

ผลงานประกอบการพิจารณาประเมินบุคคล
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งประเภทวิชาการ

ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

เรื่อง ที่เสนอให้ประเมิน

๑. ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ค่าบีโอดีด้วยวิธีเมมเบรนอิเล็กโทรดกับ
การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรเมตริกซ์

๒. ข้อเสนอ แนวคิด วิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เรื่อง การศึกษาการวิเคราะห์บีโอดีโดยใช้อุลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

เสนอโดย

นางสาวรัศมีภัส อัจฉริยานุกูล
ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
(ตำแหน่งเลขที่ สจน.๑๕)

กลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ส่วนวิชาการจัดการคุณภาพน้ำ
สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ

ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

๑. ชื่อผลงาน การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ค่าบีโอดีด้วยวิธีเมมเบรนอิเล็กโทรดกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรเมตริกเคชัน

๒. ระยะเวลาที่ดำเนินการ มิถุนายน – ตุลาคม ๒๕๖๒

๓. ความรู้ทางวิชาการหรือแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินการ

๓.๑ ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

บีโอดี เป็นการวัดความสกปรกของน้ำคิดเปรียบเทียบกับรูปของปริมาณออกซิเจน (O_2) ที่ลดลงเนื่องจากจุลชีพจำพวกแบคทีเรีย (Bacteria) นำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Organic) โดยการหาค่าความต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำที่วัดได้วันแรก (DO_0) กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำเดียวกันที่เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) 20 ± 1 °C เป็นเวลา ๕ วัน (DO_5)^(๑)

$$BOD_5 = DO_0 - DO_5$$

DO_0 = ค่าออกซิเจนละลายในน้ำที่ไตเตรตได้ในวันแรก

DO_5 = ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายในน้ำที่ไตเตรตได้ หลังจากเก็บไว้ในตู้ควบคุม

อุณหภูมิ 20 ± 1 °C เป็นเวลา ๕ วัน

การทดสอบตัวอย่างมี ๒ วิธี ได้แก่ วิธีโดยตรง (Direct method) และวิธีทำให้เจือจาง (Dilution Method)

๓.๑.๑ วิธีโดยตรง (Direct method)

เป็นวิธีที่ใช้กับน้ำตามแม่น้ำลำคลองที่มีความสกปรกน้อย คือควรมีค่าบีโอดีไม่เกิน ๗ มิลลิกรัมต่อลิตร ได้แก่ น้ำประปา แม่น้ำ คลอง บึง สระ ฯลฯ ซึ่งเป็นวิธีที่หาค่าบีโอดีจากตัวอย่างน้ำโดยตรงไม่ต้องทำเจือจาง มีขั้นตอนดังนี้

- ปรับอุณหภูมิของน้ำให้ได้ 20°C แล้วพ่นอากาศให้ออกซิเจนอิ่มตัวลงในตัวอย่างน้ำ
- เติมน้ำลงในขวดบีโอดี (BOD) ให้เต็ม ๒ ขวด ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ
- นำขวดที่ ๑ มาหาค่า DO_0 แล้วนำขวดที่ ๒ ไปเพาะเลี้ยงในตู้บีโอดี (BOD Incubator)

20 ± 1 °C เป็นเวลา ๕ วัน แล้วหาค่า DO_5

$$BOD_5 \text{ (มิลลิกรัม/ลิตร)}^{(๒)} = DO_0 - DO_5$$

๓.๑.๒ วิธีทำให้เจือจาง (Dilution Method)

เป็นวิธีที่ใช้กับตัวอย่างที่มีความสกปรก เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากบ้านเรือน หรือ เพราะมีค่าบีโอดีเกินกว่า ๗ มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งถ้าไม่มีการเจือจางตัวอย่างน้ำก็ย่อมมีสารอินทรีย์อยู่มาก ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งมีขีดจำกัดก็จะไม่พอเพียงที่จะย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในขวดบีโอดี ดังนั้น DO_5 จึงเป็นศูนย์ จึงไม่สามารถหาค่าบีโอดีได้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเจือจางด้วยน้ำก่อนเพื่อให้ปริมาณของสารอินทรีย์ที่อยู่ในขวดบีโอดีเหลือปริมาณน้อยลงจนมีอัตราพอเหมาะที่จุลินทรีย์จะย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจนในขวดบีโอดีไม่หมดภายใน ๕ วัน

๓.๑.๒.๑ การคัดเลือกและเก็บรักษาน้ำเพื่อใช้เจือจาง

น้ำที่ใช้สำหรับเจือจางควรมาจากแหล่งที่เหมาะสม เช่น น้ำกลั่น และควรเป็นน้ำกลั่นที่ปราศจากโลหะหนักโดยเฉพาะทองแดงและสารพิษจำพวกคลอรีน ซึ่งจะรบกวนการทดสอบบีโอดี การ

เก็บรักษาน้ำเจือจางควรเก็บในภาชนะที่สะอาดและไม่ควรเก็บไว้นานเกิน ๒๔ ชั่วโมง หลังจากเติมสารอาหาร แร่ธาตุ และบัฟเฟอร์ แล้ว และหลีกเลี่ยงการใช้น้ำเจือจางที่มีค่าบีโอดีของ Blank มากกว่า ๒ มิลลิกรัม/ลิตร

๓.๑.๒.๒ การเตรียมน้ำผสมเจือจาง (Dilution water)

- นำน้ำกลั่นที่ปราศจากสารมีพิช (กลั่นจากเครื่องกลั่นแก้ว) มาปรับอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 20 ± 3 °C และปรับ pH เป็นกลาง ปรับคุณภาพให้เหมาะกับการดำรงชีวิตของจุลชีพ โดยเติมสารละลายอาหารฟอสเฟตบัฟเฟอร์, แมกนีเซียมซัลเฟต, แคลเซียมคลอไรด์ และไอร์ออน (III) คลอไรด์ อย่างละ ๑ มิลลิลิตรต่อน้ำกลั่น ๑ ลิตร

- เติมอากาศให้มียอกซิเจนละลายอิ่มตัว อย่างน้อย ๑ ชั่วโมง (มีค่า DO อยู่ระหว่าง ๘-๙ มิลลิกรัม/ลิตร)

๓.๑.๒.๓ การเตรียมหัวเชื้อจุลชีพ (Seed)

(๑) หลักพิจารณาในการเตรียมหัวเชื้อ

ในการทดสอบหาค่าบีโอดี จำเป็นจะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ที่มากพอที่จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ ดังนั้นในการเตรียมหัวเชื้อจุลชีพมีหลักพิจารณาดังนี้

- น้ำเสียจากชุมชน น้ำคลอง น้ำแม่น้ำที่ปนเปื้อนและมีปริมาณจุลินทรีย์สูง ไม่จำเป็นต้องเติมหัวเชื้อจุลชีพเพิ่ม สามารถทำเจือจางได้เลย

- น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาลที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ น้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูง น้ำที่มีค่าปริมาณจุลินทรีย์ต่ำ เช่นน้ำเสียจากระบบบำบัดชนิดแอนแอโรบิก ต้องเติมหัวเชื้อจุลชีพชนิดแอนแอโรบิกเพิ่ม

(๒) วิธีเตรียมหัวเชื้อ

ตวง Dilution Water ปริมาตร ๕๐๐ มิลลิลิตร เติมกลูโคส ๑% ปริมาตร ๕ มิลลิลิตร เติมอากาศให้มียอกซิเจนละลายอิ่มตัวตลอดเวลา และเติมจุลชีพสำเร็จรูป ๑ แคปซูล หรือเชื้อจุลชีพซึ่งเพาะเชื้อเอง จาก Nutrient Agar Slant ๑ หลอด ลงในน้ำดังกล่าว ใช้เวลาเพาะเชื้อ ๑ ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จุลชีพจะเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมใช้งาน (ควรใช้งานให้หมดภายในระยะเวลา ๖ ชั่วโมง)

(๓) วิธีเพาะเชื้อจุลชีพในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar Slant

เตรียม Nutrient Agar Slant โดยชั่งสาร nutrient agar ๒๓ กรัม ละลายน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น ๑ ลิตร ตวงใส่หลอดที่มีจุกเกลียวหรือมีฝาครอบ หลอดละ ๑๐ มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121°C ความดัน ๑๕ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะเวลา ๑๕ นาที ก่อนที่วุ้นจะแข็งตัวให้เอียงหลอดและเชื้อจุลชีพประเภท Aerobic bacteria ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar Slant เพาะเชื้อในตู้ incubator อุณหภูมิ 37°C ระยะเวลา ๔๘ ชั่วโมง สามารถเก็บรักษาเชื้อไว้ใช้งานได้นานโดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ $4 - 10^{\circ}\text{C}$

(๔) วิธีเลือกอัตราส่วนในการผสมเจือจาง

เนื่องจากการทดสอบค่า BOD อาศัยปฏิกิริยาทางชีวเคมีโดยมีจุลินทรีย์เป็นตัวการย่อยสลาย สภาวะแวดล้อมจะมีผลต่อการทดสอบมากทำให้ค่า BOD มีความผันแปรสูง การทดสอบตัวอย่างหนึ่งๆ จึงควรผสมเจือจางหลายๆ ความเข้มข้น (ไม่ควรน้อยกว่า ๒ ความเข้มข้น) ส่วนอัตราส่วนการผสมเจือจางอาจประมาณตามชนิดของตัวอย่างตามตารางที่ ๑ จากสถิติข้อมูลเดิม หรือจากค่าความเข้มข้นโดยประมาณ^(๑)

การคำนวณค่าบีโอดี ทำได้ดังนี้^(๓)

$$\text{ค่าบีโอดี (มก.ออกซิเจน/ลิตร)} = \text{DO}_0 - \text{DO}_5 \times \text{อัตราส่วนเจือจาง}$$

เมื่อ

$$\text{DO}_0 = \text{ค่าออกซิเจนที่วัดในวันแรก}$$

$$DO_5 = \text{ค่าออกซิเจนที่วัดในวันที่ ๕}$$

$$\text{อัตราส่วนเจือจาง} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำเต็มขวดบีโอดี (๓๐๐ มล.)}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้}}$$

ตารางที่ ๑ Dilution and Type of Sample^(๑)

เปอร์เซ็นต์ที่ใช้เจือจางตัวอย่างน้ำเสีย (% Dilution)	ชนิดของตัวอย่างน้ำ (Type of sample)
๐.๐	Strong Industrial Wastes
๑ - ๕	Raw and Settled Waste water
๕ - ๒๐	Biologically treated Effluent
๑๐ - ๑๐๐	polluted River Waters

ตารางที่ ๒ BOD Measurable with Various Dilution of Sample^(๑)

Using percent mixtures	
% Dilution	Range of BOD mg/L
๐.๐๑	๕๐,๐๐๐ - ๗๐,๐๐๐
๐.๐๒	๑๐,๐๐๐ - ๓๕,๐๐๐
๐.๐๕	๔,๐๐๐ - ๑๔,๐๐๐
๐.๑	๒,๐๐๐ - ๗,๐๐๐
๐.๒	๑,๐๐๐ - ๓,๕๐๐
๐.๕	๔๐๐ - ๑,๔๐๐
๑.๐	๒๐๐ - ๗๐๐
๒.๐	๑๐๐ - ๓๕๐
๕.๐	๔๐ - ๑๔๐
๑๐.๐	๒๐ - ๗๐
๒๐.๐	๑๐ - ๓๕
๕๐.๐	๔ - ๑๔
๑๐๐	๐ - ๗

การควบคุมคุณภาพ

ควบคุมคุณภาพผลการทดสอบโดยใช้ กลูโคส - กรดกลูตามิก (Glucose - Glutamic Acid Check) เนื่องจากน้ำกลั่นที่ใช้อาจมีสารปนเปื้อนอยู่โดยเฉพาะทองแดง ซึ่งจะทำให้หัวเข็มมีประสิทธิภาพลดลง มีผลทำให้ค่าบีโอดีที่ได้ ต่ำกว่าความเป็นจริง ควรตรวจสอบโดยใช้สารอินทรีย์บริสุทธิ์ที่ทราบค่าบีโอดีแล้ว ซึ่งได้แก่ กลูโคส และกรดกลูตามิก กลูโคสออกซิไดซ์ได้ง่ายแต่ไม่คงที่ ใช้กับหัวเข็มทุกๆ ไป แต่สำหรับกรดกลูตามิกนั้นอัตราการออกซิไดซ์จะคงที่ และมีคุณสมบัติคล้ายน้ำเสียชุมชน นำสารละลายมาตรฐานกลูโคส-กรดกลูตามิกมาทำการเจือจาง ๒% แล้วตรวจวัดค่าบีโอดี ๕ วัน ที่ ๒๐ °C โดยมีค่ามาตรฐานบีโอดี เท่ากับ ๑๙๘±๓๐.๕ มิลลิกรัมต่อลิตร^(๑)

๓.๒ ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ค่าดีไอ

การหาค่าออกซิเจนละลายน้ำสามารถทำการวิเคราะห์หลายวิธี เช่น วิธี Membrane electrode method โดยใช้เครื่องที่เรียกว่า ดีโอมิเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร ได้โดยตรง หรือจะใช้วิธีทางเคมี เช่น วิธีเอไซด์โมดิฟิเคชัน ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนในน้ำที่สกปรก เช่น น้ำทิ้ง น้ำในแม่น้ำ ลำคลอง เป็นต้น^(๒)

๓.๒.๑ วิธีเอไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide Modification of Iodometric Method)

การตรวจวิเคราะห์ออกซิเจนละลายโดยวิธีเอไซด์โมดิฟิเคชัน เป็นวิธีการตรวจวัดทางอ้อม โดยใช้หลักการ ออกซิเจนละลายสามารถออกซิไดซ์ Mn^{2+} เป็น Mn^{4+} ภายใต้สภาวะที่เป็นด่าง และ Mn^{4+} จะออกซิไดซ์ไอโอดีน (I^-) ไปเป็นไอโอดีน (I_2) ในสภาวะที่เป็นกรด ซึ่งปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้นจะสมมูลกับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ดังนั้นจึงตรวจวัดปริมาณไอโอดีนโดยการทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮโอซัลเฟต สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ๑ มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับปริมาณออกซิเจนละลาย ๑ มิลลิกรัมต่อลิตร^(๑)

๓.๒.๒ วิธีเมมเบรนอิเล็กโทรด (Membrane electrode method)

วิธีเมมเบรนอิเล็กโทรดหรือเครื่องมือที่เรียกว่าดีโอมิเตอร์ (DO meter) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ขบวนการเคมีไฟฟ้า โดยถือหลักอัตราการแพร่ของโมเลกุลออกซิเจนผ่านเยื่อ (membrane) ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับออกซิเจนโดยที่เยื่อนี้อยู่ใน working electrode การหาค่าออกซิเจนละลายด้วย DO meter เป็นวิธี ที่สะดวก รวดเร็ว โดยเฉพาะเมื่อมีตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามวิธีนี้ไม่เหมาะกับน้ำที่มีออกซิเจนต่ำ เนื่องจากการแพร่กระจายของออกซิเจนในบรรยากาศได้ง่าย

ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับสารบวกรวมที่มีอยู่ในน้ำตัวอย่างนั้นๆ และความแม่นยำของผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย^(๔)

๓.๓ ความรู้ทางสถิติ

สถิติที่ใช้ในการคำนวณข้อมูลที่ได้จากการวัดในงานวิเคราะห์ทดสอบที่ต้องเกี่ยวข้องกับการวัด สิ่งที่ต้องการคือ ความแม่นยำ (accuracy), ความเที่ยง (precision) และความเชื่อถือได้ของข้อมูล (reliability) สิ่งเหล่านี้ต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจทางสถิติ ซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ย, พิสัย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความแปรปรวน, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์, ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยและช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย

การทดสอบนัยสำคัญ (significant test) เป็นการตรวจสอบว่าผลการวัดค่าความเที่ยงหรือค่าเฉลี่ยของ ๒ วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด ซึ่งต้องใช้วิธีทางสถิติในการสรุปผล ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการตั้งสมมติฐานและทำการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีทดสอบที่ต่างกัน (paired t-test) ซึ่งการทดสอบ t-test เป็นวิธีที่ใช้ทดสอบความแตกต่างกันของ ๒ วิธี ภายใต้สภาวะที่มีตัวอย่างหลายตัวอย่าง หลายความเข้มข้น การทดสอบ t-test เป็นสถิติในการหาค่าความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ทั้ง ๒ วิธีของแต่ละตัวอย่าง หาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างแล้วนำมาคำนวณสถิติแบบ t-test

$$\text{แสดงตั้งสมการดังนี้}^{(๕)} \quad t = \frac{\bar{d}\sqrt{n}}{S_d}$$

เมื่อ \bar{d} = ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างทั้ง ๒ วิธี

n = จำนวนตัวอย่าง

S_d = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างทั้ง ๒ วิธี

๔. สรุปสาระสำคัญของเรื่องและขั้นตอนการดำเนินการ

๔.๑ สรุปสาระสำคัญของโครงการ

ในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีส่วนมากจะใช้การวิเคราะห์หาค่า DO₀ และ ค่า DO₅ ด้วยวิธีไฮโดรโมดิฟิเคชันและเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย จากหนังสือ Standard Method For the Examination of Water and Wastewater ๒๐ th Edition ๑๙๙๘ กำหนดให้สามารถใช้วิธีไฮโดรโมดิฟิเคชันหรือวิธีเมมเบรนอิเล็กโทรด ในการหาค่าบีโอดีเพื่อมาวิเคราะห์หาค่าบีโอดีได้^(๖) และในบางมาตรฐานคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ ยกตัวอย่างเช่น มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม และมาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ได้กำหนดให้ใช้ทั้ง ๒ วิธีในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดี ซึ่งในปัจจุบันห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำใช้วิธีเมมเบรนอิเล็กโทรด โดยเครื่องดีไอมิเตอร์ในการหาค่า DO₀ และ DO₅ ในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดี เนื่องจากมีจำนวนตัวอย่างที่จำเป็นต้องวิเคราะห์เป็นจำนวนมาก ประกอบไปด้วยตัวอย่างน้ำ คลอง บึง แม่น้ำเจ้าพระยา ตัวอย่างน้ำทิ้งจาก โรงบำบัดน้ำเสียและหน่วยงานต่างๆ ของกรุงเทพมหานคร ประกอบกับปัจจุบันทางสำนักงานเขตต่างๆ ได้จัดทำโครงการอนุรักษ์แม่น้ำคูคลอง เพื่อพัฒนาคูคลองให้มีสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น โดยส่งตัวอย่างน้ำคูคลองมาวิเคราะห์ค่าบีโอดี ทำให้มีปริมาณของตัวอย่างน้ำที่ต้องวิเคราะห์มากขึ้น (เฉลี่ยประมาณเดือนละ ๔๕๐ ตัวอย่าง)

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีด้วยวิธีไฮโดรโมดิฟิเคชัน จะต้องเตรียมน้ำตัวอย่างในการวิเคราะห์ ๒ ชนิด เพื่อวิเคราะห์หาค่า DO₀ ๑ ชนิด แล้วนำอีกชนิดไปเพาะเลี้ยงในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ ๒๐ ± ๑ °C เป็นเวลา ๕ วัน แล้วจึงมาวิเคราะห์หาค่า DO₅ แล้วนำผลมาคำนวณเพื่อหาค่าบีโอดี แต่การวิเคราะห์ด้วยเครื่องดีไอมิเตอร์ จะเตรียมน้ำตัวอย่างในการวิเคราะห์จำนวน ๑ ชนิด โดยใช้เครื่องดีไอมิเตอร์อ่านค่า DO₀ แล้วจึงนำขวดน้ำตัวอย่างไปเพาะเลี้ยงในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ ๒๐ ± ๑ °C เป็นเวลา ๕ วัน แล้วนำขวดเดิมออกมาอ่านค่า DO₅ แล้วนำผลมาคำนวณเพื่อหาค่าบีโอดี ถ้าห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำหาค่า DO₀ และ ค่า DO₅ ด้วยวิธีไฮโดรโมดิฟิเคชัน จะต้องใช้สารเคมีเป็นจำนวนมาก และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีต่อตัวอย่างก็จะเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นจึงทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ค่าบีโอดีด้วยเครื่องดีไอมิเตอร์ว่าสามารถใช้แทนการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรโมดิฟิเคชันได้ ซึ่งทำให้สามารถลดปริมาณสารเคมีและน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ดีไอ และลดระยะเวลาในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีได้

๔.๒ ขั้นตอนการดำเนินงาน

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ค่าบีโอดีด้วยเครื่องดีไอมิเตอร์กับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรโมดิฟิเคชัน ของแหล่งน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีสาระสำคัญในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

๑. ทำการทดลองและรวบรวมข้อมูลผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดีแบบเจือจางด้วยเครื่องดีไอมิเตอร์กับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรโมดิฟิเคชัน จากน้ำคลองในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวน ๑๖๐ ตัวอย่าง

๒. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test

๓. สรุปผลและเลือกวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาใช้ในการปฏิบัติงาน

๕. ผู้ร่วมดำเนินการ “ไม่มี”

๖. ส่วนของงานที่ผู้เสนอเป็นผู้ปฏิบัติ

ผู้เสนอได้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ค่าบีโอดีด้วยเครื่องดีไอมิเตอร์กับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรโมดิฟิเคชัน โดยใช้เครื่องดีไอมิเตอร์ ยี่ห้อ YSI รุ่น ๕๐๐๐ เลขครุภัณฑ์ ๒๕๖๓-

๑๑๑๓๑๑๑-๑๒๐๓๕๒๑๕-๐๐๐๓ ซึ่งเป็นเครื่องที่กลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำใช้วัดค่าดีโอเพื่อวิเคราะห์หาค่าบีโอดีอยู่ในปัจจุบัน การวิเคราะห์นี้จะใช้น้ำตัวอย่างจากคลองในพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวน ๑๖๐ ตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาค่า DO₀ และ DO₅ ด้วยเครื่องดีโอมิเตอร์และด้วยวิธีไฮโดรเมตริกซ์ และนำผลมาคำนวณเป็นค่าบีโอดีแบบเจือจาง ซึ่งมีผลการทดสอบดังนี้

๖.๑ ทดสอบค่า สถิติ T-Test ของสารละลายมาตรฐานกลูโคส-กรดกลูตามิก

ทำการทดสอบค่า t-test ของค่าดีโอและบีโอดี แบบจับคู่ (pair t-test) ของสารละลายมาตรฐานกลูโคส-กรดกลูตามิก (ดูผลการวิเคราะห์ที่ภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบว่าวิธีที่หาค่าดีโอและค่าบีโอดี ด้วยเครื่องดีโอมิเตอร์กับวิธีไฮโดรเมตริกซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยวิเคราะห์ค่า t-test ด้วย Microsoft Excel ๒๐๑๐^(๗) พบว่า ค่าดีโอและค่าบีโอดีของสารละลายมาตรฐานกลูโคส-กรดกลูตามิก ที่วัดได้จากเครื่องดีโอมิเตอร์กับค่าที่ได้จากวิธีไฮโดรเมตริกซ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% แสดงดังตาราง

Pair t-test (Two-tail)	ระดับนัยสำคัญ	สมมติฐาน	P _(Two-tail)	t-stat	t-crit	ผลการประเมิน
ค่าดีโอ	๙๕% ($\alpha=0.05$)	H ₀ : $\mu_1 = \mu_2$ เมื่อ $t_{stat} \leq t_{crit}$, $P > 0.05$ H ₁ : $\mu_1 \neq \mu_2$ เมื่อ $t_{stat} > t_{crit}$, $P < 0.05$	๐.๑๕	๑.๔๘	๒.๐๒	ยอมรับ H ₀
ค่าบีโอดี	๙๕% ($\alpha=0.05$)	H ₀ : $\mu_1 = \mu_2$ เมื่อ $t_{stat} \leq t_{crit}$, $P > 0.05$ H ₁ : $\mu_1 \neq \mu_2$ เมื่อ $t_{stat} > t_{crit}$, $P < 0.05$	๐.๕๐	๐.๖๙	๒.๐๙	ยอมรับ H ₀

๖.๒ ทดสอบค่า สถิติ T-Test ของน้ำคลอง จำนวน ๑๖๐ ตัวอย่าง

การทดสอบค่า t-test ของค่าดีโอและค่าบีโอดี แบบจับคู่ (pair t-test) ของน้ำคลองจำนวน ๑๖๐ ตัวอย่าง (ดูผลการวิเคราะห์ที่ภาคผนวก ข) เพื่อตรวจสอบว่าวิธีที่หาค่าดีโอและค่าบีโอดี ด้วยเครื่องดีโอมิเตอร์ กับวิธีไฮโดรเมตริกซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยวิเคราะห์ค่า t-test ด้วย Microsoft Excel ๒๐๑๐ พบว่า ค่าดีโอที่วัดได้จากเครื่องดีโอมิเตอร์กับค่าดีโอที่ได้จากวิธีไฮโดรเมตริกซ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% และค่าบีโอดีที่คำนวณจากเครื่องดีโอมิเตอร์ กับค่าบีโอดีที่คำนวณด้วยวิธีไฮโดรเมตริกซ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% แสดงดังตาราง

Pair t-test (Two-tail)	ระดับนัยสำคัญ	สมมติฐาน	P _(Two-tail)	t-stat	t-crit	ผลการประเมิน
ค่าดีโอ	๙๕% ($\alpha=0.05$)	H ₀ : $\mu_1 = \mu_2$ เมื่อ $t_{stat} \leq t_{crit}$, $P > 0.05$ H ₁ : $\mu_1 \neq \mu_2$ เมื่อ $t_{stat} > t_{crit}$, $P < 0.05$	๐.๑๖	๑.๔๐	๑.๙๖	ยอมรับ H ₀
ค่าบีโอดี	๙๕% ($\alpha=0.05$)	H ₀ : $\mu_1 = \mu_2$ เมื่อ $t_{stat} \leq t_{crit}$, $P > 0.05$ H ₁ : $\mu_1 \neq \mu_2$ เมื่อ $t_{stat} > t_{crit}$, $P < 0.05$	๐.๔๕	๐.๗๖	๑.๙๗	ยอมรับ H ₀

๗. ผลสำเร็จของงาน

๗.๑ ทำให้ทราบว่า การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีด้วยวิธีเมมเบรนอิเล็กโทรด กับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรเมตริกซ์ สามารถใช้แทนกันได้ โดยการวิเคราะห์ค่าดีโอและค่าบีโอดีของทั้ง ๒ วิธี ให้ผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕%

๗.๒ สามารถเลือกวิธีวิเคราะห์ค่าบีโอดีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาใช้ในการปฏิบัติงาน

๗.๓ หน่วยงานประหยัดงบประมาณในการสั่งซื้อสารเคมี

๗.๔ ประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ค่าบีโอดีและลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดน้อยลง

๘. การนำไปใช้ประโยชน์

เลือกใช้วิธีวิเคราะห์หาค่าบีโอดีที่เหมาะสมที่สุดนำมาใช้ในการปฏิบัติงาน ช่วยลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ ลดปริมาณสารเคมี และลดปริมาณของเสียที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

๙. ความยุ่งยาก ปัญหา อุปสรรคในการดำเนินการ

๙.๑ การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีต้องนำตัวอย่างน้ำไปเพาะเลี้ยงในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ± 1 °C ซึ่งตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้งานในปัจจุบันนั้น มีเพียง ๑ ตู้ สามารถรองรับขวดบีโอดีได้เพียง ๑๕๐ ขวด แต่จำนวนน้ำตัวอย่างที่ต้องทำการวิเคราะห์ประมาณ ๑๐๐ ตัวอย่างต่อสัปดาห์ จึงไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำได้อีกทั้งตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้งาน มีอายุการใช้งานมากกว่า ๒๐ ปี ส่งผลให้อุณหภูมิของตู้ไม่คงที่ อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์บีโอดีได้

๙.๒ เนื่องจากตู้ควบคุมอุณหภูมิสามารถรองรับขวดบีโอดีได้จำนวนจำกัด ในการศึกษาครั้งนี้จึงจำเป็นต้องใช้ขวดบีโอดีขวดเดียวกันในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีทั้ง ๒ วิธี โดยจะวิเคราะห์ด้วยเครื่องดีไอมิเตอร์ก่อน แล้วจึงนำขวดดังกล่าวไปวิเคราะห์ค่าบีโอดีด้วยวิธีเฮไลต์โมติฟิเคชัน ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

๑๐. ข้อเสนอแนะ

๑๐.๑ ขั้นตอนการเติมน้ำเจือจางลงในขวดบีโอดี ต้องค่อยๆ รินน้ำเจือจางใส่ขวด โดยจะต้องระวังไม่ให้มีฟองอากาศในขวดบีโอดี หลังจากปิดจุกให้สนิทแล้ว ต้องตรวจสอบว่ามีน้ำหล่อที่ปากขวดและควรตรวจสอบทุกวันอย่าให้น้ำแห้งถ้าแห้งต้องเติมน้ำหล่อปากขวดไว้ หรือใช้ฝาพลาสติกครอบป้องกันน้ำระเหย เพื่อป้องกันการสูญเสียออกซิเจน

๑๐.๒ ต้องสอบเทียบเครื่องดีไอมิเตอร์และตรวจเช็คสภาพของเมมเบรน ทุกครั้งที่ใช้งาน

๑๐.๓ พัฒนาขีดความสามารถของบุคลากรโดยการส่งไปฝึกอบรม ศึกษานเพื่อเพิ่มพูนความรู้ทางด้านวิชาการ เทคนิคหรือเทคโนโลยีใหม่ๆ สามารถนำมาใช้ในการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(นางสาวรัศมีลภัส อัจฉริยานุกุล)

ผู้ขอรับการประเมิน

(วันที่)...../...../.....

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง

...../...../.....

ลงชื่อ

(.....)

ตำแหน่ง.....

...../...../.....

ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

...../...../.....

ข้อเสนอ แนวคิด วิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ของ นางสาวศรัสมิ์ลภัส อัจฉรียานุกุล

เพื่อประกอบการแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ (ตำแหน่งเลขที่ สจน.๑๕)
สังกัด กลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ส่วนวิชาการจัดการคุณภาพน้ำ สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ
สำนักการระบายน้ำ

เรื่อง การศึกษาการวิเคราะห์บีโอดีโดยใช้อุลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันกรุงเทพมหานคร มีการขยายตัวของเมืองทำให้จำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง และระบบบำบัดน้ำเสียที่ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกรุงเทพมหานคร ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับแหล่งน้ำและน้ำเสีย ที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นตามไปด้วย ดูได้จากการที่มีเรื่องร้องเรียนเกี่ยวกับปัญหาน้ำเน่าเสียที่มีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งกรุงเทพมหานครได้ให้ความสำคัญกับเรื่องนี้เป็นอย่างมาก โดยให้ทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องช่วยกัน ฟื้นฟู รักษา พัฒนาแหล่งน้ำสาธารณะ ให้ดีขึ้น ทำให้ต้องมีการติดตาม ตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่อง การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ต่างๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้เป็นเครื่องมือการตรวจสอบและติดตามคุณภาพน้ำ

บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ติดตามหรือประเมินประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิธี อีกทั้งยังเป็นพารามิเตอร์หนึ่งซึ่งบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำต่างๆ การทราบค่าที่แน่นอนและรวดเร็วจะช่วยให้สามารถติดตามและแก้ไขระบบบำบัดได้อย่างทันท่วงที แต่วิธีการวิเคราะห์ BOD ของน้ำเสียตามมาตรฐานซึ่งกำหนดไว้ใน Standard Method for the Examination of Water and Wastewater ๒๐ th Edition ๑๙๙๘ จะต้องใช้เวลานานไม่น้อยกว่า ๕ วัน มีขั้นตอนในการทำหลายขั้นตอน อีกทั้งยังสิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายมาก ในการวิเคราะห์รวมถึงของเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์โดยวิธีนี้จะมีปริมาณมาก การวิเคราะห์บีโอดีโดยอาศัยเทคโนโลยีทางด้านอุลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งได้มีการค้นคว้าและวิจัยมาก่อนหน้านี้จึงเป็นทางเลือกในการวิเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และลดการสูญเสีย เพราะเป็นวิธีที่ใช้สารเคมีปริมาณน้อยและให้ผลรวดเร็ว ซึ่งเป็นการลดปริมาณของเสีย ณ จุดกำเนิดของเสียได้อีกทางหนึ่งด้วย

หลักการวิเคราะห์ BOD ด้วยวิธี Ultraviolet Absorption (UV Absorption)

สารที่พบอยู่ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงได้แตกต่างกันทำให้มีนักวิทยาศาสตร์สนใจหันมาประยุกต์ใช้หลักการดูดกลืนคลื่นแสงนี้ในการวิเคราะห์ทางเคมี หากจะกล่าวถึงการดูดกลืนแสง สามารถจำแนกออกได้เป็นหลายช่วงแสงตามค่าความยาวคลื่นซึ่งจะมีช่วง Y-Rays, X-Rays, Visible-Ultraviolet, Infrared และ Microwave เป็นต้น ซึ่งช่วงที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นช่วง Visible และช่วง Ultraviolet คือช่วงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ประมาณ ๑๙๐-๙๐๐ นาโนเมตร ซึ่งสารส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นสารอินทรีย์ สารประกอบเชิงซ้อน หรือสารอนินทรีย์สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ทั้งทางคุณภาพวิเคราะห์ และปริมาณวิเคราะห์

โดยหลักการของการดูดกลืนแสง คือ เมื่อให้ลำแสงที่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในวัตถุใสจะพบว่า แสงบางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนเกิดการสะท้อน บางส่วนเกิดการกระเจิง บางส่วนเกิดการผ่านทะลุออกไป ส่วนของสเปกตรัมที่หายไปเมื่อมีแสงผ่านทะลุจะเรียกว่า Absorption Spectrum พลังงานที่ถูกดูดกลืนไปนั้น จะทำให้โมเลกุลหรืออะตอมเปลี่ยนระดับของพลังงานจากสถานะพื้น (Ground state) ไปยังสถานะกระตุ้น (Excited state)

ตามธรรมชาติของน้ำเสียที่พบส่วนใหญ่มักพบสารอินทรีย์ที่ประกอบไปด้วยไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และสารอินทรีย์ประเภท aromatic อื่นๆ ส่วนสารอนินทรีย์นั้นประกอบไปด้วยคลอไรด์ โลหะหนักและ สารเป็นพิษอื่นๆ สารประกอบซึ่งให้ค่า BOD ได้นั้น ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์คาร์บอน สารประกอบ ไนโตรเจนที่ถูกออกซิไดส์ได้ และสารอนินทรีย์ที่ถูกรีดิวส์ เช่น เหล็กเฟอร์รัสและสารประกอบซัลเฟอร์ ค่าการ ดูดกลืนแสง UV ของตัวอย่างจะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับลักษณะทางเคมีของตัวอย่างนั้น ความสามารถในการ ดูดกลืนรังสี UV ของสารอินทรีย์นั้น ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทาง electronic ของสารนั้น สารอินทรีย์แต่ละตัวนั้น จะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นที่แน่นอนในทอมของ λ_{max} ตัวอย่างเช่น กรดอะซิติก จะมีค่า λ_{max} ที่ ๒๐๔ นาโนเมตร ในขณะที่ฟีนอลมีค่า λ_{max} ที่ ๒๑๐ นาโนเมตร เนื่องจากใน effluent นั้น ประกอบไปด้วยสารประกอบต่างๆ มากมายในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ดังนั้นค่า λ_{max} จึงเปลี่ยนแปลงไปขึ้นกับ ชนิดของ effluent และการบำบัดก่อนหน้านั้น

สารอินทรีย์บางตัวที่โดยปกติพบในน้ำและน้ำเสียเช่น lignin, tannin, humic และสารประกอบ อะโรมาติกหลายชนิดสามารถดูดกลืนแสงในช่วง UV ได้ดี ค่าการดูดกลืนแสง UV นั้นจะใช้ในการหาปริมาณ สารอินทรีย์ในน้ำสะอาด น้ำเค็มและน้ำเสีย โดยที่ค่าการดูดกลืนแสงจะแปรตามปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน สี trihalomethane และ by-product ที่เกิดจากขบวนการฆ่าเชื้อ ค่าการดูดกลืนแสง UV ยังใช้ในการติดตาม น้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม ใช้ประเมินประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในขบวนการ coagulation, carbon absorption และกระบวนการบำบัดน้ำอื่นๆ ค่าการดูดกลืนแสงที่เฉพาะแต่ละความ ยาวคลื่นและอัตราส่วนการดูดกลืนแสง UV ต่อความเข้มข้นของสารอินทรีย์คาร์บอนจะใช้ในการบ่งบอก ลักษณะของสารอินทรีย์นั้นๆ และถึงแม้ว่าค่าการดูดกลืนแสง UV จะใช้ในการหาปริมาณที่แน่นอนของ สารอินทรีย์ภายหลังจากขบวนการแยกเช่นใช้ HPLC แต่วิธีที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ไม่เหมาะในการหาปริมาณ ความเข้มข้นของสารในปริมาณน้อยๆ วิธีนี้จะใช้ในการบอกถึงค่าการดูดกลืนแสงโดยรวมของสารอินทรีย์

โดยข้อจำกัดการตรวจวัด (limit of detection) ของการวิเคราะห์คือค่าความเข้มข้นที่น้อยที่สุด ที่วัดได้นั้น ไม่สามารถบอกได้แน่นอนเนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่เฉพาะเจาะจง สำหรับการวัดค่าที่ถูกต้องแน่นอน นั้น ควรเลือกความกว้างของเซลล์ให้สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงให้อยู่ในช่วง ๐.๐๐๕ - ๐.๙๐๐ หากตัวอย่าง วัดค่าการดูดกลืนแสงได้สูง ให้ใช้วิธีการเจือจางตัวอย่าง ความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่วัดได้นั้น ขึ้นอยู่กับ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง สิ่งสำคัญที่รบกวนการวัดค่าการดูดกลืนแสง UV ก็คืออนุภาคที่อยู่ใน ตัวอย่าง การดูดกลืนแสง UV ของสารอินทรีย์ตัวอื่นนอกเหนือจากที่เราสนใจ ค่าการดูดกลืนแสง UV ของ สารอนินทรีย์ เช่น เหล็กเฟอร์รัส (ferrous iron), ไนเตรต (nitrate), ไนไตรต์ (nitrite) และ โบรมไนด์ (bromide) รวมถึงสารออกซิไดส์และสารรีดิวส์เช่น ozone, chlorate, chlorite, chloramine และ thiosulfate ก็สามารถดูดกลืนแสง UV ที่ความยาวคลื่น ๒๕๓.๗ นาโนเมตรได้ แต่ในน้ำธรรมชาติและน้ำใน กระบวนการผลิตน้ำดื่มส่วนใหญ่พบว่าปราศจากสารเหล่านี้

การแก้ค่าการดูดกลืนแสง โดยการแก้ค่าการดูดกลืนของสารรบกวนนั้น สามารถทำได้แต่หาก ค่าที่ใช้ในการแก้ นั้นมากกว่า 10% ของค่าการดูดกลืนแสงรวม ให้เลือกใช้ความยาวคลื่นอื่นหรือวิธีอื่นแทน เนื่องจากการดูดกลืนแสงโดยสารอินทรีย์นั้นจะเปลี่ยนไปที่ pH ต่ำกว่า 4 และสูงกว่า 10 จึงควรหลีกเลี่ยงช่วง เหล่านี้ การสแกนตัวอย่างที่ 200 - 400 นาโนเมตร จะทำให้สามารถหาสิ่งที่รบกวนได้ ลักษณะเฉพาะของภาพ สแกนการดูดกลืนแสงของสารอินทรีย์นั้นจะเป็นเส้นโค้งที่ไม่มีลักษณะเด่นนักโดยค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้น เมื่อความยาวคลื่นลดลง กราฟที่มีค่าการดูดกลืนแสงที่เป็นพีคและมีลักษณะผิดปกตินั้นอาจจะบอกได้ว่ามาจาก สารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ปนเปื้อนอื่นๆ เนื่องจากสารอินทรีย์จำนวนมากในน้ำและน้ำเสีย (เช่น carboxylic

acid และ carbohydrate) นั้นไม่ดูดกลืนแสงในช่วง UV จึงให้หาความสัมพันธ์ของการดูดกลืนแสง UV กับค่า dissolved organic carbon (DOC) หรือค่า soluble chemical oxygen demand (COD) แต่อย่างไรก็ดีให้ใช้ค่าเหล่านี้อย่างระมัดระวัง เนื่องจากค่าเหล่านี้ จะเปลี่ยนไปในน้ำแต่ละชนิด ในน้ำชนิดเดียวกันอาจจะเปลี่ยนไปตามเวลา และเปลี่ยนไปในน้ำก่อนการบำบัดและน้ำหลังจากการบำบัด นอกจากนี้การออกซิเดชันทางเคมี (เช่น การเติมโอโซนหรือคลอรีน) ของสารอินทรีย์อาจลดค่าการดูดกลืนแสง UV หากไม่ได้มีการกำจัดสารอินทรีย์ก่อน และอาจทำให้ค่าความสัมพันธ์เปลี่ยนแปลงไป และเนื่องจากค่าการดูดกลืนแสง UV และค่าที่สัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสงเป็นค่าเฉพาะในแต่ละตัวอย่างจึงอาจจะไม่สามารถเปรียบเทียบค่าที่ได้จากน้ำชนิดหนึ่งกับน้ำอีกชนิดหนึ่งได้^(๘)

สำหรับเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องมือ พื้นฐานทั่วไปที่นิยมใช้ในการตรวจวัดและการติดตาม ตรวจสอบคุณภาพของน้ำเสียซึ่งมีความสะดวกและรวดเร็ว สำหรับช่วงความยาวคลื่นที่สามารถดูดกลืนแสงของสารประกอบอินทรีย์ได้ดี คือ ช่วงความถี่ของแสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่น ๒๕๔ นาโนเมตร ในสวนของการใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตนั้นเป็นวิธีการตรวจวัดทางตรง โดยไม่ต้องใช้สารเคมีในการวิเคราะห์ มีการแสดงผลได้อย่างรวดเร็วและมีวิธีการที่เข้าใจง่ายและเหมาะสมสำหรับผู้ปฏิบัติงาน^(๙)

วัตถุประสงค์และหรือเป้าหมาย

๑. เพื่อประเมินประสิทธิภาพการวิเคราะห์บีโอดีโดยใช้อุลตราไวโอเล็ตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน
๒. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์บีโอดีเบื้องต้นในกรณีมีเรื่องร้องเรียนและกรณีจำเป็นเร่งด่วน
๓. เพื่อลดระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์บีโอดีเบื้องต้นในกรณีมีเรื่องเร่งด่วน

กรอบการวิเคราะห์ แนวคิด ข้อเสนอ

กลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ เป็นหน่วยงานที่วิเคราะห์ วิจัย ติดตาม เฝ้าระวังคุณภาพน้ำและตะกอนในแหล่งน้ำสาธารณะ รวมถึงให้บริการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำและตะกอน ทั้งภาคเอกชนและภาคราชการ และเป็นหน่วยงานแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำเร่งด่วน ซึ่งการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีเป็นพารามิเตอร์หลักที่สำคัญที่ใช้ตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของแหล่งน้ำนั้นๆ แต่การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี ต้องใช้ระยะเวลาอย่างน้อย ๕ วัน ถึงจะทราบผล เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว ลดต้นทุนแต่เพิ่มประสิทธิภาพ ลดปริมาณของเสีย และช่วยแก้ไขปัญหาในกรณีมีความจำเป็นเร่งด่วน ดังนั้น ผู้ขอรับการประเมินจึงมีแนวคิดที่ในการศึกษาการวิเคราะห์บีโอดีโดยใช้อุลตราไวโอเล็ตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ

๑. การศึกษาการวิเคราะห์บีโอดีโดยใช้อุลตราไวโอเล็ตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน
 - ทบทวนงานวิจัยที่เคยมีผู้ทำการศึกษาไว้แล้ว
 - ๒. เก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน
 - วิเคราะห์หาค่าบีโอดีในแหล่งน้ำสาธารณะ ด้วยวิธี ๕ days-BOD วิธีทำให้เจือจาง โดยวิธีการตามมาตรฐานที่ระบุไว้ใน Standard Method for the Examination of Water and Wastewater ๒๐ th Edition ๑๙๙๘ และดำเนินการวัดหาค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้อุลตราไวโอเล็ตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ ๒๐๐-๔๐๐ นาโนเมตร
 - วิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบค่าบีโอดีที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานกับการวิเคราะห์ค่าบีโอดีด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
 - ทำการประเมินประสิทธิภาพความน่าเชื่อถือ

๓. จัดทำรายงานเพื่อสรุปผลการทดลองดังกล่าว

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

๑. สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ปีโอติเบื้องต้น ในกรณีมีเรื่องเร่งด่วน
๒. สามารถนำผลการวิเคราะห์ปีโอติ ไปใช้แก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำเสียเบื้องต้นได้

ตัวชี้วัดความสำเร็จ

๑. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ สามารถวิเคราะห์หาค่าปีโอติเบื้องต้น โดยใช้ชุดร้าวไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ได้
๒. หน่วยงานสามารถนำผลการวิเคราะห์ปีโอติโดยใช้ชุดร้าวไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ไปใช้แก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำเสียในกรณีเร่งด่วนได้
๓. สามารถลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ปีโอติจาก ๕ วัน เหลือเพียง ๑ วันได้

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้ขอรับการประเมิน
...../...../.....

เอกสารอ้างอิง

- (๑) ห้องปฏิบัติการสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ ๖ นนทบุรี, ๒๕๕๔. คู่มือทดสอบตัวอย่างน้ำ.
- (๒) สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ๒๕๔๙. ตำราบำบัดมลพิษน้ำ.
- (๓) มั่นสิน ตันทุลเวศม์, ๒๕๔๓. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- (๔) กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, ๒๕๔๑. ศัพท์บัญญัติและนิยามน้ำเสีย
- (๕) สำนักพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ, ๒๕๔๙. สถิติสำหรับงานวิเคราะห์ทดสอบและวิจัย.
- (๖) American Public Health Association (APHA), ๑๙๙๘. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water ๒๐th edition.
- (๗) ทองจุล ชันขาว, ๒๕๕๗. การทดสอบ t-test แบบ Dependent ด้วย Microsoft Excel ๒๐๑๐ และการแปรผล. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๑๘ ธันวาคม ๒๕๖๒ จาก <http://www.thongjoon.com/๒๐๑๔/๐๘/t-test-dependent-excel-๒๐๑๐.html>.
- (๘) สิทธิชัย ฉันทเฉลิมพรและคณะ, ๒๕๔๘. การประเมินวิธีการติดตามคุณภาพของแหล่งน้ำ และน้ำทิ้งโดยใช้อุลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- (๙) ศรีสุรัตน์ เหลืองอักษรและคณะ, ๒๕๕๐. การศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดค่าไอดีและหรือค่าซีไอดีแบบออนไลน์ เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ กับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐานของน้ำทิ้งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ภาคผนวก

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ค่าบีโอดีด้วยวิธีเมมเบรนอิเล็กทรอนิกส์กับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรเมตริกซ์

ภาคผนวก ก

การทดสอบค่า สถิติ T-Test ของสารละลายมาตรฐานกลูโคส-กรดกลูตามิก

ผลการตรวจวัดค่าบีโอดีวิธีเมมเบรนอิเล็กทรอนิกส์กับวิธีไฮโดรเมตริกซ์ ของสารละลายมาตรฐานกลูโคส-กรดกลูตามิก แสดงดังตาราง

สารละลายมาตรฐาน กลูโคส-กรดกลูตามิก	DO ₀		DO ₅	
	วิธีไฮโดรเมตริกซ์	วิธีเมมเบรน	วิธีไฮโดรเมตริกซ์	วิธีเมมเบรน
ครั้งที่ ๑	๗.๔	๗.๕	๓.๖	๓.๘
ครั้งที่ ๒	๘.๕	๘.๔	๔.๖	๔.๗
ครั้งที่ ๓	๘.๐	๗.๙	๔.๑	๔.๐
ครั้งที่ ๔	๗.๓	๗.๗	๓.๓	๓.๔
ครั้งที่ ๕	๘.๐	๘.๐	๔.๒	๔.๐
ครั้งที่ ๖	๗.๖	๗.๕	๓.๘	๓.๖
ครั้งที่ ๗	๗.๘	๗.๖	๓.๙	๓.๗
ครั้งที่ ๘	๗.๙	๗.๗	๔.๑	๔.๑
ครั้งที่ ๙	๗.๙	๗.๕	๓.๕	๓.๔
ครั้งที่ ๑๐	๘.๐	๗.๘	๔.๐	๔.๒
ครั้งที่ ๑๑	๘.๑	๗.๙	๓.๘	๓.๖
ครั้งที่ ๑๒	๗.๗	๗.๑	๓.๖	๓.๕
ครั้งที่ ๑๓	๘.๔	๘.๒	๔.๖	๔.๔
ครั้งที่ ๑๔	๗.๕	๗.๗	๓.๕	๓.๖
ครั้งที่ ๑๕	๗.๗	๘.๐	๓.๘	๓.๗
ครั้งที่ ๑๖	๘.๐	๗.๗	๓.๘	๓.๗
ครั้งที่ ๑๗	๘.๐	๗.๘	๓.๗	๓.๖
ครั้งที่ ๑๘	๗.๘	๘.๐	๔.๒	๔.๓
ครั้งที่ ๑๙	๗.๘	๗.๙	๔.๐	๔.๒
ครั้งที่ ๒๐	๗.๓	๗.๕	๓.๕	๓.๕
t-stat	๑.๔๘			
t-critical two-tail	๒.๐๒			
P (two tail)	๐.๑๕			
ระดับนัยสำคัญ ๙๕% ($\alpha=๐.๐๕$)	๐.๐๕			

ผลการตรวจวัดค่าบีโอดีวิธีเมมเบรนอิเล็กทรอนิกส์กับวิธีไฮโดรเมติฟิเคชั่น ของสารละลายมาตรฐาน
 กลูโคส-กรดกลูตามิก แสดงดังตาราง

สารละลายมาตรฐาน กลูโคส-กรดกลูตามิก	BOD		เกณฑ์การยอมรับ ๑๙๘ ± ๓๐.๕
	วิธีไฮโดรเมติฟิเคชั่น	วิธีเมมเบรน	
ครั้งที่ ๑	๑๙๐	๑๘๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๒	๑๙๕	๑๘๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๓	๑๙๕	๑๙๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๔	๒๐๐	๒๑๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๕	๑๙๐	๒๐๐	ผ่าน
ครั้งที่ ๖	๑๙๐	๑๙๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๗	๑๙๕	๑๙๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๘	๑๙๐	๑๘๐	ผ่าน
ครั้งที่ ๙	๒๒๐	๒๐๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๑๐	๒๐๐	๑๘๐	ผ่าน
ครั้งที่ ๑๑	๒๑๕	๒๑๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๑๒	๒๐๕	๑๘๐	ผ่าน
ครั้งที่ ๑๓	๑๙๐	๑๙๐	ผ่าน
ครั้งที่ ๑๔	๒๐๐	๒๐๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๑๕	๑๙๕	๒๑๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๑๖	๒๑๐	๒๐๐	ผ่าน
ครั้งที่ ๑๗	๒๑๕	๒๑๐	ผ่าน
ครั้งที่ ๑๘	๑๘๐	๑๘๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๑๙	๑๙๐	๑๘๕	ผ่าน
ครั้งที่ ๒๐	๑๙๐	๒๐๐	ผ่าน
t-stat		๐.๖๙	
t-critical two-tail		๒.๐๙	
P (two tail)		๐.๕๐	
ระดับนัยสำคัญ ๙๕% ($\alpha=๐.๐๕$)		๐.๐๕	

ภาคผนวก ข

การทดสอบค่า สถิติ T-Test ของน้ำคลอง จำนวน ๑๖๐ ตัวอย่าง

ผลการตรวจวัดค่าดีไอวีซีเอ็มเบรนาอิเล็กทรอนิกส์กับวีซีเอ็มดีพีเคชั่น ในน้ำคลอง จำนวน ๑๖๐

ตัวอย่าง แสดงดังตาราง

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	DO ₀		DO ₅	
		วีซีเอ็ม	ดีไอวี	วีซีเอ็ม	ดีไอวี
๑	คลองคูเมืองเดิม/ปตร.ราชินี (๐๑๒)	๖.๒	๖.๒	๓.๔	๓.๔
๒	คลองคูเมืองเดิม/หน้ากรมที่ดิน (๐๑๓)	๗.๐	๖.๘	๔.๗	๔.๕
๓	คลองคูเมืองเดิม/อนุสาวรีย์แม่ธรณีมวยผม (๐๑๔)	๗.๔	๗.๔	๕.๔	๕.๕
๔	คลองคูเมืองเดิม/ปตร.พระปิ่นเกล้า (๐๑๕)	๗.๙	๗.๘	๕.๕	๕.๗
๕	คลองหลอดวัดราชนัดดา/หลัง กทม.๑ (๐๒๑)	๖.๘	๗.๐	๔.๕	๔.๗
๖	คลองหลอดวัดราชบพิศ/ถ.ตีทอง (๐๓๑)	๗.๒	๗.๔	๕.๒	๕.๒
๗	คลองรอบกรุง/สะพานผ่านฟ้า (๐๔๑)	๗.๓	๗.๓	๔.๕	๔.๗
๘	คลองรอบกรุง/หลังตลาดนานา (๐๔๒)	๗.๑	๗.๓	๔.๑	๔.๑
๙	คลองรอบกรุง/ปตร.บางลำพู (๐๔๓)	๖.๘	๗.๐	๓.๙	๔.๐
๑๐	คลองรอบกรุง/ปตร.โอบอ่าง (๐๕๑)	๗.๕	๗.๕	๕.๒	๕.๓
๑๑	คลองรอบกรุง/สะพานดำรงสถิต (๐๕๒)	๖.๕	๖.๖	๓.๗	๓.๖
๑๒	คลองรอบกรุง/สะพานสมมตอมรรมาศ (๐๕๓)	๗.๑	๗.๐	๔.๙	๔.๘
๑๓	คลองลาดพร้าว/สน.วังทองกลาง (๑๘๐)	๗.๒	๗.๓	๒.๕	๒.๕
๑๔	คลองพลับพลา/สถานีสูบน้ำคลองพลับพลา (๑๗๐๑)	๗.๑	๗.๓	๑.๙	๒.๐
๑๕	คลองพลับพลา/ประตูคลื่นวิทยุแพทย์ฯ (๑๗๐๒)	๗.๓	๗.๖	๔.๘	๔.๘
๑๖	คลองพลับพลา/ลานจอดรถคลื่นวิทยุแพทย์ฯ (๑๗๐๓)	๗.๒	๗.๓	๕.๐	๕.๑
๑๗	คลองพลับพลา/หลังหมู่บ้านพลับพลา (๑๗๐๔)	๗.๒	๗.๕	๒.๕	๒.๖
๑๘	คลองพลับพลา/หลัง สน.วังทองกลาง (๑๗๐๕)	๖.๙	๗.๒	๒.๓	๒.๓
๑๙	คลองตาป่วน/ตรงข้ามคลื่นวิทยุแพทย์ฯ (๑๗๑๑)	๖.๗	๖.๘	๑.๔	๑.๔
๒๐	คลองสิเบียด/ถ.คลองสิเบียด สะพานคลองสิเบียด (๙๖๑)	๖.๘	๗.๑	๕.๕	๕.๔
๒๑	คลองหวังโต/ถ.มิตรไมตรี ชุมชนหนองจอก (๙๗๑)	๗.๓	๗.๒	๕.๒	๕.๒
๒๒	คลองบึงแดง/ถ.มิตรไมตรี ม.เค.ซี. การ์เด็น (๙๘๑)	๗.๑	๗.๑	๕.๐	๕.๐
๒๓	คลองลำต้นกล้วย/ถ.มิตรไมตรี (๙๙๑)	๖.๖	๖.๗	๕.๔	๕.๔
๒๔	คลองบึงไผ่/ถ.ประชาร่วมใจ (๑๗๘๑)	๖.๙	๖.๙	๔.๙	๕.๐
๒๕	คลองช่องนนทรี/ถ.นราธิวาสราชนครินทร์ (๑๔๑)	๖.๕	๖.๗	๒.๗	๒.๗
๒๖	คลองช่องนนทรี/ก่อนแยกสาทร (๑๔๓)	๗.๑	๗.๒	๓.๕	๓.๔
๒๗	คลองช่องนนทรี/หน้าโรงงานฯ ช่องนนทรี (๑๔๖)	๗.๓	๗.๖	๕.๒	๕.๑
๒๘	คลองบางเขน/ปตร.บางเขนเก่า (๕๑๑)	๖.๘	๗.๐	๕.๖	๕.๖

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	DO ₀		DO ₅	
		วิธีไฮโดรเมตริก	วิธีเมมเบรน	วิธีไฮโดรเมตริก	วิธีเมมเบรน
๒๙	วัดคลองบางเขน/ตทางหลวง (๕๑๒)	๗.๒	๗.๒	๔.๘	๔.๗
๓๐	คลองบางเขน/ข้างที่ถนนสถานบางเขน (๕๑๓)	๖.๙	๗.๐	๔.๔	๔.๔
๓๑	คลองบางเขน/ชุมชนบางบัว (๕๑๔)	๖.๘	๖.๙	๒.๑	๒.๐
๓๒	คลองบางเขน/ถ.วิภาวดี (๕๑๕)	๗.๐	๗.๑	๒.๙	๒.๙
๓๓	คลองบางเขนใหม่/ถ.พิบูลย์สงคราม (๕๑๖)	๗.๒	๗.๓	๔.๘	๔.๘
๓๔	คลองเตย/ปตร.คลองเตย (๖๑๑)	๗.๑	๗.๒	๓.๑	๓.๑
๓๕	คลองเตย/อาคารทวิซ (๖๑๒)	๗.๓	๗.๔	๒.๙	๒.๘
๓๖	คลองหัวลำโพง/หน้าเขตคลองเตย (๖๕๑)	๗.๓	๗.๔	๓.๕	๓.๕
๓๗	คลองมะนาว/ปตร.คลองมะนาว ถ.พระราม ๓ (๑๖๕๑)	๗.๒	๗.๓	๓.๒	๓.๑
๓๘	คลองบางเขน/ถ.วิภาวดี (๑๕๑)	๗.๒	๗.๓	๔.๖	๔.๕
๓๙	คลองสมเด็จพระเจ้าพระยา/สะพานทำดินแดง (๑๖๑)	๗.๓	๗.๑	๕.๒	๕.๒
๔๐	คลองสมเด็จพระเจ้าพระยา/หน้ารพ.สมเด็จพระเจ้าพระยา (๑๖๒)	๗.๐	๖.๙	๕.๒	๕.๒
๔๑	คลองบางน้ำชัน/ถ.เจริญนคร (๑๙๑)	๗.๕	๗.๕	๖.๓	๖.๒
๔๒	คลองสำเหร่/ถ.เจริญนคร (๒๙๑)	๗.๔	๗.๔	๔.๙	๔.๙
๔๓	คลองสนามชัย/วัดสิงห์ (๔๓๑)	๗.๑	๗.๑	๕.๘	๕.๗
๔๔	คลองสนามชัย/วัดเลา (๔๓๒)	๖.๔	๖.๖	๓.๔	๓.๓
๔๕	คลองขุนราชพินิจใจ/ปตร.รางสะแก (๔๕๒)	๗.๐	๗.๐	๕.๐	๕.๑
๔๖	คลองเชิงตาแพ/ปตร.เชิงตาแพ (๔๗๑)	๖.๘	๗.๐	๔.๔	๔.๕
๔๗	คลองตันไทร/ถ.เจริญนคร ๑๗ (๖๓๑)	๖.๘	๖.๙	๕.๑	๕.๒
๔๘	คลองวัดทองเปลง/วัดทองเปลง (๖๔๑)	๗.๓	๗.๓	๕.๗	๕.๖
๔๙	คลองวัดทองเปลง/ถ.เจริญนคร (๖๔๒)	๗.๐	๗.๒	๕.๗	๕.๖
๕๐	คลองบางลำภูกลาง/วัดเศวตฉัตร(คลองसान) (๗๙๑)	๖.๕	๖.๗	๕.๕	๕.๔
๕๑	คลองภาษีเจริญ/ร.ร.วัดรางบัว (๒๒๑)	๗.๑	๗.๓	๖.๒	๖.๓
๕๒	คลองมหาศร/ถ.เลียบคลองภาษีเจริญ ซ. ๕ (๑๖๖๑)	๗.๕	๗.๕	๖.๔	๖.๕
๕๓	คลองมหาศร/ซอยเพชรเกษม ๑๑๒ (๑๖๖๓)	๗.๒	๗.๓	๕.๘	๖.๐
๕๔	คลองบางจาก/แยกเดอะมอลล์บางแค (๑๖๗๑)	๗.๖	๗.๖	๖.๔	๖.๗
๕๕	คลองบางจาก/พุทธมณฑลสาย ๒ (๑๖๗๒)	๖.๗	๖.๙	๕.๒	๕.๔
๕๖	คลองตาพุก/ถ.ลาดกระบัง (๑๑๘๑)	๖.๔	๖.๖	๐.๗	๐.๕
๕๗	คลองหนองตะกั่ว/ถ.ลาดกระบัง (๑๒๑๑)	๗.๖	๗.๖	๕.๗	๕.๙
๕๘	คลองหนองคา/หมู่บ้านมณีสินี (๑๒๒๑)	๗.๑	๗.๔	๕.๗	๕.๙
๕๙	คลองลำสาสี/ถ.กรุงเทพกรีฑา (๑๔๕๑)	๖.๘	๗.๐	๓.๑	๓.๑

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	DO ₀		DO ₅	
		วิธีไฮโดร	วิธีเมมเบรน	วิธีไฮโดร	วิธีเมมเบรน
๖๐	คลองบ้านม้า/ถ.รามคำแหง (๑๕๗๒)	๗.๔	๗.๕	๖.๑	๖.๓
๖๑	คลองพระโขนง/ปตร.พระโขนง (๒๗๑)	๖.๗	๖.๙	๒.๙	๓.๐
๖๒	คลองพระโขนง/ถ.สุขุมวิท (๒๗๒)	๗.๐	๗.๒	๓.๔	๓.๔
๖๓	คลองประเวศบุรีรมย์/หน้าวัดลานบุญ (๔๖๑)	๖.๗	๗.๐	๔.๓	๔.๔
๖๔	คลองสองต้นนุ่น/ถ.ร่มเกล้า (๗๘๑)	๗.๐	๗.๒	๕.๑	๕.๐
๖๕	คลองวัดราชา/วัดราชา (๘๐๑)	๖.๙	๖.๘	๔.๖	๔.๔
๖๖	คลองแจ็ก/ช.รามคำแหง ๑๔๙ (๘๖๑)	๗.๗	๗.๗	๕.๕	๕.๓
๖๗	คลองหล่อแหล/ช.รามคำแหง ๑๖๒ (๘๗๒)	๗.๓	๗.๔	๖.๒	๖.๑
๖๘	คลองหล่อแหล/ช.รามคำแหง ๑๖๒ (๘๗๓)	๖.๙	๗.๑	๓.๔	๓.๔
๖๙	คลองบางชัน/ถ.รามคำแหง (๘๘๑)	๖.๙	๗.๑	๔.๓	๔.๑
๗๐	คลองลาดบัวขาว/ถ.ราษฎร์พัฒนา (๘๙๑)	๖.๘	๗.๐	๔.๔	๔.๔
๗๑	คลองลาดบัวขาว/วัดลาดบัวขาว (๘๙๒)	๖.๙	๗.๒	๓.๙	๓.๙
๗๒	คลองลำนายโส/ถ.ราษฎร์พัฒนา (๙๐๑)	๖.๙	๗.๒	๔.๕	๔.๓
๗๓	คลองลำนายโส/วัดปากบึง (๙๐๒)	๗.๐	๗.๓	๕.๐	๔.๘
๗๔	คลองบึงขวาง/ชุมชนพัฒนาบึงขวาง (๙๑๑)	๗.๒	๗.๕	๕.๖	๕.๔
๗๕	คลองซุง/ใต้สะพานพระราม ๖ (๑๐๔๑)	๗.๕	๗.๔	๖.๑	๖.๑
๗๖	คลองบางซื่อน/ถ.ประชาราษฎร์สาย ๑ (๑๐๕๑)	๗.๒	๗.๕	๕.๓	๕.๓
๗๗	คลองบางโพธิ์ขวาง/ถ.ประชาราษฎร์สาย ๑ (๑๐๖๑)	๗.๐	๗.๐	๖.๑	๕.๗
๗๘	คลองบางมด/วัดยายร่ม (๑๗๖๑)	๖.๗	๖.๙	๔.๓	๔.๑
๗๙	คลองบางมด/ช.พุทธบูชา ๒๔ (๑๗๖๒)	๖.๘	๗.๒	๔.๓	๔.๓
๘๐	คลองบางมด/วัดพุทธบูชา (๑๗๖๓)	๖.๗	๗.๐	๓.๙	๔.๐
๘๑	คลองบางมด/เลียบบวงแหวนฝั่งใต้ (๑๗๖๔)	๖.๘	๗.๑	๔.๘	๔.๗
๘๒	คลองบึงไฟ/ถ.ประชาร่วมใจ (๑๗๘๑)	๖.๙	๖.๙	๔.๙	๕.๐
๘๓	คลองเปรมประชากร/สี่แยกสะพานแดง (๑๑๒)	๗.๐	๗.๒	๓.๐	๒.๘
๘๔	คลองเปรมประชากร/ตลาดบางซื่อ (๑๑๓)	๗.๑	๖.๘	๒.๙	๒.๘
๘๕	คลองเปรมประชากร/ถ.งามวงศ์วาน (๑๑๔)	๗.๓	๗.๔	๕.๖	๕.๕
๘๖	คลองเปรมประชากร/วัดเสมียนนารี (๑๑๕)	๗.๑	๗.๐	๓.๘	๓.๘
๘๗	คลองเปรมประชากร/สะพานเกษะโกมล (๑๑๖)	๗.๒	๗.๒	๔.๕	๔.๓
๘๘	คลองเปรมประชากร/วัดเบญจมบพิตร (๑๑๗)	๗.๖	๗.๕	๕.๙	๕.๘
๘๙	คลองเปรมประชากร/ถ.แจ้งวัฒนะ (๑๑๘)	๖.๘	๖.๗	๓.๔	๓.๓
๙๐	คลองเปรมประชากร/ถ.เตชะकुงตะ (๑๑๙)	๗.๐	๗.๐	๔.๕	๔.๔
๙๑	คลองบึง/หน้าสำนักงานเขตสวนหลวง (๑๐๗๑)	๗.๒	๗.๓	๒.๙	๒.๘
๙๒	คลองสองห้อง/ถ.อ่อนนุช ใกล้ซอย ๖๑ (๑๐๘๑)	๗.๕	๗.๔	๔.๘	๔.๕

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	DO ₀		DO ₅	
		วิธีไฮโดร	วิธีเมมเบรน	วิธีไฮโดร	วิธีเมมเบรน
๙๓	คลองสองห้อง/ถ.เฉลิมพระเกียรติ ร.๙ (๑๐๘๒)	๗.๒	๗.๒	๕.๓	๕.๑
๙๔	คลองสองห้อง/หน้าโรงขยะอ่อนนุช (๑๐๘๓)	๗.๗	๗.๕	๔.๙	๔.๙
๙๕	คลองวัดกระท่อมเสื่อปลา/วัดกระท่อมเสื่อปลา (๑๐๙๑)	๗.๓	๗.๕	๕.๔	๕.๔
๙๖	คลองจรเข้ขบ/ถ.เฉลิมพระเกียรติ ร.๙ ซ.๗๙ (๑๑๐๑)	๖.๖	๖.๗	๔.๑	๔.๑
๙๗	คลองจรเข้ขบ/ถ.ลาดกระบัง ไต้ทางด่วน (๑๑๐๒)	๖.๙	๗.๑	๔.๕	๔.๔
๙๘	คลองหัวหมาก/ถ.อ่อนนุช (๑๑๗๑)	๗.๑	๗.๑	๓.๕	๓.๓
๙๙	คลองดาวคะนอง/ถ.เจริญนคร (๒๐๑)	๗.๓	๗.๒	๕.๖	๕.๔
๑๐๐	คลองดาวคะนอง/ถ.พระเจ้าตากสิน (๒๐๒)	๗.๐	๗.๒	๕.๕	๕.๔
๑๐๑	คลองแจรงร้อน/ถ.ราษฎร์บูรณะ (๓๑๑)	๗.๖	๗.๖	๔.๙	๔.๘
๑๐๒	คลองราษฎร์บูรณะ/ถ.ราษฎร์บูรณะ (๓๒๑)	๗.๑	๗.๓	๔.๓	๔.๒
๑๐๓	คลองราษฎร์บูรณะ/ถ.สุขสวัสดิ์ (๓๒๒)	๖.๘	๖.๘	๓.๗	๓.๕
๑๐๔	คลองบางปะแก้ว/ถ.ราษฎร์บูรณะ (๓๔๑)	๗.๐	๗.๑	๓.๕	๓.๗
๑๐๕	คลองบางปะแก้ว/ถ.สุขสวัสดิ์ (๓๔๒)	๖.๙	๗.๑	๓.๓	๓.๓
๑๐๖	คลองทวีวัฒนา/ถ.ปิ่นเกล้า-นครชัยศรี (๔๒๑)	๗.๓	๗.๒	๕.๕	๕.๓
๑๐๗	คลองทวีวัฒนา/แยกถ.เพชรเกษม ๖๙ (๔๒๒)	๗.๒	๗.๑	๕.๑	๕.๑
๑๐๘	คลองทวีวัฒนา/น.ศาลาแดง (๔๒๓)	๖.๗	๖.๗	๔.๘	๔.๘
๑๐๙	คลองควาย/ถ.พุทธมณฑลสาย ๒ (๘๔๑)	๗.๒	๗.๐	๕.๔	๕.๒
๑๑๐	คลองบัว/ถ.สวนผัก ๔๖ (๘๕๑)	๗.๐	๖.๙	๔.๙	๔.๙
๑๑๑	คลองบางน้ำชัน/ถ.พระเจ้าตากสิน (๑๙๒)	๗.๖	๗.๓	๖.๒	๖.๐
๑๑๒	คลองบางขุนเทียน/ทำน้ำวัดบางขุนเทียนนอก (๒๑๑)	๗.๓	๗.๑	๖.๒	๖.๒
๑๑๓	คลองบางขุนเทียน/ถ.พระรามที่ ๒ (๒๑๒)	๗.๒	๗.๐	๕.๓	๕.๑
๑๑๔	คลองจรเข้/ถ.วัชรพล ไต้ทางด่วน (๑๒๙๑)	๗.๑	๖.๙	๕.๓	๕.๒
๑๑๕	คลองสี่/ถ.สุวินทวงศ์ (๑๗๔๑)	๖.๖	๖.๓	๕.๕	๕.๔
๑๑๖	คลองบางละมุด/ตรงข้าม รร.เทคโนโลยีพระรามหก (๒๔๑)	๗.๖	๗.๕	๖.๕	๖.๔
๑๑๗	คลองบางรัก/ถ.เจริญสุขนิทวงศ์ (๔๙๑)	๗.๔	๗.๓	๖.๓	๖.๒
๑๑๘	คลองบางยี่ขัน/วัดพระศิริไอยสวรงค์ (๕๒๑)	๗.๕	๗.๔	๕.๖	๕.๔
๑๑๙	คลองบางยี่ขัน/ช.บรมราชชนนี ๒ (๕๒๓)	๗.๕	๗.๖	๕.๕	๕.๓
๑๒๐	คลองบางจาก/วัดเปาว์โลहित (๕๓๑)	๗.๖	๗.๖	๔.๓	๔.๓
๑๒๑	คลองบางพลู/วัดภาณุรังสี (๕๔๑)	๗.๔	๗.๒	๕.๙	๕.๘
๑๒๒	คลองบางพลัด/ถ.เจริญสุขนิทวงศ์ (๕๕๑)	๗.๕	๗.๔	๕.๘	๕.๗
๑๒๓	คลองพระครู/ถ.เจริญสุขนิทวงศ์ (๕๖๑)	๗.๔	๗.๓	๕.๕	๕.๕

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	DO ₀		DO ₅	
		วิธีไฮโดร	วิธีเมมเบรน	วิธีไฮโดร	วิธีเมมเบรน
๑๒๔	คลองหลุมไผ่/ถ.ลาดปลาเค้า (๕๘๑)	๗.๖	๗.๖	๕.๗	๕.๘
๑๒๕	คลองหลุมไผ่/ช. ลาดปลาเค้า ๕๓ (๕๘๒)	๗.๗	๗.๖	๖.๑	๖.๒
๑๒๖	คลองกุ่ม/หมู่บ้านสหกรณ์ (๕๙๑)	๗.๓	๗.๔	๒.๓	๒.๔
๑๒๗	คลองกุ่ม/ถ. สุขุมวิท ๒ (๕๙๒)	๗.๔	๗.๓	๔.๖	๔.๗
๑๒๘	คลองพังพวย/ถ. สุขุมวิท ๑ (๖๐๑)	๗.๖	๗.๕	๖.๐	๕.๙
๑๒๙	คลองพังพวย/หลังแฟลตคลองจั่น ช.๕๗ (๖๐๒)	๗.๓	๗.๒	๓.๔	๓.๓
๑๓๐	คลองผักหนาม/ช.จรัญฯ ๔๑ (๘๒๑)	๗.๖	๗.๕	๖.๔	๖.๐
๑๓๑	คลองบางบำหรุ/ช.จรัญฯ ๔๕ (๘๓๑)	๗.๘	๗.๗	๖.๐	๖.๑
๑๓๒	คลองครุ/ถ.เสรีไทย ๖๗ (๑๕๑๓)	๖.๙	๗.๑	๔.๙	๔.๙
๑๓๓	คลองลำกระโดง/ถ.ปัญญา-เนเจอร์ปาร์ค (๑๕๓๑)	๗.๔	๗.๖	๖.๓	๖.๓
๑๓๔	คลองระหัด/ถ.เสรีไทย ๕๗ (๑๕๕๑)	๗.๑	๗.๑	๔.๗	๔.๖
๑๓๕	คลองวัดดอน/ช. เจริญกรุง ๕๗ (๖๒๑)	๗.๒	๗.๓	๔.๘	๔.๙
๑๓๖	คลองกรวย/ช. เจริญกรุง ๗๑ (๖๖๑)	๗.๑	๗.๑	๔.๕	๔.๕
๑๓๗	คลองสวนหลวง/ปตร.สวนหลวง (๑๓๘๑)	๖.๙	๗.๐	๒.๐	๒.๐
๑๓๘	คลองสวนหลวง/ถ.พระราม ๓ (๑๓๙๑)	๗.๑	๗.๔	๓.๗	๓.๖
๑๓๙	คลองวัดจันทร์/หน้า สนข.บางคอแหลม (๑๔๐๑)	๗.๐	๗.๒	๕.๕	๕.๔
๑๔๐	คลองวัดไทร/ถ.พระราม ๓ วัดไทร (๑๔๓๑)	๗.๓	๗.๕	๖.๑	๕.๙
๑๔๑	คลองใหม่/ถ.พระราม ๓ (๑๔๖๑)	๗.๒	๗.๔	๕.๙	๕.๙
๑๔๒	คลองวัดปริวาส/ถ.พระราม ๓ (๑๔๗๑)	๗.๑	๗.๒	๓.๕	๓.๕
๑๔๓	คลองวัดดอกไม้/ถ.พระราม ๓ (๑๔๙๑)	๗.๑	๗.๓	๕.๖	๕.๕
๑๔๔	คลองโรงน้ำมัน/ถ.พระราม ๓ (๑๕๐๑)	๗.๒	๗.๓	๕.๒	๕.๑
๑๔๕	คลองบางนา/หน้ากรมอุตุนิยมหาวิทยาลัย (๒๘๑)	๗.๑	๗.๑	๔.๘	๔.๘
๑๔๖	คลองบางนา/สะพานบางนา (๒๘๒)	๗.๒	๗.๔	๕.๙	๕.๗
๑๔๗	คลองบางอ้อ/ถ.รถไฟสายเก่า (๑๓๓๑)	๗.๒	๗.๔	๓.๙	๓.๙
๑๔๘	คลองเจ๊ก/ถ.รถไฟสายเก่า (๑๓๔๑)	๖.๗	๗.๐	๓.๖	๓.๕
๑๔๙	คลองบ้านหลาย/ถ.อ่อนนุช (๑๓๕๑)	๗.๒	๗.๔	๔.๓	๔.๔
๑๕๐	คลองบ้านหลาย/ช.พื้งมี ๕๐ (๑๓๕๒)	๖.๘	๗.๐	๓.๓	๓.๔
๑๕๑	คลองเคล็ด/ถ.อ่อนนุช (๑๓๖๑)	๗.๔	๗.๖	๕.๙	๕.๙
๑๕๒	คลองเคล็ด/ถ.อุดมสุข (๑๓๖๒)	๗.๒	๗.๒	๔.๘	๔.๙
๑๕๓	คลองสามเสน/ปตร. สามเสน (๐๘๑)	๖.๙	๖.๙	๒.๘	๒.๕
๑๕๔	คลองสามเสน/วัดโบสถ์ (๐๘๒)	๗.๔	๗.๒	๔.๕	๔.๕
๑๕๕	คลองสามเสน/อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ (๐๘๓)	๗.๔	๗.๑	๔.๖	๔.๔
๑๕๖	คลองสามเสน/หลังแฟลตดินแดง (๐๘๕)	๗.๔	๗.๑	๔.๓	๔.๓

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	DO ₀		DO ₅	
		วิธีไฮดร่า	วิธีเมมเบรน	วิธีไฮดร่า	วิธีเมมเบรน
๑๕๗	คลองบางซื่อ/สะพานพิบูลย์สงคราม (๑๒๑)	๗.๗	๗.๔	๕.๗	๕.๔
๑๕๘	คลองบางซื่อ/ถ.พหลโยธิน (๑๒๒)	๖.๗	๗.๐	๕.๓	๕.๒
๑๕๙	คลองบางซื่อ/ถ.รัชดาภิเษก (๑๒๓)	๗.๐	๗.๐	๕.๔	๕.๔
๑๖๐	คลองมอญ/ถ.อรุณอัมรินทร์ (๒๕๑)	๗.๓	๗.๓	๕.๑	๕.๑
t-stat		๑.๔			
t-critical two-tail		๑.๙๗			
P (two tail)		๐.๑๖			
ระดับนัยสำคัญ ๙๕% ($\alpha=๐.๐๕$)		๐.๐๕			

ผลการตรวจวัดค่าบีโอดี วิธีเมมเบรนอิเล็กทรอนิกส์โทรดกับวิธีไฮโดรเมตริกซ์ ในน้ำคลอง จำนวน ๑๖๐ ตัวอย่าง แสดงดังตาราง

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	BOD	
		วิธีไฮโดรเมตริกซ์	วิธีเมมเบรน
๑	คลองคูเมืองเดิม/ปตร.ราชินี (๐๑๒)	๖	๖
๒	คลองคูเมืองเดิม/หน้ากรมที่ดิน (๐๑๓)	๕	๕
๓	คลองคูเมืองเดิม/อนุสาวรีย์แม่พระถนอม (๐๑๔)	๔	๔
๔	คลองคูเมืองเดิม/ปตร.พระปิ่นเกล้า (๐๑๕)	๕	๔
๕	คลองหลอดวัดราชนาคดา/หลัง กทม.๑ (๐๒๑)	๕	๕
๖	คลองหลอดวัดราชบพิธ/ถ.ตีทอง (๐๓๑)	๔	๔
๗	คลองรอบกรุง/สะพานผ่านฟ้า (๐๔๑)	๖	๕
๘	คลองรอบกรุง/หลังตลาดนานา (๐๔๒)	๖	๖
๙	คลองรอบกรุง/ปตร.บางลำพู (๐๔๓)	๖	๖
๑๐	คลองรอบกรุง/ปตร.โอง่าง (๐๕๑)	๕	๔
๑๑	คลองรอบกรุง/สะพานดำรงสถิต (๐๕๒)	๗	๘
๑๒	คลองรอบกรุง/สะพานสมมตอมรรมาศ (๐๕๓)	๔	๔
๑๓	คลองลาดพร้าว/สน.วังทองกลาง (๑๘๐)	๙	๑๐
๑๔	คลองพลับพลา/สถานีสูบน้ำคลองพลับพลา (๑๗๐๑)	๑๖	๑๖
๑๕	คลองพลับพลา/ประตูคลีนีคลินิก (๑๗๐๒)	๑๓	๑๔
๑๖	คลองพลับพลา/ลานจอดรถคลีนีคลินิก (๑๗๐๓)	๑๑	๑๑
๑๗	คลองพลับพลา/หลังหมู่บ้านพลับพลา (๑๗๐๔)	๑๒	๑๒
๑๘	คลองพลับพลา/หลัง สน.วังทองกลาง (๑๗๐๕)	๑๒	๑๒
๑๙	คลองตาปวน/ตรงข้ามคลีนีคลินิก (๑๗๑๑)	๑๖	๑๖
๒๐	คลองห้วยขวาง/ชุมชนห้วยขวาง (๑๗๑)	๖๓	๖๒
๒๑	คลองห้วยขวาง/ถ.สุทธิสารวินิจฉัย (๑๗๓)	๖๑	๖๒
๒๒	คลองห้วยขวาง/ถ.รัชดาภิเษก (๑๗๔)	๔๑	๔๒
๒๓	คลองห้วยขวาง/ถ.วัฒนธรรม (๑๗๕)	๓๒	๓๓
๒๔	คลองลาดพร้าว/ถ.ประชาอุทิศ (๑๘๑)	๑๒	๑๓
๒๕	คลองลาดพร้าว/ร.ร.พิบูลย์อุปถัมภ์ (๑๘๒)	๑๑	๑๒
๒๖	คลองลาดพร้าว/วัดบางบัว (๑๘๓)	๑๖	๑๕
๒๗	คลองลาดพร้าว/ถ.เกษตร - นวมินทร์ (๑๘๔)	๑๔	๑๕
๒๘	คลองลำหิน/ถ.คูคลองสีบ (๑๘๑)	๖	๖
๒๙	คลองหวังโต/ถ.มิตรไมตรี ชุมชนหนองจอก (๑๗๑)	๑๑	๑๐
๓๐	คลองบึงแดง/ถ.มิตรไมตรี ม.เค.ซี. การ์เด็น (๑๘๑)	๔	๔

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	BOD	
		วิธีไฮไดรต์	วิธีเมมเบรน
๓๑	คลองบึงไผ่/ถ.ประชาร่วมใจ (๑๗๘๑)	๑๐	๑๐
๓๒	คลองตะโหนด/ถ.ราษฎร์อุทิศ (๑๗๙๑)	๕	๕
๓๓	คลองช่องนนทรี/ถ.นราธิวาสราชนครินทร์ (๑๔๑)	๘	๘
๓๔	คลองช่องนนทรี/แยกถ.จันทร์ (๑๔๒)	๑๑	๑๒
๓๕	คลองช่องนนทรี/ก่อนแยกสาทร (๑๔๓)	๑๔	๑๔
๓๖	คลองช่องนนทรี/ตัดถ.สีลม (๑๔๔)	๘๐	๗๗
๓๗	คลองช่องนนทรี/ตัดถ.สุรวงศ์ (๑๔๕)	๙๘	๙๖
๓๘	คลองช่องนนทรี/หน้าโรงงานฯ ช่องนนทรี (๑๔๖)	๕	๖
๓๙	คลองไผ่สิงโต/ข้างโรงงานยาสูบ (๓๐๓)	๔๗	๔๔
๔๐	วัดคลองบางเขน/คทางหลวง (๕๑๒)	๙	๙
๔๑	คลองบางเขน/ข้างทัณฑสถานบางเขน (๕๑๓)	๘	๘
๔๒	คลองบางเขน/ชุมชนบางบัว (๕๑๔)	๙	๑๐
๔๓	คลองบางเขน/ถ.วิภาวดี (๕๑๕)	๘	๘
๔๔	คลองบางเขนใหม่/ถ.พิบูลย์สงคราม (๕๑๖)	๑๒	๑๓
๔๕	คลองเตย/ปตร.คลองเตย (๖๑๑)	๒๐	๒๑
๔๖	คลองเตย/อาคารทวิซ (๖๑๒)	๒๖	๒๖
๔๗	คลองหัวลำโพง/หน้าเขตคลองเตย (๖๕๑)	๑๙	๒๐
๔๘	คลองมะนาว/ปตร.คลองมะนาว ถ.พระราม ๓ (๑๖๕๑)	๒๐	๒๑
๔๙	คลองบางเขน/ถ.วิภาวดี (๑๕๑)	๒๖	๒๗
๕๐	คลองสำเหร่/ถ.เจริญนคร (๒๙๑)	๑๙	๑๙
๕๑	คลองสนามชัย/วัดเลา (๔๓๒)	๖	๗
๕๒	คลองสนามชัย/วัดแสงดำ (๔๓๕)	๔	๔
๕๓	คลองหัวกระบือ/วัดหัวกระบือ (๔๔๑)	๖	๗
๕๔	คลองขุนราชพินิจใจ/หน้า ปตร.คลองขุนฯ (๔๕๑)	๕	๕
๕๕	คลองขุนราชพินิจใจ/ปตร.รางสะแก (๔๕๒)	๔	๔
๕๖	คลองขุนราชพินิจใจ/วัดหัวกระบือ (๔๕๓)	๘	๘
๕๗	คลองเชิงตาแพ/ปตร.เชิงตาแพ (๔๗๑)	๖	๖
๕๘	คลองรางหอกหัก/ปตร.วัดลูกไก่ (๔๗๒)	๔	๕
๕๙	คลองรางหอกหัก/ปตร.เรือสำเภา (๔๗๓)	๕	๖
๖๐	คลองบางจาก/แยกเดอะมอลล์บางแค (๑๖๗๑)	๒๖	๒๕
๖๑	คลองตาพุก/ถ.ลาดกระบัง (๑๑๘๑)	๑๑	๑๑
๖๒	คลองบัวลอย/ถ.ลาดกระบัง (๑๑๙๑)	๒๒	๒๓

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	BOD	
		วิธีไฮโดรเจน	วิธีเมมเบรน
๖๓	คลองลาดกระบัง/วัดลาดกระบัง (๑๒๐๑)	๔	๔
๖๔	คลองหนองปรือ/สวนพระนคร (๑๒๓๑)	๕๐	๔๗
๖๕	คลองลำสาสี/ถ.กรุงเทพกรีฑา (๑๔๕๑)	๗	๘
๖๖	คลองลำสาสี/ช.ประชาร่วมใจ (๑๔๕๒)	๗	๖
๖๗	คลองทับช้างล่าง/ช.ภราดร (๑๖๑๑)	๓๓	๓๔
๖๘	คลองตัน/ปตร.คลองตัน (๑๐๑)	๑๘	๑๙
๖๙	คลองพระโขนง/ปตร.พระโขนง (๒๗๑)	๑๑	๑๒
๗๐	คลองพระโขนง/ถ.สุขุมวิท (๒๗๒)	๑๑	๑๑
๗๑	คลองประเวศบุรีรมย์/หน้าวัดลานบุญ (๔๖๑)	๕	๕
๗๒	คลองประเวศบุรีรมย์/สนข.ลาดกระบัง (๔๖๒)	๕	๗
๗๓	คลองประเวศบุรีรมย์/ถ.พัฒนาการ (๔๖๓)	๔	๔
๗๔	คลองวัดราชา/วัดราชา (๘๐๑)	๕	๔
๗๕	คลองแจ็ก/ช.รามคำแหง ๑๔๙ (๘๖๑)	๔	๕
๗๖	คลองหล่อแหล/ช.รามคำแหง ๑๕๗/๓ (๘๗๑)	๖	๗
๗๗	คลองหล่อแหล/ช.รามคำแหง ๑๖๒ (๘๗๓)	๗	๗
๗๘	คลองบางชัน/ถ.รามคำแหง (๘๘๑)	๗	๘
๗๙	คลองลาดบัวขาว/ถ.ราษฎร์พัฒนา (๘๙๑)	๕	๕
๘๐	คลองลาดบัวขาว/วัดลาดบัวขาว (๘๙๒)	๖	๗
๘๑	คลองลำนายโส/ถ.ราษฎร์พัฒนา (๙๐๑)	๕	๖
๘๒	คลองลำนายโส/วัดปากบึง (๙๐๒)	๔	๕
๘๓	คลองบางซื่อน/ถ.ประชาราษฎร์สาย ๑ (๑๐๕๑)	๒๑	๒๐
๘๔	คลองบางมด/วัดยายร่ม (๑๗๖๑)	๕	๖
๘๕	คลองบางมด/ช.พุทธบูชา ๒๔ (๑๗๖๒)	๕	๖
๘๖	คลองบางมด/วัดพุทธบูชา (๑๗๖๓)	๖	๖
๘๗	คลองบางมด/เลียบบวงแหวนฝั่งใต้ (๑๗๖๔)	๔	๕
๘๘	คลองบึงไผ่/ถ.ประชาร่วมใจ (๑๗๘๑)	๑๐	๑๐
๘๙	คลองเปรมประชากร/สี่แยกสะพานแดง (๑๑๒)	๘	๘
๙๐	คลองเปรมประชากร/ตลาดบางซื่อ (๑๑๓)	๑๑	๑๐
๙๑	คลองเปรมประชากร/ถ.งามวงศ์วาน (๑๑๔)	๑๑	๑๑
๙๒	คลองเปรมประชากร/วัดเสมียนนารี (๑๑๕)	๘	๘
๙๓	คลองเปรมประชากร/สะพานเกษะโกมล (๑๑๖)	๗	๗
๙๔	คลองเปรมประชากร/ถ.แจ้งวัฒนะ (๑๑๘)	๑๐	๑๐

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	BOD	
		วิธีไฮไดรต์	วิธีเมมเบรน
๙๕	คลองเปรมประชากร/ถ.เตชะคุงตะ (๑๑๙)	๙	๑๐
๙๖	คลองบึง/หน้าสำนักงานเขตสวนหลวง (๑๐๗๑)	๔๓	๔๒
๙๗	คลองสองห้อง/ถ.อ่อนนุช ใกล้ซอย ๖๑ (๑๐๘๑)	๒๗	๒๗
๙๘	คลองสองห้อง/หน้าโรงขยะอ่อนนุช (๑๐๘๓)	๒๘	๒๗
๙๙	คลองจรเข้ขบ/ถ.เฉลิมพระเกียรติ ร.๙ ซ.๗๙ (๑๑๐๑)	๖	๗
๑๐๐	คลองจรเข้ขบ/ถ.ลาดกระบัง ใต้ทางด่วน (๑๑๐๒)	๖	๗
๑๐๑	คลองหัวหมาก/ถ.อ่อนนุช (๑๑๗๑)	๑๔	๑๔
๑๐๒	คลองแจรงร้อน/ถ.ราษฎร์บูรณะ (๓๑๑)	๒๑	๒๐
๑๐๓	คลองแจรงร้อน/ถ.สุขสวัสดิ์ (๓๑๒)	๑๖	๑๗
๑๐๔	คลองราษฎร์บูรณะ/ถ.ราษฎร์บูรณะ (๓๒๑)	๗	๘
๑๐๕	คลองราษฎร์บูรณะ/ถ.สุขสวัสดิ์ (๓๒๒)	๘	๘
๑๐๖	คลองบางปะกอก/ถ.ราษฎร์บูรณะ (๓๓๑)	๓๓	๓๔
๑๐๗	คลองบางปะกอก/ถ.สุขสวัสดิ์ (๓๓๒)	๓๕	๓๖
๑๐๘	คลองบางปะแก้ว/ถ.ราษฎร์บูรณะ (๓๔๑)	๗	๖
๑๐๙	คลองบางปะแก้ว/ถ.สุขสวัสดิ์ (๓๔๒)	๗	๘
๑๑๐	คลองมหาสวัสดิ์/หน้าวัดชัยพฤกษ์ (๔๑๑)	๖	๖
๑๑๑	คลองบัว/ถ.สวนผัก ๔๖ (๘๕๑)	๔	๔
๑๑๒	คลองด่าน/ถ.เทอดไทย (๖๗๑)	๔	๔
๑๑๓	คลองบางสะแก/ถ.เทอดไทย ซอย ๓๓ (๗๖๒)	๒๕	๒๓
๑๑๔	คลองโคกวัด/ถ.ศรีนครินทร์ (๑๑๖๑)	๖	๕
๑๑๕	บึงหนองบอน/ปตร.๑ (๑๘๑๑)	๔	๔
๑๑๖	บึงหนองบอน/ปตร.๓ (๑๘๑๓)	๖	๕
๑๑๗	บึงหนองบอน/หน้าศูนย์อำนวยการฯ (๑๘๑๔)	๖	๕
๑๑๘	คลองอ้อมนนท์/ทำน้ำวัดโตนด (๒๓๑)	๗	๖
๑๑๙	คลองอ้อมนนท์/ทำน้ำวัดประจักษ์รังสรรค์ (๒๓๒)	๕	๔
๑๒๐	คลองลำปลาเน่า/ถ.ฉลองกรุง (๑๐๒๑)	๖	๕
๑๒๑	คลองบางยี่ขัน/ถ.เจริญสุขนิทวงศ์ (๕๒๒)	๑๔	๑๓
๑๒๒	คลองบางยี่ขัน/ช.บรมราชชนนี ๒ (๕๒๓)	๑๕	๑๖
๑๒๓	คลองบางจาก/วัดเปาว์โลहित (๕๓๑)	๒๕	๒๓
๑๒๔	คลองกุ่ม/หมู่บ้านสหกรณ์ (๕๙๑)	๓๘	๓๗
๑๒๕	คลองกุ่ม/ถ. สุขภิบาล ๒ (๕๙๒)	๑๗	๑๖
๑๒๖	คลองพังพวย/หลังแฟลตคลองจั่น ซ.๕๗ (๖๐๒)	๘	๘

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	BOD	
		วิธีไฮไดรด์	วิธีเมมเบรน
๑๒๗	คลองผักหนาม/ช.จรัญฯ ๔๑ (๘๒๑)	๒๐	๑๗
๑๒๘	คลองบางบำหรุ/ช.จรัญฯ ๔๕ (๘๓๑)	๒๑	๒๐
๑๒๙	คลองครุ/ถ.เสรีไทย ๖๗ (๑๕๑๓)	๖	๗
๑๓๐	คลองระหัด/ถ.เสรีไทย ๕๗ (๑๕๕๑)	๗	๘
๑๓๑	คลองลำตันนูน/ถ.เสรีไทย ๗๓ (๑๕๖๑)	๒๙	๓๐
๑๓๒	คลองวัดดอน/ช. เจริญกรุง ๕๗ (๖๒๑)	๓๖	๓๕
๑๓๓	คลองกรวย/ช. เจริญกรุง ๗๑ (๖๖๑)	๑๓	๑๓
๑๓๔	คลองสวนหลวง/ปตร.สวนหลวง (๑๓๘๑)	๒๙	๓๐
๑๓๕	คลองสวนหลวง/ถ.พระราม ๓ (๑๓๙๑)	๓๖	๓๖
๑๓๖	คลองบางโคล่น้อย/ถ.เจริญราษฎร์ ช.๒๐ (๑๔๑๒)	๔	๕
๑๓๗	คลองบางโคล่/ถ.พระราม ๓ (๑๔๒๑)	๒๑	๒๓
๑๓๘	คลองวัดปริวาส/ถ.พระราม ๓ (๑๔๗๑)	๒๒	๒๒
๑๓๙	คลองโรงน้ำมัน/ถ.พระราม ๓ (๑๕๐๑)	๑๒	๑๓
๑๔๐	คลองบางนา/หน้ากรมอุตุนิยมวิทยา (๒๘๑)	๑๔	๑๔
๑๔๑	คลองบางจาก/โรงกลั่นน้ำมันบางจาก (๔๘๑)	๒๐	๒๐
๑๔๒	คลองบางอ้อ/ถ.รถไฟสายเก่า (๑๓๓๑)	๑๗	๑๘
๑๔๓	คลองแจ็ก/ถ.รถไฟสายเก่า (๑๓๔๑)	๑๖	๑๘
๑๔๔	คลองบ้านหลาย/ถ.อ่อนนุช (๑๓๕๑)	๒๒	๒๓
๑๔๕	คลองบ้านหลาย/ช.พื้งมี ๕๐ (๑๓๕๒)	๒๑	๒๒
๑๔๖	คลองเคล็ด/ถ.อ่อนนุช (๑๓๖๑)	๓๐	๒๖
๑๔๗	คลองเคล็ด/ถ.อุดมสุข (๑๓๖๒)	๑๒	๑๒
๑๔๘	คลองสามเสน/ปตร. สามเสน (๐๘๑)	๑๖	๑๗
๑๔๙	คลองสามเสน/วัดโบสถ์ (๐๘๒)	๑๑	๑๐
๑๕๐	คลองสามเสน/อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ (๐๘๓)	๑๑	๑๐
๑๕๑	คลองสามเสน/หลังแฟลตดินแดง (๐๘๕)	๑๒	๑๑
๑๕๒	คลองบางซื่อ/สะพานพิบูลย์สงคราม (๑๒๑)	๒๐	๒๐
๑๕๓	คลองนาซอ/ถ.ประชาสงเคราะห์ (๗๕๑)	๓๘	๓๙
๑๕๔	คลองมอญ/ถ.อรุณอัมรินทร์ (๒๕๑)	๔	๔
๑๕๕	คลองมอญ/ถ.เจริญสนิทวงศ์ (๒๕๒)	๖	๕
๑๕๖	คลองบางกอกน้อย/ถ.อรุณอัมรินทร์ (๒๖๑)	๔	๔
๑๕๗	คลองบางกอกน้อย/ท่าน้ำวัดสุวรรณาราม (๒๖๒)	๔	๔

ลำดับ	คลอง/จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (รหัส)	BOD	
		วิธีไฮไดรด์ฯ	วิธีเมมเบรนฯ
๑๕๘	คลองบางกอกใหญ่/ถ.เพชรเกษม (๓๙๑)	๕	๔
๑๕๙	คลองบางกอกใหญ่/สะพานเจริญพาสณ์ (๓๙๕)	๕	๕
๑๖๐	คลองบางกระบือ/ถ.สามเสน (๗๔๑)	๑๒	๑๔
t-stat		๐.๗๖	
t-critical two-tail		๑.๙๗	
P (two tail)		๐.๔๕	
ระดับนัยสำคัญ ๙๕% ($\alpha=0.05$)		๐.๐๕	