

การประเมินมลพิษจากชุมชนในรูปของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ จังหวัดปทุมธานี

DOMESTIC WASTEWATER POLLUTION ASSESSMENT
IN TERMS OF ORGANIC LOADING IN PATHUM THANI PROVINCEอรัทัย คังฆะมณี¹ และวนิดา ชูอักษร^{2*}Orathai Kangkamanee¹ and Wanida Chooaksorn^{2*}^{1,2} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

* E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): chooaksorn@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินภาระบรรทุกสารอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดน้ำเสียประเภทชุมชนที่ปล่อยทิ้งลงแหล่งน้ำธรรมชาติ ในปีพ.ศ. 2563 และคาดการณ์ในปีพ.ศ. 2583 ของจังหวัดปทุมธานี ใช้วิธีการประเมินค่าความสกปรกในรูปของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (บีโอดี) กรณีน้ำเสียไม่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำเสียผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย และผ่านระบบบำบัดน้ำเสียมีน้ำทิ้งเป็นไปตามมาตรฐาน โดยใช้ข้อมูลการคาดการณ์จำนวนประชากร 20 ปี ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในปีพ.ศ. 2563 เท่ากับ 52,085.35, 24,584.28 และ 4,166.83 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ และมีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.64 ในปีพ.ศ. 2583 โดยมีค่าเท่ากับ 61,738.64, 29,140.64 และ 4,939.09 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า น้ำเสียที่ปล่อยจากแหล่งกำเนิดควรได้รับการบำบัดก่อน เพื่อลดมลพิษทั้งด้านปริมาณและความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินไปวางแผนเพื่อหาแนวทางและมาตรการการรองรับมลพิษทางน้ำที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของจังหวัดปทุมธานีได้ต่อไป

คำสำคัญ: ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (บีโอดี), ภาระบรรทุกสารอินทรีย์, แหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน, ประเมินมลพิษ

ABSTRACT

The study aims to assess the organic matter loading of domestic wastewater that was released into natural water in Pathum Thani Province in 2020 and forecast to 2040. The organic matter loading is estimated in term of Biochemical Oxygen Demand (BOD) in three different scenarios based on the BOD values: untreated wastewater, treated wastewater that doesn't meet the effluent quality standards, and treated wastewater in accordance with the effluent quality standards. A forecast of the organic matter loading in the next 20 years is projected based on the forecast population. The results found that in the year 2020, the organic matter loading values are 52,085.35, 24,584.28 and 4,166.83 kg/day for the three scenarios above, respectively. These values will increase by about 15.64 % to the values of 61,738.64, 29,140.64 and 4,939.09 kg/day in the year 2040. The wastewater treatment system in strict compliance to the effluent quality standards can help to reduce the organic matter loading effectively. The information obtained from this assessment could be useful in planning the wastewater treatment plant capacities, guidelines, and measures to reduce water pollution of Pathum Thani Province.

Keywords: Biochemical Oxygen Demand (BOD), Organic Matter Loading, Domestic Wastewater, Pollution Assessment

1. บทนำ

แม่น้ำเจ้าพระยา เป็นแม่น้ำสายหลักของประเทศไทย เป็นการรวมตัวของแม่น้ำสายหลัก 4 สายจากภาคเหนือ คือ แม่น้ำปิง แม่น้ำวัง แม่น้ำยม และแม่น้ำน่าน ที่ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ จากนั้นไหลลงใต้ทางทิศใต้ ผ่านจังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี กรุงเทพมหานคร ก่อนออกสู่อ่าวไทยที่ปากน้ำ อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ [1] ปัจจุบันคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยามีแนวโน้มเสื่อมโทรมเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากการรองรับน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น ได้แก่ น้ำเสียและน้ำทิ้งจากพื้นที่ชุมชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม โดยจากข้อมูลรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยประจำปี 2563 [2] คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาโดยรวมจากดัชนีคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (Water Quality Index ; WQI) อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม และบริเวณที่ไหลผ่านพื้นที่จังหวัดปทุมธานีมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่บริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแล เพื่อผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม [3]

ปัจจุบันการปล่อยน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต้องมีการบำบัดให้มีความเข้มข้นเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของแหล่งกำเนิดนั้นๆ [4] ถึงแม้จะมีการควบคุมความเข้มข้นของมลพิษแต่ยังไม่ได้มีการควบคุมปริมาณการระบายมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม ส่งผลให้แหล่งรองรับมลพิษทางน้ำมีความเสื่อมโทรมลงและสูญเสียสมดุลของระบบนิเวศบริเวณนั้น ในอนาคตหน่วยงานภาครัฐที่รับผิดชอบจะมีการกำหนดมาตรการที่เข้มงวดมากขึ้น กล่าวคือ การกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายมลพิษทางน้ำตามปริมาณมลพิษที่ระบายออกมาแทนความเข้มข้นของมลพิษ โดยจะพิจารณาตามขีดความสามารถในการรองรับมลพิษแต่ละพื้นที่ [2] ซึ่งแหล่งกำเนิดน้ำเสียจากชุมชน เป็นแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญมากเนื่องจากปัจจุบันการบำบัดน้ำเสียยังไม่ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงดำเนินการศึกษาการระบายมลพิษของน้ำเสียที่เกิดจากชุมชน เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนและเตรียมมาตรการเพื่อลดการระบายมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม รวมทั้งแก้ปัญหาคุณภาพของน้ำผิวดินที่เสื่อมโทรมให้ดีขึ้น ตลอดจนการคาดการณ์ปริมาณการระบายมลพิษที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตของพื้นที่จังหวัดปทุมธานี

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

(1) คุณภาพน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา

สำนักความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ กรมเจ้าท่า [5] ได้ติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา ประจำปีพ.ศ. 2560 พบว่า ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของแม่น้ำเจ้าพระยาแบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่ 1 แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง มาตรฐานคุณภาพน้ำเป็นประเภทที่ 4 กำหนดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไม่น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี; บีโอดี) ไม่เกิน 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงที่ 2 แม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลาง ซึ่งไหลผ่านจังหวัดปทุมธานีมาตรฐานคุณภาพน้ำเป็นประเภทที่ 3 กำหนดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความสกปรกในรูปบีโอดี ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงที่ 3 แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน มาตรฐานคุณภาพน้ำเป็นประเภทที่ 2 กำหนดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความสกปรกในรูปบีโอดี ไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และผลจากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ช่วงที่ 2 แม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลาง พบว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ความสกปรกในรูปบีโอดีอยู่ในเกณฑ์ที่เกินกว่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินกำหนดไว้ ซึ่งแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 3 สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และการเกษตรได้

กรมควบคุมมลพิษ [2] ได้รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยประจำปี 2563 ทำการประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาโดยรวมจากดัชนีคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (Water Quality Index ; WQI) พบว่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาโดยรวมอยู่ในเกณฑ์พอใช้ และในส่วนของจังหวัดปทุมธานีโดยรวมมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ เนื่องจากปัญหามลพิษทางน้ำในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีมีแนวโน้มจะเพิ่มความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมมากขึ้นเนื่องมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้น ได้แก่ การขยายตัวของชุมชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม

(2) แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากชุมชน

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [6] ได้ให้ข้อมูลแหล่งกำเนิดน้ำเสียจากชุมชน เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันและกิจกรรมที่เป็นอาชีพของคนในชุมชน ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหาร การชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือนและอาคารประเภทต่าง ๆ ซึ่งน้ำเสียนี้มีความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์สูง

(3) ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี หรือภาระความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand Loading; BOD loading) เป็นค่ากำหนดในการออกแบบระบบบำบัด มีหน่วยเป็นกิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตร-วัน หรือกิโลกรัมบีโอดีต่อตารางเมตร-วัน หรือกิโลกรัมบีโอดีต่อกิโลกรัมเอ็มแอลเอสเอส-วัน [7] ซึ่งวิธีการวิเคราะห์หาค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี (BOD Loading) ดังสมการที่ (1)

$$\text{BOD Loading (kg/day)} = \text{ค่า BOD (mg/l)} \times \text{ปริมาณน้ำเสีย (l/day)} \times (1 \text{ kg} / 1,000,000 \text{ mg}) \quad (1)$$

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรารณ ทนศักดิ์ [8] ได้ประเมินภาระมลพิษในลุ่มน้ำแม่กลอง จากแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดแน่นอน ได้แก่ ชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน ได้แก่ ปศุสัตว์ พื้นที่นาข้าว พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งรวมพื้นที่ไม้ผลและพืชไร่ ภาระมลพิษในรูปความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่กลอง เท่ากับ 418,551.87 กิโลกรัม/วัน ปศุสัตว์ก่อให้เกิดภาระมลพิษในรูปความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีมากที่สุด คือ 225,684.53 กิโลกรัม/วัน รองลงมา คือ พื้นที่นาข้าว พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรม 138,121.52 กิโลกรัม/วัน โรงงานอุตสาหกรรม 45,474.81 กิโลกรัม/วัน และจากชุมชน 9,267.01 กิโลกรัม/วัน นอกจากนี้ศรี รอดทัศนาศ และคณะ [9] ศึกษาการประเมินมลพิษทางน้ำในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยจำแนก ตามประเภทของแหล่งกำเนิดน้ำเสีย ได้แก่ ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม การปศุสัตว์ และพื้นที่เพาะปลูก ผลการศึกษาพบว่า ในปีพ.ศ.2556 จังหวัดฉะเชิงเทรามีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นเท่ากับ 2,080,293 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นภาระมลพิษรวมเท่ากับ 106,467 กิโลกรัมต่อ พบว่าภาระมลพิษส่วนใหญ่ใน จังหวัดฉะเชิงเทรามาจากแหล่งกำเนิดประเภทการปศุสัตว์ รองลงมาแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และชุมชน คิดเป็นภาระมลพิษเท่ากับ 62,767 16,048 และ 14,892 กิโลกรัมต่อวัน หรือ คิดเป็นร้อยละ 58.95 15.07 และ 13.98 ของปริมาณภาระมลพิษทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษา สามารถนำไปใช้ในการประเมินพื้นที่วิกฤตด้านปัญหามลพิษทางน้ำและนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวางแผน เพื่อลดภาระมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่เหมาะสมกับพื้นที่ เทอดพงศ์ ศรีสุข

พันธุ์ และคณะ [10] ได้ทำการศึกษาศักยภาพในการก่อกำเนิดการระเหยของน้ำของท้องถิ่น จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยพิจารณาจาก 5 ปัจจัย ได้แก่ 1) พื้นที่ที่มีปริมาณการระเหยเกิดขึ้นในปัจจุบันสูง 2) พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของแหล่งกำเนิดมลพิษมาก 3) พื้นที่ที่มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของการระเหยในอนาคตสูง 4) พื้นที่ที่มีในพื้นที่มีแหล่งน้ำผิวดินที่มีคุณภาพต่ำ และ 5) พื้นที่ที่อยู่ใกล้กับแม่น้ำบางปะกง ผลการศึกษาสรุปได้ว่า อำเภอเมืองฉะเชิงเทราเป็นอำเภอที่มีปริมาณการระเหยของน้ำในปัจจุบันและมีแนวโน้มของการเพิ่มปริมาณการระเหยในอนาคตสูงที่สุด ส่วนอำเภอบางปะกงมีความหนาแน่นแหล่งกำเนิด การระเหยของน้ำสูงที่สุด สำหรับพื้นที่ที่มีศักยภาพในการก่อกำเนิดมลพิษของน้ำสูงที่สุด 2 ลำดับแรก ได้แก่ เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา และ องค์การบริหารส่วนตำบลท่าไข่ ได้รับคะแนน 78 และ 74 คะแนน ตามลำดับ

3. วิธีการวิจัย

การศึกษาวิจัยเป็นการประเมินมลพิษในรูปของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

(1) ข้อมูลจำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์โดยแยกรายอำเภอในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปีพ.ศ.2550-2563

(2) ข้อมูลจำนวนประชากรแฝงแยกรายอำเภอในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปีพ.ศ.2557-2563

(3) ข้อมูลความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคของประชากรทั้งหมดในเขตเทศบาลและนอกเขตเทศบาลมีความต่างกัน โดยในเขตเทศบาลคิดจากการประปาส่วนภูมิภาค และนอกเขตเทศบาลคิดจากอัตราการใช้น้ำ กำหนดให้ใช้ตามมาตรฐานของการสำรวจความจำเป็นพื้นฐาน (จปฐ.) แยกรายอำเภอในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี

(4) ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์บีโอดีน้ำเสียและน้ำทิ้งของชุมชน

3.2 การประเมินมลพิษในรูปของภาระบรรทุกสารอินทรีย์

(1) คำนวณปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น จากอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของชุมชน โดยการรวบรวมข้อมูลด้านการจัดสรรน้ำของสถาบัน พัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน [11] อัตราการใช้น้ำของประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองและนอกเมืองซึ่งมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกัน โดยประชากรที่อยู่ในเขตเทศบาลใช้ข้อมูลปริมาณน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค ส่วนอัตราการใช้น้ำของประชากรนอกเขตเทศบาลใช้ตามมาตรฐานของการสำรวจความจำเป็นพื้นฐาน (จปฐ.) แล้วนำมาประเมินปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น คิดร้อยละ 80 ของอัตราการใช้น้ำ จะได้ปริมาณน้ำเสียไหลสู่ท่อรวบรวมน้ำเสีย ดังสมการที่ (2) รายละเอียดดังตารางที่ 1

$$\text{ปริมาณน้ำเสีย (ลิตร/วัน)} = \text{จำนวนประชากร (คน)} \times \text{ร้อยละ 80 ของอัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน)} \quad (2)$$

ตารางที่ 1 อัตราการใช้และปริมาณน้ำเสียของประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองและนอกเมือง

เขตพื้นที่	อัตราการใช้ (ลิตร/คน/วัน)	ปริมาณน้ำเสียชุมชน (ลิตร/คน/วัน)
เทศบาลนคร	250	200
เทศบาลเมือง	200	160
เทศบาลตำบล	120	96
นอกเขตเทศบาล	50	40

ที่มา: สถาบันพัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน (2558). [11]

(2) การประเมินความเข้มข้นของค่าบีโอดี แบ่งตามกรณีศึกษาโดย (1) น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดไม่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย มีความเข้มข้นของบีโอดี 250 มิลลิกรัมต่อลิตร (2) น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย มีความเข้มข้นของบีโอดี 118 มิลลิกรัมต่อลิตร และ (3) น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง มีความเข้มข้นของบีโอดี 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของค่าบีโอดีของชุมชนกรณีต่างๆ

กรณีศึกษา	ค่าบีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)
(1) น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดไม่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย	250 [12]
(2) น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย	118 [13]
(3) น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง	20 [6]

ที่มา: สุชาติ สถิตมั่นในธรรม. (2552) [12]

สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดปทุมธานี (2562). [13]

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2561). [6]

(3) การประเมินภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยนำปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นคูณกับความเข้มข้นของค่าบีโอดี ดังสมการที่ (1)

(4) การคาดการณ์ปริมาณภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในอนาคต ใช้ข้อมูลจำนวนประชากรรายปีจากจำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ และประชากรแฝง เพื่อคาดการณ์จำนวนประชากรที่จะเกิดขึ้นในอนาคตปี พ.ศ.2583 ตามหลักการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Exponential Curve Projection โดยใช้ข้อมูลประชากรย้อนหลัง 20 ปี ดังสมการที่ (4) และสมการที่ (5) [14]

$$r = \frac{P_t - P_o}{n} \quad (4)$$

โดยที่

r = อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากร

P_t = จำนวนประชากรปีเริ่มต้น (คน)

P_0 = จำนวนประชากรปีสุดท้าย (คน)

n = ระยะห่างระหว่างปีเริ่มต้นและปีสุดท้าย (ปี)

$$P_n = P_0 (1+r)^n \quad (5)$$

โดยที่

P_n = จำนวนประชากรในอนาคต (คน)

P_0 = จำนวนประชากรในปีที่เริ่มต้นการคำนวณ (คน)

r = อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากร

n = จำนวนปีที่ต้องการคำนวณในอนาคต (ปี)

คำนวณปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในอนาคต จากอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของชุมชน ตามตารางที่ 1 และ สมการที่ (2) และประเมินภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยนำปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นคูณกับความเข้มข้นของค่าบีโอดี ตามสมการที่ (1)

4. ผลการวิจัย

4.1 ปริมาณน้ำเสีย

จากข้อมูลประชากรของจังหวัดปทุมธานี ในปีพ.ศ. 2563 มีประชากรทั้งสิ้น 1,710,169 คน โดยเป็น ประชากรที่ขึ้นทะเบียนราษฎรจำนวน 1,176,412 คน และประชากรแฝงจำนวน 533,757 คน นำมาวิเคราะห์ ปริมาณน้ำเสียร่วมกับข้อมูลด้านการจัดสรรน้ำของสถาบันพัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน [11] ที่ได้ พิจารณาอัตราการใช้น้ำที่เกิดขึ้นต่อคนต่อวันตามลักษณะพื้นที่การปกครองที่อยู่ในเขตเมืองและนอกเมืองซึ่งมีความ ต้องการใช้น้ำแตกต่างกันระหว่าง 50-250 ลิตร/คน/วัน โดยอัตราการเกิดน้ำเสียคิดจากร้อยละ 80 ของปริมาณ อัตราการใช้น้ำในชุมชนนั้นมีค่าระหว่าง 40-200 ลิตร/คน/วัน พบว่าปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดชุมชนในปีพ.ศ. 2563 ที่เกิดขึ้นรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 203,245 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน อำเภอที่มีปริมาณน้ำเสียมากที่สุด ได้แก่ อำเภอ ลำลูกกา อำเภอลองหลวง และอำเภอธัญบุรี มีปริมาณน้ำเสียเท่ากับ 53,455, 49,539 และ 43,590 ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน ตามลำดับ ส่วนการคาดการณ์จำนวนประชากรในปีพ.ศ. 2583 พบว่า ประชากรรวมเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1,838,153 คน เป็นประชากรที่ขึ้นทะเบียนราษฎรจำนวน 788,091 คน ลดลงจากปีพ.ศ. 2563 ทำให้ปริมาณน้ำเสีย โดยรวมของประชากรทะเบียนราษฎรลดลงแต่จำนวนประชากรแฝงเพิ่มขึ้นจากปีพ.ศ. 2563 เท่ากับ 1,050,061 คน ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 246,955 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน อำเภอที่มีน้ำเสียมากที่สุด ได้แก่ อำเภอ ลำลูกกา อำเภอลองหลวง และอำเภอธัญบุรี มีปริมาณน้ำเสียเท่ากับ 62,598, 60,382 และ 52,600 ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 3) อำเภอลำลูกกามีจำนวนประชากรรวมน้อยกว่าอำเภอลองหลวง แต่มีปริมาณภาระ บรรทุกสารอินทรีย์มากกว่า เนื่องจากอำเภอลำลูกกาส่วนใหญ่มีการปกครองแบบเทศบาล ประชากรมีอัตราการใช้น้ำ มากกว่าส่งผลให้มีน้ำเสียมากตามไปด้วย

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดชุมชนในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี ปีพ.ศ. 2563 และปีพ.ศ. 2583

อำเภอ	ปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดชุมชน (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)									
	ปี พ.ศ.2563					ปี พ.ศ.2583				
	ทน.	ทม.	ทต.	นอกเขตเทศบาล	รวม	ทน.	ทม.	ทต.	นอกเขตเทศบาล	รวม
เมือง	0	20,477	4,350	5,121	29,948	0	33,612	2,914	3,431	39,957
คลองหลวง	0	43,665	0	5,874	49,539	0	56,447	0	3,935	60,382
ธัญบุรี	16,854	20,681	6,055	0	43,590	11,290	37,253	4,056	0	52,600
หนองเสือ	0	9,068	291	2,067	11,427	0	7,813	195	1,385	9,393
ลาดหลุมแก้ว	0	5,031	1,000	2,355	8,386	0	9,897	670	1,578	12,145
ลำลูกกา	0	49,027	1,016	3,413	53,455	0	59,631	680	2,286	62,598
สามโคก	0	4,052	1,053	1,794	6,900	0	7,972	706	1,202	9,880
รวม	16,854	66,600	13,765	20,625	203,245	11,290	44,616	9,222	13,817	246,955

หมายเหตุ ทน. คือ เทศบาลนคร, ทม. คือ เทศบาลเมือง, ทต. คือ เทศบาลตำบล

4.2 การบรรเทาผลกระทบน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดชุมชนไม่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย

กรณีน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดชุมชนระบายน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย คำนวณการบรรเทาผลกระทบโดยใช้ค่าความสกปรกในรูปบีโอดีของน้ำเสียตามการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย ชุมชนที่มีการกำหนดความเข้มข้นของบีโอดี 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ในปีพ.ศ. 2563 จะมีปริมาณการบรรเทาผลกระทบทั้งจังหวัดเท่ากับ 52,085.35 กิโลกรัมต่อวัน โดยอำเภอที่มีการบรรเทาผลกระทบสูงสุด ได้แก่ อำเภอลำลูกกา 15,649.47 กิโลกรัมต่อวัน รองลงมาคือ อำเภอคลองหลวง และอำเภอธัญบุรี มีปริมาณการบรรเทาผลกระทบเท่ากับ 12,384.73 และ 12,171.59 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ และจากการคาดการณ์ปีพ.ศ. 2583 มีปริมาณการบรรเทาผลกระทบรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 61,738.64 กิโลกรัมต่อวัน โดยอำเภอที่มีการบรรเทาผลกระทบสูงสุด ได้แก่ อำเภอลำลูกกา 15,649.47 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนอำเภอคลองหลวง และอำเภอธัญบุรี มีปริมาณการบรรเทาผลกระทบเท่ากับ 15,095.59 และ 13,149.88 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

4.3 การบรรเทาผลกระทบน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดชุมชนผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย

กรณีน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดชุมชนระบายน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย คำนวณการบรรเทาผลกระทบโดยใช้ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีจากการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ [12] พบว่า น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดชุมชนที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย มีค่าความสกปรกในรูปบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 118 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ปริมาณการบรรเทาผลกระทบรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 24,584.28 กิโลกรัมต่อวัน ในปี พ.ศ. 2563 โดยอำเภอที่มีการบรรเทาผลกระทบสูงสุด ได้แก่ อำเภอลำลูกกา 6,307.72 กิโลกรัมต่อวัน และรองลงมาคือ อำเภอคลองหลวง และอำเภอธัญบุรี มีปริมาณการบรรเทาผลกระทบเท่ากับ 5,845.59 และ 5,744.99 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ การคาดการณ์ปีพ.ศ. 2583 มีปริมาณการบรรเทาผลกระทบรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 29,140.64 กิโลกรัมต่อวัน โดยอำเภอที่มีการบรรเทาผลกระทบสูงสุด ได้แก่ อำเภอลำลูกกา 7,386.55

กิโกรัมต่อวัน รองลงมาคือ อำเภอคลองหลวง และอำเภอธัญบุรี มีปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 7,125.12 และ 6,206.74 กิโกรัมต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

4.4 การะบรทุกสารอินทรีย์น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดชุมชนผ่านระบบบำบัดน้ำเสียเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง

กรณีน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดชุมชนระบายน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยผ่านระบบบำบัดน้ำเสียและมีค่าน้ำทิ้งเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ซึ่งความสกปรกในรูปบีโอดี เท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการประเมินในปีพ.ศ. 2563 พบว่า มีปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์รวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 4,166.83 กิโกรัมต่อวัน โดยอำเภอที่มีการะบรทุกสารอินทรีย์สูงสุด ได้แก่ อำเภอลำลูกกา อำเภอคลองหลวง และอำเภอธัญบุรี มีปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1,069.11, 990.78 และ 973.73 กิโกรัมต่อวัน ตามลำดับ สำหรับการคาดการณ์ปี พ.ศ. 2583 มีปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์รวมทั้งจังหวัดมีปริมาณเท่ากับ 4,939.09 กิโกรัมต่อวัน โดยอำเภอที่มีการะบรทุกสารอินทรีย์สูงสุด ได้แก่ อำเภอลำลูกกา อำเภอคลองหลวง และอำเภอธัญบุรี มีปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1,251.96, 1,207.65 และ 1,051.99 กิโกรัมต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน (1) ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (2) ไม่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย และ (3) ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ปีพ.ศ. 2563 และ ปีพ.ศ. 2583

อำเภอ	ปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน (กิโกรัมต่อวัน)					
	(1) ไม่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย		(2) ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย		(3) ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้ง	
	พ.ศ. 2563	พ.ศ. 2583	พ.ศ. 2563	พ.ศ. 2583	พ.ศ. 2563	พ.ศ. 2583
เมือง	7,487.11	9,989.30	3,533.92	4,714.95	598.97	799.14
คลองหลวง	12,384.73	15,095.59	5,845.59	7,125.12	990.78	1,207.65
ธัญบุรี	12,171.59	13,149.88	5,744.99	6,206.74	973.73	1,051.99
หนองเสือ	2,856.66	2,348.26	1,348.34	1,108.38	228.53	187.86
ลาดหลุมแก้ว	2,096.51	3,036.21	989.55	1,433.09	167.72	242.9
ลำลูกกา	13,363.82	15,649.47	6,307.72	7,386.55	1,069.11	1,251.96
สามโคก	1,724.93	2,469.93	814.17	1,165.81	137.99	197.59
รวม	52,085.35	61,738.64	24,584.28	29,140.64	4,166.83	4,939.09

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

5.1 อภิปรายผล

ปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดน้ำเสียประเภทชุมชน ในจังหวัดปทุมธานีในปีพ.ศ. 2563 และปีพ.ศ. 2583 พบว่า การะบรทุกสารอินทรีย์มีปริมาณมากที่สุดในกรณีน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดไม่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย รองลงมาคือ น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย และน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดผ่านระบบบำบัดน้ำเสียเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ในปีพ.ศ. 2563 มีปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 52,085.35, 24,584.28 และ 4,166.83 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ และในปีพ.ศ. 2583 มีปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ร้อยละ 15.64 โดยมีค่าเท่ากับ 61,738.64, 29,140.64 และ 4,939.09 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ระบายลงแหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลให้แหล่งน้ำเน่าเสีย ก่อให้เกิดสภาพที่ไม่น่าดู ส่งกลิ่นเหม็นรบกวน สร้างความรำคาญให้แก่ชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ รวมถึงกระทบต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำรองรับ [15] และคุณภาพแหล่งน้ำก็ไม่ได้ตามมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ ซึ่งถ้าปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมก็จะสร้างปัญหาให้แหล่งน้ำภายนอกและกระทบต่อการใช้น้ำของสิ่งมีชีวิต โดยอำเภอลำลูกกามีปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์มากที่สุด ถึงแม้จำนวนประชากรรวมน้อยกว่าอำเภอคลองหลวง แต่อำเภอลำลูกกามีรูปแบบการปกครองเป็นเทศบาล ประชากรส่วนใหญ่ก็อยู่ในพื้นที่เทศบาลตำบลและเทศบาลเมือง ซึ่งมีอัตราการใช้น้ำ 120-200 ลิตรต่อคนต่อวัน ส่งผลให้เกิดน้ำเสียในปริมาณมาก แต่อำเภอคลองหลวงมีรูปแบบการปกครองเป็นองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ซึ่งมีอัตราการใช้น้ำน้อยกว่า 50 ลิตรต่อคนต่อวัน

นอกจากนี้ปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดผ่านระบบบำบัดน้ำเสียมีปริมาณมากกว่าน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดผ่านระบบบำบัดน้ำเสียเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง แสดงว่าระบบบำบัดที่มีอยู่อาจจะไม่มีประสิทธิภาพ ระบบไม่สามารถทำงานได้หรือการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพทำให้เกิดปัญหาน้ำที่ปล่อยทิ้งมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด ซึ่งส่งผลกระทบต่อแหล่งรองรับตามธรรมชาติ ดังนั้นควรมีการดูแลระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหากระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ไม่มีความสามารถในการรองรับปริมาณและความเข้มข้นของน้ำเสียควรมีการปรับปรุง และออกแบบเพื่อให้ระบบบำบัดสามารถรองรับปริมาณและความเข้มข้น ซึ่งในปัจจุบันกฎหมายยังไม่มีการควบคุมปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออก แต่ในอนาคตกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [2] จะมีการกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายมลพิษทางน้ำตามปริมาณมลพิษที่ระบายออกมาแทนความเข้มข้นของมลพิษ โดยจะพิจารณาตามขีดความสามารถในการรองรับมลพิษแต่ละพื้นที่ ซึ่งการกำหนดมาตรฐานดังกล่าวจะทำให้ปริมาณมลพิษทางน้ำลดลงได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

(1) ควรมีการดำเนินการควบคุมปริมาณน้ำเสียและความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ปล่อยจากพื้นที่ชุมชน โดยเฉพาะอำเภอลำลูกกา คลองหลวง และธัญบุรี ซึ่งมีปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์มากกว่าพื้นที่อื่นๆ โดยการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับพื้นที่ และสามารถรองรับน้ำเสียที่มีปริมาณมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในอนาคต

(2) ปริมาณการะบรทุกสารอินทรีย์สูง ถึงแม้ว่าน้ำทิ้งผ่านระบบบำบัด ดังนั้นควรดำเนินการปรับปรุงระบบบำบัดให้มีประสิทธิภาพ เหมาะกับสภาพพื้นที่ และใช้งานได้จริง นอกจากนี้การนำเทคโนโลยีการลดมลพิษที่

แหล่งกำเนิด เช่น เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) หลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluter Pay Principle) มาประยุกต์ใช้จะสามารถลดปริมาณ และความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งได้

(3) ควรประเมินศักยภาพการรองรับมลพิษ (Carrying Capacity) และประเมินอัตราการระบายน้ำทิ้งสูงสุดต่อวัน (Total Maximum Daily Load; TMDL) เพื่อควบคุมปริมาณการระบายมลพิษอินทรีย์ที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำระดับที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ

(4) ควรมีการประเมินการระบายมลพิษอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดอื่นๆ เพิ่มเติม ได้แก่ แหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งกำเนิดจากพื้นที่การเกษตรกรรมทั้งการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการเพาะปลูก

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] การประปานครหลวง. (2558). ลุ่มน้ำเจ้าพระยา. สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ 2564, จาก https://www.mwa.co.th/ewt_news.php?nid=22198.
- [2] กรมควบคุมมลพิษ. (2564). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2563. กรุงเทพฯ: บริษัท สไตส์ครีเอทีฟเฮาส์ จำกัด.
- [3] กองบริหารจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. (2559). จดตรวจวัดคุณภาพน้ำ : แม่น้ำเจ้าพระยา. สืบค้น 14 ธันวาคม 2563, จาก <https://www.pcd.go.th>.
- [4] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2563). ราชกิจจานุเบกษาประเภท ก พิเศษ เล่ม 137 ตอน 261. สืบค้น 14 ธันวาคม 2563. จาก <http://www.mratchakitcha.soc.go.th>.
- [5] สำนักความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ กรมเจ้าท่า. (2560). รายงานผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา. สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ 2564, จาก <https://www.md.go.th/md/index.php>
- [6] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2561). แหล่งกำเนิดน้ำเสียและมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง. สืบค้น 16 มกราคม 2564, จาก http://pcd.go.th/info_serv/water_water.htm.
- [7] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2552). การระบายมลพิษอินทรีย์ในรูปบีโอดี. สืบค้น 18 กุมภาพันธ์ 2564, จาก <https://www.deqp.go.th/>
- [8] วราภรณ์ ทนศักดิ์. (2547). การประเมินภาระมลพิษในลุ่มน้ำแม่กลอง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [9] อิสรี รอดทัศน, เทอดพงศ์ ศรีสุขพันธุ์, และสุชาดา ยางเอน. (2558). การประเมินภาระมลพิษทางน้ำในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วันที่ 28 -29 เมษายน 2558. 1(6),671-683. จาก <http://58.181.147.25/ojsjournal/index.php/5-01/issue/view/52>
- [10] เทอดพงศ์ ศรีสุขพันธุ์, อิสรี รอดทัศน, สุชาดา ยางเอน, และกมลทิพย์ รัตนสุวรรณชัย. (2558). ศักยภาพในการกักเก็บมลพิษทางน้ำของท้องถิ่น จังหวัดฉะเชิงเทรา. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วันที่ 28 -29 เมษายน 2558. 1(6),272-283. จาก <http://58.181.147.25/ojsjournal/index.php/5-01/issue/view/52>

- [11] สถาบันพัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน. (2558). คู่มือการปฏิบัติงานด้านบริหารจัดการน้ำ เล่มที่ 8. สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ 2564, จาก <https://anyflip.com/bookcase/hucqc>.
- [12] สุชาติ สถิตมั่นในธรรม. (2552). ภาคผนวก ง รายการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสีย โครงการ สมารท์คอนโดวีชลพล กรุงเทพมหานคร. สืบค้น 31 มีนาคม 2564, จาก http://eiadoc.onep.go.th/eialibrary/4housing/53/53_8389/11.
- [13] สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดปทุมธานี. (2562). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการส่งเสริมการจัดการน้ำเสียโดยชุมชน จังหวัดปทุมธานีประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561 (รายงานผลการวิจัย). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [14] กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย. (ม.ป.ป.). มาตรฐานการวางผังเมือง. สืบค้น วันที่ 27 มีนาคม 2564, จาก <http://www.dla.go.th/>
- [15] นิษรต์ ธิงโราณ. (2561). มลพิษทางน้ำ. สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ 2564. จาก <https://sites.google.com/site/wichakarxnuraks/mlphis-na>