของน้ำในคลองหรือแหล่งน้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนควรจะเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากแม่น้ำเจ้าพระยาอาจมีสารอินทรีย์หรือความสกปรกมากกว่าแม่น้ำบางปะกงในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การศึกษาคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาตามพระราชเสาวนีย์ของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ [11] ที่พบว่า แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในปี พ.ศ. 2552 - 2553 ซึ่งมีคุณภาพน้ำบางประการ ได้แก่ BOD แอมโมเนีย และสังกะสี สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น เมื่อเปิดประตูระบายน้ำทำให้น้ำในแม่น้ำเข้ามายังในคลองมีการเพิ่มขึ้นของออกซิเจนจากการไหลของน้ำ แต่ออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นก็อาจถูกใช้โดยจุลินทรีย์เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้ DO เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเปิดประตูระบายน้ำ

ตารางที่ 1 อิทธิพลของเดือนและเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำต่อคุณภาพน้ำในคลองโฮ่งอ่าง

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยในเดือนที่								F-value		
	1 (ธ.ค.)		3 (ก.พ.)		6 (พ.ค.)		เฉลี่ย				
	ก่อนเปิดประตูระบายน้ำ	หลังเปิดประตูระบายน้ำ	ก่อนเปิดประตูระบายน้ำ	หลังเปิดประตูระบายน้ำ	ก่อนเปิดประตูระบายน้ำ	หลังเปิดประตูระบายน้ำ	ก่อนเปิดประตูระบายน้ำ	หลังเปิดประตูระบายน้ำ	เดือน	เวลา	เดือน x เวลา
สี	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	ไม่มี	ไม่มี	-	-	-	-	-
	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	-	-	-	-	-
ความขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ใส	ใส	-	-	-	-	-
DO (มก./ล.)	5.20±0.61	4.94±0.36	5.49±1.06	5.12±0.32	6.46±0.51	3.12±1.74	5.72±0.66	4.39±1.11	0.417	7.882*	2.182
BOD (มก./ล.)	13.43±1.82	9.55±2.68	13.13±2.23	14.03±0.58	4.39±1.76	5.17±0.09	10.32±5.13	9.58±4.43	24.800***	0.889	2.738
TCB (x10 ⁴ MPN/100มล.)	19.50±4.50	84.00±9.00	161.00±74.11	46.30±40.41	39.00±4.00	195.00±45.00	73.17±76.69	108.44±77.29	3.615	0.109	12.084*
FCB (x10 ⁴ MPN/100มล.)	6.65±2.35	63.67±36.35	33.67±16.17	16.00±7.00	9.00±3.00	43.00±0.00	16.44±14.97	40.89±23.90	0.277	2.869	3.044

*, *** คือ นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.001

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังการรื้อถอนร้านค้าที่ถูกล้างพื้นที่คลองและมาตรฐานน้ำผิวดิน

พารามิเตอร์	มาตรฐานน้ำผิวดินประเภท ¹					ค่าเฉลี่ย		
						ก่อนการรื้อถอนร้านค้า (ข้อมูลที่เคยมีผู้สำรวจไว้)		
	1	2	3	4	5	2526 ²	2541 ³	2555 ⁴
DO (มก./ล.)	N	>6.00	>4.00	>3.00	-	1.55 ^b ±0.57	1.78 ^b ±0.67	2.60 ^{ab} ±0.00
BOD (มก./ล.)	N	<1.50	<2.00	<4.00	-	12.38 ^b ±7.31	6.33 ^b ±0.88	33.00 ^a ±0.00
TCB (×10 ⁴ MPN/100 มล.)	N	<0.50	<2.00	-	-	-	-	4,040.00 ^a ±0.00
FCB (×10 ⁴ MPN/100 มล.)	N	<0.1	<0.4	-	-	5.60 ^b ±0.71	2.43 ^b ±0.85	-
WQI	91-100	71-90	61-70	31-60	0-30	-	-	-
								24.01

¹ คือ มาตรฐานน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (2537) ที่ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน [14]

^{2,3,4} คือ ข้อมูลคุณภาพน้ำในคลองโง้งอ่างที่เคยมีผู้สำรวจไว้ในปี พ.ศ. 2526 2541 และ 2555 คือ ธรรมชาติ โรงงานปูนซีเมนต์ [4] วาสนา เอื้อวงศ์สังจะ [5] และสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร [6]

^{a, b} คือ ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's Least Significant Difference; LSD)

3. อิทธิพลของการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าคลองโองอ่าง

อิทธิพลของการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองต่อคุณภาพน้ำพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำจากการวิจัยในครั้งนี้ที่ทำในระหว่างปี พ.ศ. 2559 - 2560 ซึ่งเกิดขึ้นหลังการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองในปี พ.ศ. 2558 กับค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของงานวิจัยการสำรวจอื่น ๆ ก่อนการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลอง ได้แก่ ปี พ.ศ. 2526 2541 และ 2555 ดังตารางที่ 2 พบว่า การรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าคลองโองอ่างมีอิทธิพลต่อ DO TCB และ FCB โดยค่าเฉลี่ย DO หลังการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองมีค่าเท่ากับ 5.06 มก./ล. สูงกว่าค่าเฉลี่ย DO ก่อนรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าคลองโองอ่างทั้ง 3 ปี ได้แก่ 2526 2541 และ 2555 มีค่าเท่ากับ 1.55 1.78 และ 2.60 มก./ล. ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ย DO หลังการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองอยู่ในมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (>4.00 มก./ล.) แต่ค่าเฉลี่ย DO ก่อนการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองนั้นมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของน้ำผิวดินประเภทที่ 4 (>3.00 มก./ล.) สำหรับค่าเฉลี่ย TCB พบว่า หลังการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองมีค่าเฉลี่ย TCB เท่ากับ 90.81×10^4 MPN/100 มล. ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 2 และ 3 ($<0.5 \times 10^4$ และ $<2.0 \times 10^4$ MPN/100 มล.) แต่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย TCB ก่อนการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองที่มีค่าเท่ากับ $4,040 \times 10^4$ MPN/100 มล. ขณะที่ค่าเฉลี่ย TCB ก่อนการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองก็สูงกว่ามาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 2 และ 3 ด้วย ค่าเฉลี่ย TCB ทั้งก่อนและหลังการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองที่สูงกว่ามาตรฐานน้ำผิวดินนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยอีเอ็มก่อน: กรณีสึกษา น้ำเสียตัวอย่างจากคลองแสนแสบ [15] ที่พบว่า น้ำในคลองแสนแสบก่อนการบำบัดด้วยอีเอ็มก่อนมีค่าเฉลี่ย TCB เท่ากับ 13.00×10^4 MPN/100 มล. สูงกว่ามาตรฐานเช่นเดียวกัน ส่วนค่า FCB นั้นพบว่า หลังการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองมีค่าเฉลี่ย FCB เท่ากับ 28.66×10^4 MPN/100 มล. สูงกว่ามาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 2 และ 3 ($<0.1 \times 10^4$ และ $<0.4 \times 10^4$ MPN/100 มล.) และสูงกว่าค่าเฉลี่ย FCB ก่อนการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองในปี พ.ศ. 2526 และ 2541 ที่มีค่าเท่ากับ 5.60×10^4 และ 2.43×10^4 MPN/100 มล. ค่าเฉลี่ย FCB ก่อนการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองก็สูงกว่ามาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 2 และ 3 เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีผู้ใดศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองต่อคุณภาพน้ำ พบแต่นโยบายการจัดการน้ำในคลองแม่ข่า จ.เชียงใหม่ ที่ให้มีการรื้อถอนอาคารและสิ่งก่อสร้างที่รुक้าพื้นที่คลองเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้น [16] อย่างไรก็ตาม น้ำในคลองโองอ่างทั้งก่อนและหลังการรื้อถอนร้านค้าที่รुक้าพื้นที่คลองมีการปนเปื้อนของเชื้อโรค (TCB) และเชื้อในอุจจาระ (FCB) ในระดับที่สูงกว่ามาตรฐานมาก จากการสังเกตพบว่า มีท่อน้ำทิ้งจำนวนเกิน 100 ท่อไหลลงสู่คลอง จึงน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้มีปริมาณแบคทีเรียดังกล่าวสูงกว่ามาตรฐาน

4. การบ่งชี้ประเภทของแหล่งน้ำผิวดิน

การบ่งชี้ประเภทของแหล่งน้ำผิวดินโดยพิจารณาจากค่า WQI ซึ่งมีค่าเท่ากับ 24.01 แสดงว่าคลองโองอ่างจัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 5 จัดเป็นแหล่งน้ำที่รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคมเท่านั้น ไม่เหมาะแก่การอุปโภคบริโภค การเกษตร อุตสาหกรรม การคงอยู่ของสิ่งมีชีวิต การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ ต่างจากงานวิจัยเรื่อง การศึกษาคุณภาพน้ำด้านเชื้อแบคทีเรียของแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีผลต่อการสาธารณสุข [17] ที่ศึกษาความผันแปรของคุณภาพน้ำด้านแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียฟิโคลิฟอร์มจากแม่น้ำเจ้าพระยา 3 ตอน คือ ตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง รวม 17 สถานี 134 ตัวอย่าง

ในปี พ.ศ. 2556 - 2557 พบว่า แม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 3 ตอน จัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินได้ 3 ประเภท คือ แหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 3 และ 4 ตามปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งสอง ดังนั้น แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน จัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 และ 3 ร้อยละ 58 และ 42 ส่วนแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลางจัดเป็น แหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 และ 3 ร้อยละ 55 และ 45 และแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจัดเป็นแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 และ 4 ร้อยละ 71 และ 29 โดยไม่มีบริเวณใดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 5 สาเหตุอาจเป็น เพราะว่าคลองโองอ่างเป็นคลองที่มีการปล่อยน้ำจากท่อน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนและร้านค้าลงสู่ แหล่งน้ำมาก จึงทำให้มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียทั้งสองมากดังกล่าวจนทำให้คำนวณได้ค่า WQI ต่ำจนจัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 5

5. แนวทางการใช้ประโยชน์จากการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ ได้แก่ เดือนที่เก็บตัวอย่างน้ำ การเปิดปิด ประตูระบายน้ำ และการรื้อถอนร้านค้าที่รุกล้ำพื้นที่คลอง ซึ่งการรื้อถอนร้านค้าที่รุกล้ำพื้นที่คลองก็ได้ ดำเนินการแล้วและส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเป็นไปในทางที่ดีขึ้นกว่าก่อนรื้อถอนร้านค้า ที่รุกล้ำพื้นที่คลอง การเปิดปิดประตูระบายน้ำนั้นสามารถควบคุมได้ โดยควรมีการเฝ้าระวังหรือตรวจติดตาม คุณภาพน้ำควบคู่ไป แต่เดือนที่เก็บตัวอย่างน้ำหรือฤดูกาลที่มีน้ำมากน้อยก็เป็นปัจจัยที่ไม่อาจควบคุมได้ หากเป็นไปได้ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจเกี่ยวข้องต่อคุณภาพน้ำด้วย เช่น ท่อน้ำทิ้ง เป็นต้น เมื่อพิจารณาในคุณภาพน้ำด้านชีวภาพที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินทั้งก่อนและหลัง การรื้อถอน ร้านค้าที่รุกล้ำพื้นที่คลองนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรร่วมมือกันปรับปรุงคุณภาพน้ำทางชีวภาพให้ดีขึ้น เช่น การจัดการท่อน้ำทิ้งที่ลงสู่คลอง และการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเปิดปิดประตูระบายน้ำที่เหมาะสม เป็นต้น หากทำได้จะทำให้ชุมชนปลอดภัย น่ายอยู่ และยังส่งเสริมให้เป็นแหล่งการค้าและการท่องเที่ยวที่สำคัญได้ เนื่องจากเป็นคลองประวัติศาสตร์ใกล้แหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ ๆ เช่น วัด และพิพิธภัณฑ์ รวมทั้งใกล้ย่าน การค้าที่สำคัญ ๆ ได้แก่ ปากคลองตลาด สำเพ็ง และพาหุรัด จึงมีโอกาที่กรุงเทพมหานครจะสนับสนุน ให้เป็นชุมชนเพื่อการค้าและการท่องเที่ยว

ปัจจุบันคลองโองอ่างไม่ได้ใช้ประโยชน์ในด้านการคมนาคมการอุปโภคบริโภค การเกษตร อดสาหกรรม การอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ จึงสามารถเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ได้ แต่อย่างไรก็ตามโอกาสที่เชื้อก่อโรคและเชื้อจากอุจจาระจะแพร่สู่ แม่น้ำเจ้าพระยามีมากอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อไปได้ เพราะมีการเปิดปิดประตูระบายน้ำอยู่เป็นประจำ อีกทั้งยังมีโอกาสที่สัตว์บางชนิดที่พบ เช่น ตะกวด เป็นต้น จะนำเชื้อโรคจากน้ำคลองขึ้นมาบริเวณริมตลิ่ง ซึ่งเป็นชุมชนและร้านค้าและมีผู้คนเดินไปมาค่อนข้างมาก จึงมีโอกาสติดเชื้อได้

บทสรุป

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำในคลองโองอ่าง ได้แก่ เดือนที่เก็บตัวอย่างน้ำมีผลต่อปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ การเปิดปิดประตูระบายน้ำมีผลต่อปริมาณออกซิเจนในน้ำ และการรื้อถอนร้านค้าที่รุกล้ำพื้นที่คลองมีผลต่อ ปริมาณออกซิเจนในน้ำ ปริมาณแบคทีเรียก่อโรคและปริมาณแบคทีเรียจากอุจจาระ น้ำในคลองโองอ่าง ทั้งก่อนและหลังการรื้อถอนร้านค้าที่รุกล้ำพื้นที่คลองมีคุณภาพด้านชีวภาพที่ต่ำกว่ามาตรฐานมาก นอกจากนั้นยังพบว่า น้ำในคลองโองอ่างหลังการรื้อถอนร้านค้าที่รุกล้ำพื้นที่คลองจัดเป็นแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 5 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคมเท่านั้น ไม่เหมาะแก่การอุปโภคบริโภค การเกษตร อุตสาหกรรม การคงอยู่ของสิ่งมีชีวิต การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ประจำปี พ.ศ. 2560 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ และขอขอบคุณความร่วมมือจากสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร

References

- [1] Land Survey and Map Division, Public Works Department, Bangkok. (2013). **Klong Ong Ang**. Access (6 March 2016). Available (<http://203.155.220.238/lsmd/index.php/knowledge-lsmd/canal/102-ongarng>) (in Thai)
- [2] Dailynews team. (2015). **Announcement of Water and Electricity Cut off to Seller at Saphan Lhek by using law of Revolutionary**. Access (18 February 2016). Available (<http://www.dailynews.co.th/bangkok/350205>) (in Thai)
- [3] Kent, M. (2014). **How to Identify Pollution**. Access (4 February 2016). Available (<http://classroom.synonym.com/identify-pollution-22930.html>)
- [4] Rojjanaburanont, T. (1983). **Study of Water Environment of main canal in Bangkok**. Research Report. Bangkok, Chulabhorn Research Institute. (in Thai)
- [5] Uawongsajja, W. (1998). **Investigation of Water Environment in Banglumpoo-Ong Ang Canal**. Senior Project, General Science Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Thailand. (in Thai)
- [6] National Statistical Office. (2002). **Environment of Thailand in 2002 about Water Quality of Canals in Bangkok**. Research report. Bangkok. (in Thai)
- [7] Department of Drainage and Sewerage, Bangkok. (2013). **Water Quality of Canals in Bangkok in 2012**. Access (30 December 2016). Available (http://service.nso.go.th/nso/nso_center/project/table/files/1500901/2555/000/10_1500901_2555_000_000000_00100.xls) (in Thai)
- [8] APHA - AWWA - WEF (American Public Health Association - American Water Works association - Water Environment Federation). (2005). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Access (10 March 2016). Available (<https://www.standardmethods.org>)
- [9] Pollution Control Department. (2016). **Calculation of General Water Quality Index: WQI**. Access (21 December 2016). Available (<http://iwis.pcd.go.th/index.php?method=calculate&etc=1533878670804>) (in Thai)

- [10] Hanmongkolpipat, P. (2004). **Statistics and Experimental Design**. 2nd edition. Kasetsart University Publisher, Bangkok. (in Thai)
- [11] Royal Irrigation Department, Ministry of Agriculture and Cooperative. (2011). **Study of Water Quality of Chaophraya River following Command of Queen Sirikit**. Access (18 February 2016). Available (<http://kmcenter.rid.go.th/kchydhome/documents/2554/article/sed012.pdf>) (in Thai)
- [12] Choo-in, S. (2012). **Water Quality Management Klong Wat Rajathiwas, Dusit, Bangkok By Water Replacement**. Research Report. Suan Sunandha Rajabhat University Bangkok. (in Thai)
- [13] Onnom, R. (1997). **Study of Water Quality and Effect of Dam Use in Bangprakong River**. M.S. Thesis, Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Thailand. (in Thai)
- [14] System of Law Data of Water Management. (2016). **Announcement of National Environmental Council**. Access (10 July 2016). Available (<http://hydrolaw.thaiwater.net/web/>) (in Thai)
- [15] Riyakan, I. (2013). Wastewater Treatment by Effective Microorganism Ball: A Case of Study of Wastewater Sample from Sansab Canal. **SDU Research Journal**. Vol. 6, No. 2, pp. 153-168. (in Thai)
- [16] Salab, K. (2017). **Chiang Mai Water Disaster The Director General of the Pollution Control Department Has to Manage the Water System, Resolving Problems of Mae Kha Canal and Moat**. Access (21 June 2017). Available (<http://www.tnews.co.th/contents/318342>) (in Thai)
- [17] Chirattithi, C., Sakulkaew, K., Pinijwechakarn, S., Yookongkarm, S., Langla, D., and Kaewkiaw, A. (2016). **The Study of Health Affected by Bacterial Water Quality of Chao Phraya River**. Access (30 December 2016). Available (http://bkkthon.ac.th/home/user_files/department/department-24/files/8-57.pdf) (in Thai)