

รายงานผลการวิจัย

มณฑิรทางน้ำของน้ำทิ้งจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เสรีวัฒน์	สมินทร์ปัญญา
นิรันดร์	บุญอิงเพชรพงศ์
สมชาย	ศราวุธ
อรพินท์	เจียรระพงษ์
จินดา	แฉ่มบรรจง
ภักดีญา	ไชยสุข
สาคร	ผลกัญญา
สินจิรา	นิคมฐร

h 145017

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สิงหาคม 2537

192436

ผู้วิจัย

มลพิษทางน้ำของน้ำทิ้งจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ผู้วิจัย

นายเสวีวัฒน์ สมนิทรปัญญา

นางนิรันดร์ บุญอิงเพชรพงศ์

นายสมชาย ศรวิชัย

น.ส.อรพินท์ เจริญพงษ์

นางจินดา แต้มบรรจง

นางภัทศญา ไชยสุข

นายสาคร ผลกล้าวย

นางอินจิรา นิยมบุตร

เดือน ปี

สิงหาคม 2537

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสภาพความรุนแรงของความเสี่ยงของน้ำทิ้งโดยวัดปริมาณและคุณภาพน้ำทิ้ง ที่ไหลออกจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร และใช้ผลการวิจัยเป็นข้อมูลในการวางแผนออกแบบก่อสร้างระบบบำบัดน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่ระบบบำบัดรวมของมหาวิทยาลัย ปริมาณน้ำทิ้งจะได้จากท่อระบายน้ำทิ้งและทางระบายน้ำทิ้งโดยตรง โดยวิธีใช้กระบอกตวง และใช้เวย์ร์ (Weir) กั้นน้ำตามลำดับ พบว่ามีปริมาณน้ำทิ้งรวม 5,344.5 ลิตร/วัน และหาคุณภาพน้ำทิ้งโดยวิธีวิเคราะห์ทางเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งโดยวิธีทางสถิติ สามารถแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. วิเคราะห์ลักษณะ สี และกลิ่นของน้ำ โดยใช้สถิติพรรณนา พบว่า น้ำทิ้งส่วนใหญ่มีสีผิดไปจากน้ำสะอาด มีกลิ่นเหม็น

2. วิเคราะห์อุณหภูมิ SS DS และ BOD โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า อุณหภูมิ และ SS อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง BOD มีค่าเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วน DS นั้นไม่สามารถสรุปได้ว่าเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง

3. วิเคราะห์ pH TS Alkalinity Acidity และ COD โดยการประมาณค่าแบบช่วงทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99% พบว่า ค่า pH อยู่ในช่วงของเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง และเนื่องจากไม่มีเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของ TS Alkalinity Acidity และ COD ดังนั้นจึงได้นำเสนอค่าเหล่านี้โดยอยู่ในรูปค่าประมาณแบบช่วง

Research title : Water Pollution of Sewage Water Effluent from
Scientific Laboratory Building of Srinakharinwirot
University Prasanmit.

Researchers : Seriwat Saminpanya, Nirand Boon-ingpirdpong,
Somchai Sornvanee, Orapin Cheerrapong,
Chinda Tambunchong, Pataneeya Chaiyasuk,
Sakorn Pholkluy, and Injira Niyomtoon.

Month, Year : August, 1994.

ABSTRACT

The purposes of this research are to check the quality and the quantity of the sewage water from scientific laboratories of Srinakharinwirot University Prasanmit and to use the results for planning to construct pre-treatment system. The quantity of sewage water, measured from the sewage water tube directly and the drain by using cylinders and weir, respectively, is 5,344.5 litres per day. After the chemical analysis, the statistical methods are used to analyze the data. The results can be divided into 3 parts as follows:

1. By the descriptive statistics, the color and the odor of the sewage water are unacceptable.
2. By the test of statistical hypothesis with the 0.01 level of significance, the temperature and SS are not over the standard of sewage water but BOD is over. Furthermore, the quality of DS can not be concluded that it is over the standard of the sewage water.

3. By the statistical interval estimation with the 99% level of confidence, pH is in the standard interval of the sewage water. Since there is no standard of the sewage water for TS, Alkalinity, Acidity and COD, the quality of those variables are presented in the forms of intervals.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดีเกิดจากการสนับสนุนของบุคคลและหน่วยงานหลายฝ่าย ได้แก่ คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์ (ผศ.คาภรณ์ วีรสาร) หัวหน้าภาควิชาเคมี (ผศ.วนิดา ตราชู) ทั้ง 2 ท่าน ได้ให้ค่าปรึกษาโครงการนี้มาโดยตลอด ฝ่ายวิจัย มศว ที่ได้อนุมัติเงิน รายได้มหาวิทยาลัยสนับสนุนโครงการเป็นเงิน 20,000 บาท (สองหมื่นบาทถ้วน) ผู้อำนวยการสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร (นายมานะ นพพันธ์) ได้อนุมัติให้ข้าราชการในสังกัด ร่วมวิจัยในโครงการนี้ 2 ท่าน คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ในการปฏิบัติการวิจัยยังได้รับความช่วยเหลือจาก อาจารย์ชายชาติ ชรรมครองอาตม์ และอาจารย์สมบุรณ์ ชรรมครองอาตม์ ในการจัดส่งตัวอย่างนำไปห้องปฏิบัติการเป็นครั้งคราว และนิสิตช่วยวิจัยอีก 3 คน ได้แก่ นายประกฤต เลิศจรัสอร่ามดี นางสาวนุชนารถ เกษมวงศ์ และนางสาวสุมาลี ฤทธิงกูรทรัพย์ ซึ่งช่วยในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องคนอื่น ๆ ที่ได้เอื้อนามแต่มีส่วนทำให้การวิจัยและรายงานฉบับนี้ เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2537

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ณ
 บทที่ 1	 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 คำนิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	4
 บทที่ 2 เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	 5
2.1 ความหมายของ น้ำทิ้ง น้ำเสีย น้ำเน่า และมลภาวะของน้ำ ...	5
2.2 ลักษณะของน้ำทิ้งที่ทำการวิเคราะห์	8
2.2.1 สี (Color)	8
2.2.2 กลิ่น (Odor)	8
2.2.3 อุณหภูมิ (Temperature)	8
2.2.4 พีเอช (pH)	9
2.2.5 ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids : TS)	9
2.2.6 ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids : SS) .	9
2.2.7 ปริมาณสารละลาย (Dissolved Solids : DS)	9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.8 ความเป็นด่าง (Alkalinity)	10
2.2.9 ความเป็นกรด (Acidity)	10
2.2.10 บี โอ ดี (Biochemical oxygen demand : BOD) .	11
2.2.11 ซี โอ ดี (Chemical oxygen demand : COD) ...	12
2.3 มาตรฐานน้ำทิ้ง	13
2.3.1 มาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้ในการวิจัย	13
2.3.2 มาตรฐานความสะอาดของน้ำที่พิจารณาจาก BOD	14
2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีวิจัย	20
3.1 สิ่งตัวอย่าง และการเก็บตัวอย่าง	20
3.1.1 สิ่งตัวอย่าง	20
3.1.2 การวางแผนการเก็บตัวอย่าง	20
3.1.3 อุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและการผสมน้ำตัวอย่าง.	22
3.1.4 วิธีวัดปริมาณน้ำทิ้ง และวิธีเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง	24
3.1.5 วิธีผสมน้ำตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์	26
3.2 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง	26
3.2.1 สี - กลิ่น - อร่อย	26
3.2.2 พีเอช (pH)	27
3.2.3 ปริมาณสารทั้งหมด (TS)	27
3.2.4 ปริมาณสารแขวนลอย (SS)	28
3.2.5 ปริมาณสารละลาย (DS)	29
3.2.6 ความเป็นด่าง (Alkalinity)	30
3.2.7 ความเป็นกรด (Acidity)	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.8 บี โอ ดี (Biochemical oxygen demand : BOD) .	33
3.2.9 ซี โอ ดี (Chemical oxygen demand : COD) ...	35
3.3 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล	37
บทที่ 4 ผลการวิจัย	38
4.1 ปริมาณน้ำทิ้ง	38
4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี	40
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	46
บทที่ 5 สรุป วิจัย ผลการวิจัย และเสนอแนะ	51
5.1 สรุปผลการวิจัย	51
5.2 วิจัย ผลการวิจัยและเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บตัวอย่างน้ำ	56

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	มาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้ในการวิจัย	13
2.2	คุณภาพของน้ำตามค่า BOD	14
3.1	แผนการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากอาคารปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์ มศว ประสานมิตร	21
4.1	ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มศว ประสานมิตร ..	38
4.2	คุณภาพของน้ำทิ้งที่ไหลออกจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มศว ประสานมิตร	40
4.3	จำนวนตัวอย่าง (วัน) ของน้ำทิ้งที่มีสีในลักษณะต่าง ๆ กัน จากการเก็บ ข้อมูลทั้งหมด 23 วัน	47
4.4	จำนวนตัวอย่าง (วัน) ของน้ำทิ้งที่มีกลิ่นในลักษณะต่าง ๆ กัน จากการเก็บ ข้อมูลทั้งหมด 23 วัน	48
4.5	ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิ SS DS และ BOD กับมาตรฐานคุณภาพ น้ำทิ้ง	49
4.6	ช่วงความเชื่อมั่น สำหรับ pH TS Alkalinity Acidity และ COD	50

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
3.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 1, 2 และ 3	23
3.2 การรองรับตัวอย่างน้ำทั้ง ๗ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	25
3.3 การรองรับตัวอย่างน้ำทั้ง ๗ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3	25
3.4 การติดตั้งเวียร์ (Weir) ๗ จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	25

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ด้วยปัจจุบันปัญหาน้ำเสียเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความรุนแรงไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านอื่น ทั้งนี้เป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตเป็นอย่างมาก จนทำให้คณะรัฐมนตรีได้มีมติกำหนดให้ปี พ.ศ. 2534 เป็นปีแห่งการจัดน้ำเสีย และให้หน่วยงานราชการดำเนินการจัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นสถาบันที่จัดการเรียนการสอนโดยแบ่งเป็นหลายคณะ คณะวิทยาศาสตร์และคณะแพทยศาสตร์เป็นคณะที่มีการใช้สารเคมี ทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ และอินทรีย์จำนวนมากในการทดลองตามกระบวนการเรียนการสอนรวมทั้งงานวิจัย สารเคมีที่ถูกใช้แล้วจากห้องปฏิบัติการจะถูกปล่อยให้ไหลลงสู่ท่อระบายน้ำลงคลองแสนแสบโดยมิได้ผ่านการบำบัดก่อน และนับวันจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเปิดสาขาวิชาใหม่ขึ้น สารเคมีเหล่านี้บางชนิดความเป็นพิษสูง เช่น สารปรอท สารหนู สารตะกั่ว ฟอสฟอรัส เป็นต้น สารเคมีบางชนิดที่มีสภาพเป็น กรด-ด่าง ซึ่งอาจทำให้คุณภาพของน้ำในคลองแสนแสบเปลี่ยนแปลงไป สารฟอสฟอรัสมีผลทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตมากเกินไป นอกจากนั้นสารต่าง ๆ ที่ไหลลงคลองยังทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดน้อยลง และค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) สูงขึ้นเกินค่ามาตรฐานได้

จากปัญหาที่กล่าวมาหากปล่อยทิ้งไว้จะก่อให้เกิดภาวะสิ่งแวดล้อมเป็นพิษทั้งในบริเวณมหาวิทยาลัย และบริเวณใกล้เคียงโดยเฉพาะคลองแสนแสบมากยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้ตระหนักถึงปัญหาและความรับผิดชอบต่อสังคม จึงมีนโยบายที่จะจัดทำระบบบำบัดน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยขึ้น เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัยและบริเวณใกล้เคียง โดยจะดำเนินการบำบัดน้ำเสียให้เป็นระบบที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งขณะนี้กำลังดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งงบประมาณในการก่อสร้างระบบดังกล่าว ทั้งนี้การออกแบบรายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียรวม และระบบบำบัดน้ำเสียเฉพาะแห่ง (Pre-treatment plant) มหาวิทยาลัยได้รับความอนุเคราะห์จากกองควบคุมน้ำเสีย สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ในการนี้ น้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่มาจากห้องปฏิบัติการทางเคมี ชีววิทยา วิศวกรรมศาสตร์ หรืออื่น ๆ อาจมีสภาพความเน่าเสียรุนแรงกว่าน้ำเสียจาก

อาคารทั่ว ๆ ไป (เช่น จากโรงอาหาร หรือจากอาคารเรียน) ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะปล่อย
ให้ไหลลงไปในระบบบำบัดน้ำเสียรวมโดยมิได้แยกมาบำบัดก่อน เนื่องจากจะทำให้เกิดความ
 สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายที่จะต้องขจัดสารพิษเหล่านี้ในน้ำจำนวนมากแล้ว สารเคมีหรือสภาพความ
 เป็น กรด-ด่างรุนแรง อาจทำลายเชื้อแบคทีเรียที่จะช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อบำบัดน้ำเสีย
 รวมได้ ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพต่ำลง

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบคุณภาพและปริมาณน้ำทั้งจากห้องปฏิบัติการ
 ต่าง ๆ ก่อน ทั้งทางด้านกายภาพ เช่น สี กลิ่น อุณหภูมิ ปริมาณสารแขวนลอย และทาง
 เคมี เช่น ค่าความเป็น กรด-ด่าง ค่า BOD ค่า COD (Chemical Oxygen Demand)
 ปริมาณสารอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโลหะหนักที่เป็นพิษ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไป
 วิเคราะห์หาความรุนแรง ความน่าเชื่อถือของน้ำ โดยเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งเพื่อใช้ประกอบการ
 การตัดสินใจว่าควรจะบำบัดหรือกำจัดน้ำเสียเพื่อจะได้ลดความน่าเชื่อถือของน้ำทั้งจากห้องปฏิบัติการ
 หรือไม่ก่อนปล่อยลงสู่บ่อบำบัดน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยต่อไป และสำหรับในขั้นต้นนี้คณะผู้วิจัย
 เห็นพ้องต้องกันว่า ควรตรวจสอบหาคุณภาพน้ำโดยวิเคราะห์หาตัวแปรบางตัวก่อน ได้แก่
 สี กลิ่น อุณหภูมิ pH TS SS Alkalinity Acidity BOD COD และ DS
 (= TS - SS) เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านงบประมาณ ส่วนตัวแปรอื่น ๆ จะดำเนินการ
 ขึ้นต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อตรวจวัดปริมาณและคุณภาพน้ำทิ้ง จากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
 ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

1.2.2 เพื่อตรวจวัดสภาพความรุนแรงของความน่าเชื่อถือของน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจาก
 ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

1.2.3 เพื่อเตรียมข้อมูลประกอบการพิจารณา วางแผนออกแบบก่อสร้างระบบบำบัด
 และกำจัดน้ำเสีย เพื่อรองรับน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนปล่อยลงสู่ระบบ
 บำบัดน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร รวมทั้งเพื่อเตรียมข้อมูล
 ประกอบการพิจารณาวางแผนออกแบบก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวมดังกล่าวอีกด้วย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การวิจัยครั้งนี้เก็บตัวอย่างน้ำทั้งเฉพาะวันทำการ ตั้งแต่ เดือนมิถุนายน 2535 - กันยายน 2535 ตั้งแผนการเก็บตัวอย่าง (รายละเอียดอยู่ในวิธีวิจัย)

1.3.2 คุณภาพน้ำทั้งที่วิเคราะห์ คือ สี กลิ่น อุณหภูมิ pH TS SS Alkalinity Acidity BOD COD และ DS

1.3.3 น้ำทั้งในที่นี้เป็นน้ำที่ผ่านการใช้แล้วและถูกปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำของอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ 2 อาคาร ได้แก่ อาคาร 10 (คณะวิทยาศาสตร์) และ อาคาร 6 (ภาควิชาเคมี) (รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างอยู่ในวิธีวิจัย)

1.4 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

มลพิษทางน้ำ หมายถึง การที่น้ำซึ่งอยู่ในสภาพที่คนใช้ได้ และสัตว์ที่อาศัยอยู่ได้ ตลอดจนวงจรชีวิต มีสภาพเลวลงผิดไปจากธรรมชาติ เนื่องจากมีสิ่งแปลกปลอมถูกเติมลงไป ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อยู่อาศัยบริเวณนั้นไม่สามารถใช้น้ำตามธรรมชาติได้

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ในที่นี้คืออาคารปฏิบัติการเคมี (อาคาร 6) และชีววิทยา (อาคาร 10)

สีหรือกลิ่นไม่เป็นที่พึงรังเกียจ หมายถึง สีหรือกลิ่นของน้ำทิ้งที่มองเห็นด้วยตาเปล่า หรือสูดดมแล้วไม่เกิดความรู้สึกว่ามีสีหรือกลิ่นที่พึงรังเกียจ

ความรุนแรงของความเน่าเสียของน้ำทิ้ง หมายถึง ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งที่มีค่าไม่เข้าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ถือว่ามีความรุนแรงของความเน่าเสียและถือว่าเห็นสมควรได้รับการบำบัด

ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้ง หมายถึง สี กลิ่น อุณหภูมิ ค่าพีเอช (pH) ปริมาณสารทั้งหมด (TS) ปริมาณสารแขวนลอย (SS) ปริมาณสารละลาย (DS) ความเป็นด่าง ความเป็นกรด บีโอดี ซีโอดี

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ทราบปริมาณและสภาพความน่าเชื่อถือของน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

1.5.2 ได้ข้อมูลในการประกอบการตัดสินใจวางแผนออกแบบก่อสร้างระบบบำบัดและกำจัดน้ำเสียชนิดติดกับที่ สำหรับอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และระบบบำบัดน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

1.5.3 ได้ตัวอย่างการค้นคว้า ทดลอง สำหรับนิสิตสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของ น้ำทิ้ง น้ำเสีย น้ำเน่า และมลภาวะของน้ำ

"น้ำทิ้ง (Waste water) หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ อาทิเช่น การชำระล้างร่างกาย การประกอบอาหาร การขับถ่ายของเสีย การล้างวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม การล้างเครื่องจักร การหล่อเย็นเครื่องจักร ฯลฯ ทำให้คุณลักษณะของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิมเนื่องจากมีสิ่งสกปรกต่าง ๆ ทั้งสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ถ่ายเทลงมาเจือปนอยู่ในน้ำ ปริมาณสิ่งสกปรกในน้ำทิ้งหรือความสกปรกของน้ำทิ้ง จึงขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ของน้ำ ดังนั้นน้ำทิ้งจากแต่ละแหล่งจึงมีคุณลักษณะไม่เหมือนกัน" (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524 : 1) หรืออาจหมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์แล้วจากกิจกรรมของมนุษย์หลายด้านหลายขบวนการ ดังเช่นน้ำทิ้งที่เกิดจากการชำระล้างร่างกาย เสื้อผ้า และกิจกรรมประจำวันอื่น ๆ ในครัวเรือน ตลอดจนรวมถึงน้ำทิ้งที่เกิดจากการใช้น้ำทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นอาคารโรงงานอุตสาหกรรมตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงใหญ่" (เบญจา พวงสุวรรณ. 2525 : 4)

"น้ำทิ้ง ตรงกับคำว่า Effluent ซึ่งให้คำจำกัดความดังนี้

1. ของเหลวชนิดหนึ่งซึ่งไหลออกจากภาชนะบรรจุ
2. น้ำเสียหรือของเหลวชนิดอื่นซึ่งผ่านการบำบัดเป็นบางส่วนหรืออย่างสมบูรณ์หรืออยู่ในสภาพสถานะทางธรรมชาติอย่างเดิมและถูกปล่อยออกมาจากอ่างเก็บน้ำ ถึง ระบบบำบัดน้ำเสีย หรือจากส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคารดังกล่าว

3. แขนง (Branch) ปล่อยน้ำออกจากลำน้ำประธาน (Main stream) หรือทะเลสาบ

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำซึ่งระบายลงสู่คลองหรือรางหรือท่อระบายสาธารณะเป็นน้ำซึ่งผ่านการใช้งานและถูกบำบัดมาก่อนหรือไม่ก็ตาม ดังนั้นน้ำทิ้งอาจมีสภาพหรือลักษณะเช่นเดียวกับน้ำเสียก็ได้ขึ้นอยู่กับได้รับการบำบัดมาก่อนหรือไม่" (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2530 : 13-14)

"น้ำเสียหรือน้ำโสโครก (Sewage or waste water) หมายถึง น้ำที่ใช้แล้ว ในกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน จากบ้านเรือน อาคารพาณิชย์ สถานประกอบการต่าง ๆ ตลอดจนโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งอาจมีทั้งน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน และน้ำฝนรวมอยู่ด้วย" (วิทยา เพียรวิจิตร. 2525 : 4)

"น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่เสื่อมคุณภาพหรือน้ำที่มีลักษณะสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิมตามธรรมชาติจนทำให้เกิดผลเสียต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ การดำรงชีพของสัตว์น้ำ เช่น มีสิ่งปฏิกูล สารอินทรีย์และอนินทรีย์ทั้งที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้ปะปนอยู่ โดยมีมนุษย์ เป็นต้นเหตุสำคัญทั้งทางตรงและทางอ้อม

ประเภทของน้ำเสียแบ่งตามลักษณะและสาเหตุได้ดังนี้คือ

1. น้ำเน่า ได้แก่ น้ำซึ่งแสดงอาการเน่าเหม็น เนื่องจากขาดออกซิเจนในน้ำ เพราะสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ ได้แก่
 - 1.1 สารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในน้ำ หากมีสารอินทรีย์มากปริมาณออกซิเจนก็จะหมดไป
 - 1.2 สารจำพวกน้ำมัน เป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เพราะมันจะกั้นผิวน้ำไม่ให้สัมผัสกับอากาศ ทำให้อัตราการละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง
 - 1.3 สารจำพวกปุ๋ย ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลงได้มากเช่นกัน เพราะทำให้เกิดการเร่งการเจริญของพวกสาหร่ายและพืชน้ำ
2. น้ำเป็นพิษ เป็นน้ำซึ่งมีสารพิษเจือปนอยู่ เช่น กรด ด่าง เกลือแร่ โลหะหนัก สารประกอบเคมีบางชนิด แม้จะไม่ก่อให้เกิดการเน่าเสียแต่ก็ก่อให้เกิดความเสียหายต่อแหล่งน้ำได้ สารพิษเหล่านี้เกิดจากอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และเมื่อสารพิษอยู่ในวงจรของห่วงโซ่อาหาร ย่อมเป็นผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์เมื่อนำมาบริโภค
3. น้ำเป็นสื่อนำเชื้อโรค โดยการระบายสิ่งปฏิกูลลงสู่แหล่งน้ำจะเป็นการแพร่กระจายเชื้อโรค
4. น้ำร้อน เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ มักใช้น้ำในการระบายความร้อน แล้วปล่อยลงสู่ลำน้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงชีพและแพร่พันธุ์ได้ดังเดิม อีกทั้งอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดน้อยลงอีกด้วย

5. น้ำที่มีกัมมันตภาพรังสี มักเป็นน้ำที่ใช้ระบายความร้อนจากโรงงานพลังงานปรมาณู เป็นสื่อนำกัมมันตภาพรังสีมาสู่มนุษย์ได้" (ธรรมบุญ วิจารณ์บุรานนท์. 2526)

"น้ำเสีย ตรงกับภาษาอังกฤษว่า Sewage (น้ำเสียชุมชน) และ waste water (น้ำเสีย) ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีประสบการณ์จากหลายสมาคมได้ร่วมกันพิจารณาและกำหนดศัพท์ ดังนี้

น้ำเสียชุมชน คือ น้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วจากชุมชนหนึ่ง ๆ

น้ำเสีย คือ น้ำซึ่งผ่านการใช้งานแล้ว จะโดยชุมชนหรืออุตสาหกรรมหรือสถาบันหรือ การใช้งานประเภทอื่นก็ตาม จะมีมลสารปะปนอยู่ ซึ่งเมื่อระบายลงสู่แม่น้ำแล้วจะก่อให้เกิดการปนเปื้อน (contamination) ของแหล่งน้ำจนถึงระดับที่ทำให้แหล่งน้ำนั้นใช้ไม่ได้ไม่ต้งเดิม..." (ธงชัย พรหมสวัสดิ์. 2530 : 13 - 14)

"น้ำเน่า (Polluted water) หมายถึง น้ำหรือลำน้ำซึ่งมีมลสาร (pollutant) ในรูปของสารอินทรีย์เข้ามาปะปนอยู่และเกิดการย่อยสลายทางชีวเคมีจนเกิดสภาพเน่าเหม็น (Septicity) ขึ้น หรือไม่เน่าก็ได้" (ธงชัย พรหมสวัสดิ์. 2530 : 13 - 14)

"มลภาวะของน้ำ คือ การที่น้ำซึ่งอยู่ในสภาพที่คนใช้ได้ สัตว์น้ำอาศัยอยู่ได้ตลอดจน วงจรชีวิต มีสภาพที่เลวลง ผิดไปจากธรรมชาติ เนื่องจากมีสิ่งแปลกปลอมถูกเติมลงไป ทำให้ สิ่งที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นไม่สามารถรับน้ำตามธรรมชาติที่ควรได้รับ และได้แบ่งประเภทของ มลภาวะของน้ำตามแหล่งที่มาของสารมลพิษ (pollutants) ได้ 3 ประเภท คือ

1. มลภาวะของน้ำที่เกิดจากน้ำโสโครกของแหล่งชุมชน (Domestic waste water)

2. มลภาวะของน้ำที่เกิดจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial waste water)

3. มลภาวะของน้ำที่เกิดจากการเกษตรกรรม (Agriculture waste water)..." (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. 2525)

2.2 ลักษณะของน้ำทิ้งที่ทำการวิเคราะห์

2.2.1 สี (Color)

"... สีของน้ำเกิดจากการสะท้อนของแสง ซึ่งจำแนกเป็น 2 ประเภท คือ

1) สีปรากฏ (Apparent color) เป็นสีของน้ำที่ปรากฏให้เห็นแก่สายตา เป็นส่วนใหญ่ โดยเกิดจากการสะท้อนของแสงจากสารแขวนลอยในน้ำ พื้นท้องน้ำ และจากท้องฟ้า

2) สีจริง (True color) เป็นสีของน้ำ เกิดจากสารละลายชนิดต่าง ๆ โดยอาจจะเป็นสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และธาตุอาหารพืช หรือสารอนินทรีย์ เช่น แร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดสีของน้ำต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับลักษณะและสมบัติเฉพาะตัวของสารดังกล่าว

เราสามารถแยกสีทั้งสองประเภทออกจากกันได้ โดยกำจัดสารแขวนลอยและความขุ่น (Turbidity) ออกจากน้ำ ด้วยวิธีทำให้ตกตะกอน หรือเหวี่ยงเหวี่ยง (Centrifuge) ซึ่งตัวอย่างน้ำดังกล่าวจะมีแต่เฉพาะสีจริงเท่านั้น" (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2528 : 14)

2.2.2 กลิ่น (Odor)

"กลิ่นและรส เป็นที่รู้จักกันตามลักษณะของการรับรู้ทางเคมี (Chemical senses) เพราะว่าลักษณะทั้งสองขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์โดยตรงของวัตถุที่เป็นตัวกระตุ้นกับเซลล์รับที่เหมาะสมของมนุษย์ ยังไม่มีทฤษฎีทางกายภาพหรือทางเคมีใด ๆ ที่มาอธิบายได้อย่างพอเพียงถึงกลไกการเกิดกลิ่น..." (Franson M. 1976 : 75)

2.2.3 อุณหภูมิ (Temperature)

"อุณหภูมิ หมายถึง ระดับความร้อน อุณหภูมิของน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำสาธารณะ มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยที่สิ่งมีชีวิตในน้ำอาจถึงตายได้ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำทิ้งสูงเกินไปและยังมีผลทำให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย..." (ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2525 : 24)

2.2.4 พีเอช (pH)

"พีเอช (pH) เป็นค่าแสดงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน $[H^+]$ ในน้ำโดยคำนวณได้จากสูตร

$$pH = -\text{Log} [H^+]$$

เมื่อ $[H^+]$ = ความเข้มข้นของ H^+ มีหน่วยเป็นโมลต่อ ลบ.คม.

ในทางปฏิบัติ ค่าพีเอชแสดงถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำทิ้ง น้ำทิ้งที่มีสมบัติเป็นกรดจะมีค่าพีเอชน้อยกว่า 7 เป็นด่างจะมีค่าพีเอชมากกว่า 7 และเป็นกลางจะมีพีเอช เท่ากับ 7 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งมีความสำคัญในการกำจัดด้วยวิธีการทางเคมี ฟิสิกส์ และชีววิทยา ซึ่งจำเป็นต้องควบคุมค่าพีเอชของน้ำทิ้งให้คงที่หรือควบคุมให้อยู่ในช่วงที่จำกัดไว้" (ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2525 : 36)

2.2.5 ปริมาณสารทั้งหมด (Total solids : TS)

"ปริมาณสารทั้งหมด หมายถึง ปริมาณสารที่เหลืออยู่ในภาชนะหลังจากระเหยน้ำออกจากตัวอย่างจนหมด แล้วนำไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 103° ถึง 105° ซ. จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ แล้วชั่งหาน้ำหนักของของแข็งในภาชนะนั้น จะได้ปริมาณของของแข็งทั้งหมด มีหน่วยเป็น มก./ลบ.คม." (ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2525 : 50)

2.2.6 ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended solids : SS)

"ปริมาณสารแขวนลอย หมายถึง ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่สามารถกรองได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว "Whatmann" GF/C (Nonfiltrable Solids) แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103° ถึง 105° ซ. ชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบนกระดาษกรอง มีหน่วยเป็น มก./ลบ.คม." (ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2525 : 48)

2.2.7 ปริมาณสารละลาย (Dissolved solids : DS)

"ปริมาณสารละลาย หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ซึ่งไหลผ่านกระดาษกรองเพื่อกรองเอาปริมาณสารแขวนลอยออก น้ำที่ผ่านกระดาษกรองจะนำไปหาปริมาณสารละลายได้ มีหน่วยเป็น มก./ลบ.คม." (ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2525 : 49)

2.2.8 ความเป็นด่าง (Alkalinity)

"ความเป็นด่างของสารละลายใด ๆ คือความสามารถของสารละลายนั้นในการรับโปรตอน ความเป็นด่างของน้ำธรรมชาติหรือน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วเพื่อใช้ในการอุปโภค - บริโภค เกิดขึ้นจากองค์ประกอบของสารละลายไบคาร์บอเนต คาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์หาปริมาณได้โดยวิธีการไทเทรตกับกรดแก่ ($[H^+]$) สูง เช่น กรดเกลือ กรดกำมะถัน เป็นต้น เมื่อถึงจุดสมมูล (Equivalent point) จะสังเกตได้จากสีของอินดิเคเตอร์ที่จะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งแสดงว่าความเป็นด่างในน้ำนั้นทำปฏิกิริยาได้หมดพอดีกับกรดที่ใช้ไทเทรต

น้ำทิ้งที่มีความเป็นด่าง แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) จะมีค่า pH สูงกว่า 4 และน้ำทิ้งที่มีความเป็นกรด คำนวณเป็น มก./ลบ.คม. แคลเซียมคาร์บอเนต จะมีค่า pH ต่ำกว่า 8.2" (ชงชัย พรหมสวัสดิ์. 2525 : 39)

"ความเป็นด่างของน้ำ หมายถึง ความสามารถหรือสมบัติของน้ำที่ทำให้กรดเป็นกลาง ความเป็นด่างของน้ำประกอบด้วยคาร์บอเนต (CO_3) ไบคาร์บอเนต (HCO_3) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) เป็นส่วนใหญ่ แต่อาจจะมีฟลักบอเรต (Borates) ซิลิเกต (Silicates) ฟอสเฟต (Phosphate) และสารอินทรีย์ต่าง ๆ อยู่บ้างแต่เป็นจำนวนน้อย ค่าความเป็นด่างโดยตัวของมันเองไม่ถือว่าเป็นสารมลพิษ แต่มีผลเกี่ยวข้องกับสมบัติด้านอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น พีเอช ความเป็นกรด (Acidity) และความกระด้าง (Hardness) เป็นต้น สมบัติที่สำคัญของความเป็นด่างต่อแหล่งน้ำ คือเป็นตัวการที่ช่วยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงของ พีเอช รวดเร็วเกินไป ความเป็นด่างของน้ำจึงใช้เป็นเครื่องแสดงความสามารถของน้ำที่จะป้องกันมิให้ พีเอช เปลี่ยนแปลง (Buffering capacity) หากปรากฏว่า แหล่งน้ำนั้นมีค่าความเป็นด่างต่ำแสดงว่ามี Buffering capacity น้อย พีเอช ของน้ำแห่งนั้นจะเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว ซึ่งมีอันตรายต่อสัตว์น้ำ.." (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจรรวธรรม สมศิริ. 2528 : 37 - 38)

2.2.9 ความเป็นกรด (Acidity)

"ความเป็นกรดของสารละลายใด ๆ คือความสามารถของสารละลายนั้นในการแตกตัวให้โปรตอน ซึ่งรวมทั้งกรดอ่อน เช่น กรดคาร์บอนิก กรดแทนนิก สารละลายเกลือที่แตกตัวด้วยน้ำ เช่น เกลือเหล็ก (II) ซัลเฟต หรืออะลูมิเนียมซัลเฟต ในสารละลาย

ใด ๆ ที่มีกรดแร่ (mineral acid) เจือปนอยู่จะวัดความเป็นกรดได้ค่าพีเอชต่ำกว่า 4" (ธงชัย พรหมสวัสดิ์. 2525 : 39)

"ความเป็นกรดของน้ำแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบต่าง ๆ ในน้ำที่มีปฏิกิริยากับต่างจนมีค่าพีเอชที่ระดับหนึ่ง ความเป็นกรดของน้ำไม่ควรนำไปเปรียบเทียบกับค่าพีเอช ทั้งนี้เพราะน้ำที่มีค่าความเป็นกรดสูงแต่อาจมีค่าพีเอช ไม่อยู่ในระดับที่เป็นกรดมาก หากน้ำดังกล่าวมีความสามารถในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงพีเอชได้ดี แหล่งน้ำธรรมชาติทั่ว ๆ ไปจะมีความสามารถในการควบคุมไม่ให้ค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงมาก (Highly buffered water) โดยใช้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอเนต (Carbonates) เป็นตัวควบคุม... โดยปกติน้ำที่มีค่าพีเอช ต่ำกว่า 8.5 จะมีค่าความเป็นกรดปะปนอยู่เสมอ น้ำที่มีค่าพีเอช ระหว่าง 4.5 ถึง 8.5 ค่าความเป็นกรดจะเกิดจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นส่วนใหญ่ ส่วนน้ำที่มีค่าพีเอช ต่ำกว่า 4.5 ค่าความเป็นกรดของน้ำเกิดจากกรดของแร่ธาตุบางชนิด เช่น กรดกำมะถัน (H_2SO_4) หรือเกลือแร่บางชนิดที่ละลายน้ำแล้วมีสภาพเป็นกรด เช่น เกลือของเหล็ก เป็นต้น

ความเป็นกรดโดยตัวของมันเองไม่ถือว่าเป็นสารมลพิษที่มีอันตรายต่อสัตว์น้ำ เพียงแต่ใช้เป็นเครื่องแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำนั้น ผลที่เกิดขึ้นต่อสัตว์น้ำส่วนมากจะปรากฏในรูปของพีเอช อย่างไรก็ตามความเป็นกรดของน้ำ อาจมีผลทำให้ความเป็นพิษของสารพิษบางชนิดเปลี่ยนแปลงไปได้..." (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจรรยาพร สมศิริ. 2528 : 33)

2.2.10 บีโอดี (Biochemical oxygen demand : BOD)

"BOD ได้แก่ความต้องการออกซิเจนของน้ำทิ้งที่หาได้ โดยใช้ขบวนการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องการใช้ คือ ปริมาณ BOD ปฏิกิริยาชีวเคมีระหว่างออกซิเจนกับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ กว่าสารอินทรีย์จะถูกทำลายหมดจะใช้เวลาหลายสิบวัน ตามมาตรฐานสากลจึงวัดค่า BOD ทั้งหมดในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20°C . ซึ่งเป็นอุณหภูมิของน้ำในฤดูร้อนของประเทศหนาว BOD ในระยะ 5 วัน (BOD_5) จะมีค่าประมาณ 70 - 80 % ของปริมาณ BOD ทั้งหมด (Ultimate BOD) ..." (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524 : 18)

"การวิเคราะห์ค่า BOD เป็นการวิเคราะห์เพื่อที่จะทราบถึงปริมาณความสกปรกของน้ำในแม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อประโยชน์ในการออกแบบระบบบำบัดควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของระบบนั้น ๆ โดยคิดเปรียบเทียบกับรูปของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

การวิเคราะห์หาค่า BOD โดยทั่วไปเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไปในเวลา 5 วัน ในอุณหภูมิที่ 20°C .

เนื่องจากออกซิเจนในอากาศสามารถละลายน้ำได้ในจำนวนจำกัด คือประมาณ 9 มก./ลบ.ดม. ในน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 20°C . ดังนั้นในน้ำเสียซึ่งมีความสกปรกมากจำเป็นต้องทำให้ปริมาณความสกปรกเจือจางลงอยู่ในระดับซึ่งสมดุลพอดีกับปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ การวิเคราะห์นี้เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ในน้ำ จึงจำเป็นต้องทำให้มีสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ กล่าวคือไม่มีสารพิษแต่มีอาหารเสริมสำหรับจุลินทรีย์ เช่น ในโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น เพียงพอ นอกจากนี้การย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำกระทำโดยจุลินทรีย์หลายชนิด จึงจำเป็นต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เหล่านี้เพียงพออยู่ในน้ำตัวอย่างซึ่งทำการวิเคราะห์ ถ้าไม่มีหรือมีปริมาณน้อยไปควรเติมจุลินทรีย์ซึ่งเรียกว่าหัวเชื้อ (Seed) ลงไป..." (ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2525 : 56)

2.2.11 ซีโอดี (Chemical oxygen demand : COD)

"COD คือค่าความต้องการออกซิเจนของน้ำทิ้งที่หาได้โดยวิธีการทางเคมี ดังนั้นค่า COD จึงแสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำทิ้ง ทั้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ โดยปกติค่า COD จึงสูงกว่าค่า BOD เสมอ" (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524 : 22)

"การวิเคราะห์หาค่า COD เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสีย โดยคิดเปรียบเทียบกับรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์โดยใช้สารเคมีซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดส์สูง (Strong chemical oxidant) ในสารละลายที่เป็นกรด" (ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2525 : 65)

2.3 มาตรฐานน้ำทิ้ง

2.3.1 มาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้ในการวิจัย ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 มาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้ในการวิจัย

ลักษณะของน้ำทิ้ง	มาตรฐาน	ที่มา **
สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	1
อุณหภูมิ	ไม่เกิน 40 °C.	1
pH	5 - 9 *	2
TS	-	
SS	ไม่เกิน 30 มก./ลบ.คม. *	2
DS	ไม่เกิน +500 มก./ลบ.คม. *	2
Alkalinity	-	
Acidity	-	
BOD	ไม่เกิน 20 มก./ลบ.คม. *	2
COD	-	

* ใช้ค่ามาตรฐานในระดับและขนาดชุมชนประเภท ก. คือมีผู้ใช้ตั้งแต่ 2,501 คนขึ้นไป

** 1. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2525) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ประกาศ ณ วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2525 (99 ร.จ. 7 ตอนที่ 33 (ฉบับพิเศษ แผนกราชกิจจาฯ) ลงวันที่ 5 มีนาคม 2525) (อ้างใน กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2528 : 97 - 100)

2. มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนและเหตุผลในการกำหนดมาตรฐาน (อ้างใน กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2528 : 106 - 110)

2.3.2 มาตรฐานความสะอาดของน้ำที่พิจารณาจากค่า BOD

"...ความสะอาดหรือความสกปรกของน้ำนอกจากจะบอกได้ โดยอาศัยค่าของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำแล้ว ค่า BOD ก็อาจแสดงคุณภาพของน้ำได้ ดังตาราง 2.2" (รายงานกิจกรรมของกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2515 : 33, 39)

ตาราง 2.2 คุณภาพของน้ำตามค่า BOD

คุณภาพของน้ำ	ค่า BOD 5 วัน (มิลลิกรัม/ลิตร)
สะอาดมาก (Very clean)	1
สะอาด (Clean)	2
สะอาดพอประมาณ (Fairly clean)	3
ไม่สู้สะอาดนัก (Doubtful)	5
สกปรก (Bad)	10

ที่มา : ดัดแปลงจากรายงานกิจกรรมของกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2515 : 33, 39)

2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กองนิลิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการพลังงาน (2515) ได้วิจัย เรื่องน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำอัดลม บริษัทไทยน้ำทิพย์ จำกัด โดยวิธีเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมาทำการวิเคราะห์และทดลองกำจัดน้ำทิ้ง แบบ Activated Sludge ในห้องปฏิบัติการ โดยเติมน้ำทิ้งติดต่อกันเป็นเวลา 18 วัน

จากการวิเคราะห์น้ำทิ้ง ผลปรากฏดังนี้

pH	7.8	
Alkalinity	285	mg/l
BOD	770	mg/l
COD	950	mg/l

ภายหลังจากการกำจัดน้ำทิ้งแบบ Activated Sludge System ได้เก็บน้ำใสมาวิเคราะห์ ผลเฉลี่ยปรากฏดังนี้

pH	7.8	
Alkalinity	210	mg/l
BOD	50	mg/l
COD	295	mg/l
SS	310	mg/l

จุฑามาศ อีรสุวรรณ (2517) ทำการศึกษาลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำตาล โดยเก็บตัวอย่างน้ำตามจุดต่าง ๆ ภายในโรงงานน้ำตาล เพื่อวิเคราะห์น้ำทิ้งและศึกษาวิธีการกำจัด

- 1) ค่าพีเอชของน้ำในหม้อน้ำเท่ากับ 6.4 ในขณะที่จุดอื่น ๆ ยังคงมีค่าระหว่าง 7.0 - 8.0
- 2) การละลายออกซิเจนของน้ำป้อนโรงงานจากลำน้ำ 80 - 90 %
- 3) ในกรณีที่น้ำทิ้งมีค่า BOD สูง และต้องการกำจัดให้มี BOD ต่ำ ควรจะใช้เครื่องเติมอากาศเพื่อลดค่า BOD
- 4) ค่า COD เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า BOD คือถ้ามีค่า BOD สูง ค่า COD ก็สูงด้วย ค่า COD ของน้ำป้อนโรงงานอยู่ระหว่าง 10.5 - 51.0 ppm และค่า COD ของน้ำจากเครื่องควบแน่นอยู่ระหว่าง 13.7 - 55.0 ppm
- 5) หากน้ำมันเครื่องจะไม่ทำให้น้ำทิ้งเน่า พบไขมันในน้ำป้อน 0.5 - 19.0 ppm และไขมันของน้ำจากเครื่องควบแน่น 0.5 - 22.0 ppm แต่ไขมันในน้ำล้างโรงงาน และน้ำหล่อเย็น 45 - 75 ppm แสดงว่าน้ำมันเครื่องได้รั่วไหลลงสู่น้ำ

6) น้ำจากเครื่องควบแน่นของโรงงานมีสารแขวนลอย 18 - 50 ppm และน้ำขุ่นจากท่อน้ำแก๊สของหม้อน้ำและน้ำล้างอีทเตอร์มีความเข้มข้นของสารแขวนลอยสูง กำจัดโดยทำให้ตกตะกอน

7) ไม่มีสารเป็นพิษที่ทำให้ปลาตายจากโรงงานผลิตน้ำตาล

Meng Fung Lim (1975 - 1977) ทำการศึกษาลักษณะน้ำทิ้งของโรงงานปลอกระเจาและวิธีกำจัด พบว่าน้ำทิ้งส่วนใหญ่ของโรงงานเป็นน้ำโสโครกที่ได้จากกิจกรรมต่าง ๆ ในโรงงาน และจากการย้อมสี น้ำเสียจากโรงงานมีค่า COD สูง ค่า BOD ต่ำและมีสีคล้ำ

เมื่อใช้วิธี Jar Tests กำจัดน้ำเสียจากการย้อมสี พบว่าสามารถลดค่า COD ได้ 60% ที่ พีเอช 8.5 และกำจัดสิ่งแขวนลอยของสีได้ 500 mg/l

ส่วนประสิทธิภาพจากการกำจัดน้ำทิ้งของโรงงานด้วยวิธี Batch Biological ให้ผลไม่ดีนัก ควรจะได้มีการกำจัดด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น Activated Sludge, Aerated Lagoon และ Aerobic Pond แต่วิธีที่ดีที่สุดเห็นจะเป็นวิธี Aerobic Pond เพราะวิธีนี้ที่ Pond $180 \times 10^{-4} \text{ kg COD/m}^2\text{-day}$ จะสามารถลดค่า COD ได้ประมาณร้อยละ 67

มองเพ็ญ รัตกุล และนิรชา เอี่ยมศิริ (?) ทำการวิจัยเรื่อง น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสีตัวน้ำ โดยแบ่งวิธีวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาข้อมูลต่าง ๆ เช่น

- หาปริมาณการใช้น้ำของโรงงาน
- ปริมาณสีตัวน้ำสดที่ผลิตในโรงงาน
- ตรวจสอบคุณภาพน้ำใช้ในช่วงตอนต่าง ๆ ตลอดจนน้ำทิ้งที่ออกจากโรงงาน
- หาข้อบกพร่องของขบวนการผลิต การใช้วิธีกำจัดน้ำทิ้งที่ไม่ถูกต้อง

ขั้นที่ 2 ทำการทดลองโดยใช้หลักวิชาการที่เหมาะสมกับปัญหาที่โรงงานประสบ ซึ่งกำลังดำเนินการทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการและร่วมมือกับทางโรงงาน

ผลการวิจัยสรุปได้ว่าสภาพทั่วไปของโรงงาน ใช้น้ำน้อยกว่าความจำเป็น และน้ำเสียจากน้ำทิ้งจึงประกอบไปด้วย organic matter สูง และเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียประเภท Spoilage bacteria เป็นอย่างมาก

จากการวิเคราะห์น้ำล้างกัง ปลา ปลานมิกจากโรงงานที่ไม่มีระบบการบำบัดน้ำทิ้งนั้น ค่า BOD สูงถึง 1,579.09 mg/l Total Nitrogen มีค่า 178.99 mg/l และ ฟอสฟอรัสในสภาพฟอสเฟตมีค่า 5.92 mg/l นอกจากนั้นค่า Total Suspended Solid มีค่ามากถึง 190.06 mg/l และพบว่าอัตราการตกตะกอนไม่เกิน 0.727 ในเวลา 45 นาที จากปริมาตรน้ำ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

จากความสัมพันธ์ของค่า BOD ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้ง แสดงถึงความสมบูรณ์อย่างมากของน้ำทิ้งที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ฉะนั้นสภาพปัญหาของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งนี้เกี่ยวข้องกับมากกับความเน่าเสียที่เนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์เป็นหลัก แต่วิธีการแก้ปัญหาให้เพียงการแก้ไขในระดับง่ายเท่านั้น คือใช้ Oxidation Pond ทั่วเติม O_2 ให้แก่น้ำทิ้ง

เป็ยมศักดิ์ เมนะเสวด กัลยา วัฒนกร (2520) ทำการสำรวจระดับตะกั่วในสิ่งแวดล้อมทั่วไปของหมู่บ้าน ซึ่งนำกากแบคเตอรีไปถมดิน โดยวิธีเก็บตัวอย่างน้ำ 4 บริเวณ คือ น้ำบริเวณถนนข้างวัดที่ชาวบ้านใช้ซักเสื้อผ้า น้ำจากหนองน้ำข้างบ้าน เด็กที่ป่วยและถึงแก่กรรม น้ำบาดาลที่ใช้ดื่มอยู่ห่างจากถนนที่ถูกตะกั่วเจือปนประมาณ 20 เมตร และน้ำในหนองน้ำหน้าโรงเรียนซึ่งอยู่ห่างจากถนนดังกล่าวประมาณ 10 เมตร นอกจากนี้ทำการเก็บตัวอย่างโลหะจากหน้าบ้านผู้ป่วย ผักบุ้งและผักกะเจตเก็บจากหนองน้ำที่อยู่ติดถนน ตัวอย่างดินจากหลายบริเวณ และตัวอย่างเลือดจากเด็กที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านดังกล่าวและหมู่บ้านใกล้เคียงนำไปวิเคราะห์ระดับตะกั่วด้วยวิธี atomic absorption technique โดยวิธี wet ashing

ผลการวิจัยพบว่าน้ำที่ชาวบ้านใช้ซักเสื้อผ้ามีตะกั่วอยู่ในระดับ 0.01 ppm น้ำจากหนองน้ำข้างบ้านผู้ป่วยมีตะกั่ว 0.12 ppm น้ำในหนองน้ำหน้าโรงเรียนมีระดับตะกั่ว 0.06 ppm และน้ำบาดาลที่ใช้ดื่มและประกอบอาหาร ซึ่งอยู่ห่างจากถนน 20 เมตร มีตะกั่ว 0.02 ppm จะเห็นได้ว่าระดับตะกั่วของน้ำในหมู่บ้านนี้มีค่าสูงกว่าปกติเมื่อเทียบกับระดับตะกั่วในน้ำดื่มของเมือง Trondheim ประเทศนอร์เว

ระดับตะกั่วในผิวดินและถนนที่ถูกถมด้วยกากแบคเตอรีมีค่าสูงกว่าถนนที่ไม่ได้ถูกถมด้วยกากแบคเตอรี 25 เท่า ในพืชผักมีตะกั่วสูงกว่า 13 ppm สำหรับปลาในหนองน้ำข้างหมู่บ้านมีตะกั่วอยู่สูงกว่าระดับปกติประมาณ 8 - 15 เท่า ระดับตะกั่วในเลือดเด็ก 69 คน มีค่าเฉลี่ย 1.28 ppm

สิ่งแวดล้อมของหมู่บ้านแห่งหนึ่งในตำบลบางครุ อำเภอยะประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ถูกเจือปนโดยตะกั่วจากกากแบตเตอรี่ที่ถูกนำมาถมถนน ทำให้ระดับของตะกั่วในน้ำและดินจากที่ต่าง ๆ ในบริเวณหมู่บ้าน พืช ปลา เลือด และเส้นผมของเด็ก ส่วนมากมีค่าสูงกว่าปกติ จึงควรหาทางแก้ไขโดยเร็วที่สุด

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน (2520 - 2521) ทำการศึกษาสำรวจการแพร่กระจายของสารตะกั่วบริเวณใกล้โรงงานหล่อหลอมตะกั่ว โดยเก็บตัวอย่างน้ำตามแหล่งที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับโรงงานหล่อหลอมตะกั่วมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในห้องปฏิบัติการ

จากการตรวจวิเคราะห์พบว่า มีตะกั่วแพร่กระจายอยู่ในแหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียงกับโรงงานจะพบว่าปริมาณตะกั่วบริเวณที่โรงงานปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำนั้นมีปริมาณสูงเกินกว่ากำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

จำรูญ ฐาสมุทร (2521) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสำรวจหา BOD ในน้ำโสโครกของโรงพยาบาลและโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการตรวจน้ำโสโครกที่ปล่อยออกมาจากโรงพยาบาลนครเชียงใหม่ โรงพยาบาลแมคคอร์มิค โรงงานท่าขนมนจีน ช้างม่อช โรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยว ช้างคลาน โรงงานฆ่าสัตว์เทศบาลนครเชียงใหม่ โดยอาศัยหลักการตรวจหาปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ไปในการสลายตัวทางชีวเคมีในสภาวะที่ต้องการอากาศ ทำการตรวจเดือนละครั้งเป็นเวลา 12 เดือน เก็บตัวอย่างน้ำโสโครกตามแหล่งต่าง ๆ แหล่งละ 2 ตัวอย่าง และนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำโสโครกต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการพบว่า น้ำเสียของโรงพยาบาลนครเชียงใหม่มีค่า BOD เฉลี่ยทั้งปี 60.75 mg/l โรงพยาบาลแมคคอร์มิค 428.31 mg/l โรงงานฆ่าสัตว์ เทศบาลฯ 1,036.8 mg/l โรงงานท่าขนมนจีน 118.37 mg/l ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 20 mg/l

บริเวณที่น้ำเสียถูกปล่อยออกมาเป็นจำนวนมาก จะมีปัญหาในเรื่องกลิ่นเหม็นและเป็นที่น่ารำคาญแก่ผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น

สำหรับการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์น้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ยังไม่มีผู้ใดทำไว้

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียชนิดติดกับที่นั้นได้มีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (2534) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้ระบบบ่อเกรอะ-ถึงกรองไว้อากาศสำหรับบำบัดน้ำเสียจากอาคารขนาดเล็ก โดยนำระบบนี้ไปใช้เป็นระบบติดกับที่สำหรับบำบัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย หอพัก อาคารสำนักงาน โรงพยาบาล โรงเรียน ภัตตาคาร และตลาดสด ผลการวิจัยพบว่าบ่อที่ใช้บำบัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย หอพัก และอาคารสำนักงาน สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีคุณลักษณะส่วนใหญ่ได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทั้งจากอาคาร ยกเว้นปริมาณของน้ำมันและไขมัน และปริมาณของซิลไฟต์ที่เกิดขึ้นภายในระบบบำบัด โดยที่ระบบบำบัดนี้สามารถลดค่า BOD ได้ร้อยละ 77 น้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อเกรอะ-ถึงกรองไว้อากาศที่ใช้บำบัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย หอพัก และอาคารสำนักงาน มีค่า BOD เท่ากับ 42, 44 และ 45 มก./ล. ตามลำดับ สำหรับระบบบำบัดบ่อเกรอะ-ถึงกรองไว้อากาศที่ใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลและโรงเรียน ปรากฏว่าน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดมีค่า BOD และลักษณะอื่น ๆ สูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร

หน่วยงานดังกล่าว (ในปีเดียวกัน) ยังได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดติดกับที่สำหรับอาคารขนาดเล็กในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และเสนอแนวทางการออกแบบระบบบำบัดและกำจัดน้ำเสียชนิดติดกับที่สำหรับอาคารขนาดเล็กในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

บทที่ 3

วิธีวิจัย

3.1 สิ่งตัวอย่าง และการเก็บตัวอย่าง

3.1.1 สิ่งตัวอย่าง

สิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ น้ำทิ้งที่ไหลออกมาจากห้องปฏิบัติการเคมี (อาคาร 6) และห้องปฏิบัติการชีววิทยา (อาคาร 10) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ในพื้นที่นิสิตใช้ห้องปฏิบัติการ ตั้งแต่วันที่ 15 มิ.ย. 2535 ถึงวันที่ 30 ก.ย. 2535

3.1.2 การวางแผนการเก็บตัวอย่าง

- วันที่เก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำ ถือเอาช่วงที่มีการเปิดการเรียนการสอนของภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2535 ซึ่งเป็นระยะเวลาประมาณ 4 เดือน (มิถุนายน - กันยายน 2535) แต่เนื่องจากข้อจำกัดบางประการ ทำให้มีความจำเป็นต้องเลือกเก็บตัวอย่างโดยเก็บ 1 วัน วัน 2 วันทำการ ทั้งนี้หากมีวันหยุดราชการหรือวันที่มหาวิทยาลัยมีคำสั่งให้งดการเรียนการสอนมาคั่นกลาง จะไม่นับเป็นวันที่เว้น แต่จะข้ามวันเหล่านั้นไป รวมเป็นวันที่เก็บตัวอย่างทั้งหมด 23 วัน ดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 แผนการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากอาคารปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์ มสว. ประสาณมิตร

เดือน \ วัน	จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส	อา	จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส	อา	จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส	อา
มิถุนายน 35	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28	29	30												
กรกฎาคม 35			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31									
สิงหาคม 35						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
กันยายน 35		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30											

หมายเหตุ (19), (1) หมายถึง วันที่เก็บตัวอย่าง



หมายถึง วันหยุด

- เวลาและสถานที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง

ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง คือ ตั้งแต่เวลา 9.00 น. - 16.00 น. ของวันที่เก็บตัวอย่าง โดยเก็บ ณ เวลา 9.00 น., 10.00 น., 11.00 น., 12.00 น., 13.00 น., 14.00 น., 15.00 น. และ 16.00 น. รวมใน 1 วัน เก็บตัวอย่าง 8 ครั้ง

สถานที่เก็บตัวอย่างคือ เลือกจุดเก็บตัวอย่างได้ 3 จุด ได้แก่ จุดที่ 1, 2 เป็นน้ำทิ้งที่ไหลออกจากอาคาร 6 (ห้องปฏิบัติการเคมี) และจุดที่ 3 เป็นน้ำทิ้งที่ไหลออกจากปลายท่อของอาคาร 10 (ห้องปฏิบัติการชีววิทยา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ดูภาพ 3.1 ประกอบ)

3.1.3 อุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง และการผสมน้ำตัวอย่าง

- อุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง

ขวดพลาสติกใส่ตัวอย่างน้ำ ขนาด 1,000 ml

เทอร์โมมิเตอร์

บีกเกอร์ ขนาด 500 ml

นาฬิกาจับเวลา

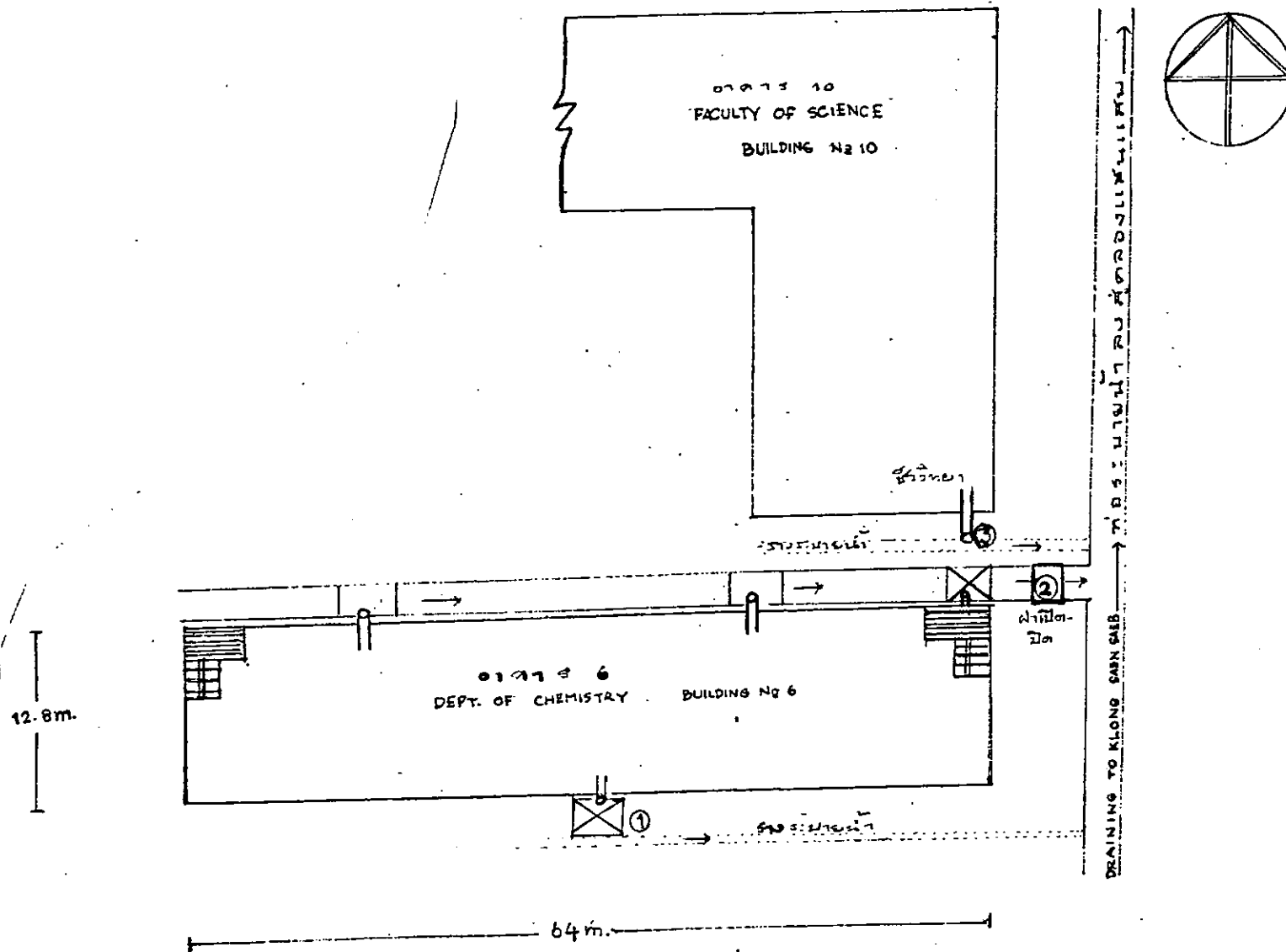
กระบอกตวง ขนาด 1,000 ml

ฝายหรือเวียร์ (Weir)

แบบฟอร์มการเก็บตัวอย่างน้ำ

- อุปกรณ์สำหรับการผสมน้ำตัวอย่าง

ขวดโหลแก้วทรงกระบอก, กระบอกตวงขนาดต่าง ๆ (10 ml - 1,000 ml), ขวดพลาสติก, หลอดหยด



ภาพ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ① ② ③

NOV. 28, 91.

3.1.4 วิธีวัดปริมาณน้ำทิ้งและวิธีเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง

เนื่องจากลักษณะของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแตกต่างกัน กล่าวคือ จุดที่ 1 และ 3 เป็นจุดที่มีน้ำทิ้งไหลออกจากท่อปลายเปิด ดังนั้นจึงเก็บตัวอย่างที่ปลายท่อ (โปรดดูภาพ 3.2, 3.3 ประกอบ) โดยให้ กระบอกตวง หรือภาชนะใด ๆ รองรับน้ำ และวัดปริมาณน้ำที่รองรับได้ โดยมีให้หกออก ทั้งนี้ใช้นาฬิกาจับเวลาจับเวลาตั้งแต่เริ่มตวงจนสิ้นสุดการตวง บันทึกปริมาณน้ำลงในแบบฟอร์มการเก็บตัวอย่างน้ำ เป็น มิลลิลิตร/วินาที (ml/sec) แล้วจึงเทียบให้เป็น ลิตร/ชั่วโมง (l/hr) (ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บตัวอย่างน้ำแสดงใน ภาคผนวก ก.) แล้วจึงถ่ายน้ำใส่ขวดพลาสติกให้ได้ประมาณ 1,000 ml

สำหรับจุดที่ 2 มีลักษณะเป็นรางระบายน้ำ ซึ่งมีท่อปลายเปิดขนาดเล็กหลายท่อ ระบายน้ำลงมาในรางนี้ และมีฝาเปิด-ปิดกว้างพอประมาณที่จะติดตั้งฝายหรือเวียร์ (Weir) เพื่อวัดปริมาณน้ำได้ ดังนั้น ณ จุด 2 นี้จึงติดตั้งเวียร์ 90° (ภาพ 3.4)

ลักษณะของเวียร์ทำด้วยแผ่นเหล็ก ด้านบนสัน (Crest) ปากเป็นรูปตัว V มุม 90 ซึ่งอัตราการไหลของน้ำจะเป็นสัดส่วนกับความสูงของน้ำทิ้งที่ไหลลงไปเหนือสันเวียร์ ซึ่งเวียร์ชนิด 90 ใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$Q = 0.0187 H^{2.405}$$

$$Q = \text{อัตราการไหลของน้ำทิ้ง (ลิตร/วินาที)}$$

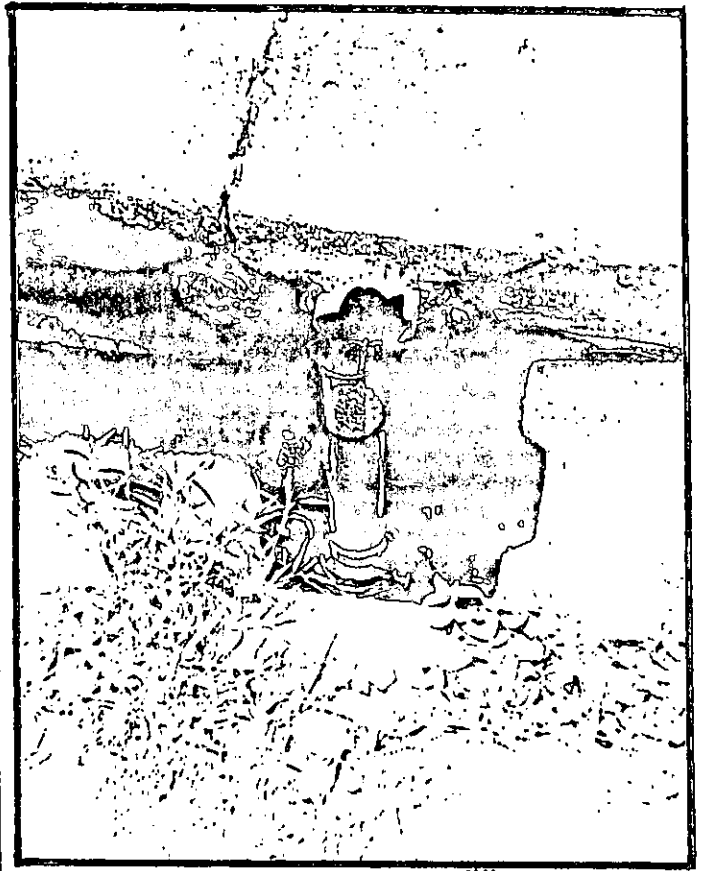
$$H = \text{ความสูงของระดับน้ำจากจุดยอดของสามเหลี่ยม (เซนติเมตร)}$$

(โปรดดูรายละเอียดเรื่องเวียร์ ใน ธกษ พรณสวสดี. 2525 : 7 - 13)

การเก็บน้ำทิ้งที่จุด 2 นี้ ใช้วิธีตักน้ำจากในรางใส่ขวด ณ บริเวณที่น้ำไหลก่อนถึงเวียร์เล็กน้อย ให้น้ำทิ้งประมาณ 1,000 ml



ภาพ 3.2 การรองรับตัวอย่างน้ำทิ้ง ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1



ภาพ 3.3 การรองรับตัวอย่างน้ำทิ้ง ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3



ภาพ 3.4 การติดตั้งเวียร์(Weir) ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 2

3.1.5 วิธีผสมน้ำตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์

เมื่อได้น้ำทั้งทองแต่ละจุดซึ่งกรณีมีน้ำทั้งไหลตลอดวันใน 1 วัน จะเก็บน้ำตัวอย่างได้ทุกชั่วโมง รวม 8 ขวด มีปริมาตรรวมประมาณ 8,000 ml จำนวนน้ำที่เก็บได้มี มากเกินพล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องผสมน้ำตัวอย่างเพื่อเก็บไว้วิเคราะห์เพียง 3,000 ml

การผสมน้ำตัวอย่างให้ได้ 3,000 ml ทองแต่ละวัน อาศัยหลักการผสมตาม สัดส่วนของอัตราการไหล กล่าวคือ ถ้าอัตราการไหลของน้ำทั้งชั่วโมงใดมีมากก็จะใช้น้ำตัวอย่าง ของเวลานั้นมาก ถ้าอัตราการไหลของน้ำทั้งชั่วโมงใดมีน้อยก็จะใช้น้ำตัวอย่างของเวลานั้นน้อย ทั้งนี้ให้วิธีคำนวณเทียบสัดส่วนบัญญัติตารางค์เพื่อให้ได้ตัวเลขปริมาณน้ำที่จะผสม (ดูแบบฟอร์ม การเก็บตัวอย่างน้ำ ในภาคผนวก ก.)

มีบางกรณีที่เมื่อคิดสัดส่วนการผสมเพื่อให้ได้น้ำในปริมาณที่ต้องการ (3,000 ml) แล้ว แต่ตัวเลขปริมาณการผสมของบางชั่วโมงมีมากกว่าปริมาณน้ำทั้งที่เก็บได้จริงในชั่วโมงนั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอัตราการไหลสูงมาก ทำให้น้ำที่มีอยู่จริงของชั่วโมงนั้นไม่พอที่จะผสม ดังนั้น จึงต้องปรับลดสัดส่วนเสียใหม่เพื่อให้สามารถผสมน้ำตัวอย่างที่มีอยู่จริงได้ จึงทำให้ปริมาณน้ำตัวอย่าง หลังการผสมแล้วมีอยู่น้อยกว่า 3,000 ml (ดูแบบฟอร์มการเก็บตัวอย่างน้ำ ในภาคผนวก ก. กรณีที่มีการปรับสัดส่วนลดลง)

เมื่อได้น้ำตัวอย่างหลังจากการผสมแล้ว จึงแบ่งใส่ขวดพลาสติก และเก็บไว้ในตู้เย็น เพื่อรอการวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ทางห้องปฏิบัติการต่อไป ยกเว้นแอลกอฮอล์ของน้ำซึ่งวัด ในขณะที่เก็บตัวอย่างในแต่ละชั่วโมง ณ จุดเก็บตัวอย่าง สำหรับสี คูลิของน้ำตัวอย่างหลังจากผสม กันแล้ว โดยคู่ด้วยตาเปล่าเทียบกับกระดาดขาว ส่วนกลิ่นใช้วิธีสุดดมชั่วขณะหลังจากการคูลิและ บันทึกลงในแบบฟอร์มการเก็บตัวอย่างน้ำ

3.2 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.2.1 สี กลิ่น อุณหภูมิ

การตรวจวัดอุณหภูมิใช้เทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงในน้ำทั้งที่ตวงได้ ในขณะที่เก็บ ตัวอย่างนานประมาณ 3 นาที แล้วอ่านค่าอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์ม การเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง

สี่ ใช้วิธีวิเคราะห์อย่างง่าย โดยวิธีคั่งด้วยตาเปล่า โดยวางโหลแก้วทรง-
กระบอกที่ใส่น้ำตัวอย่างซึ่งผสมกันเรียบร้อยแล้วทาบบนกระดาษขาว แล้วพิจารณาสี และจด
บันทึกข้อมูล

กลั่น ใช้วิธีคั่งกลั่นน้ำตัวอย่างผสมแล้วในโหลแก้วทรงกระบอก และจดบันทึก

3.2.2 พีเอช (pH)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. pH meter ยี่ห้อ Radio meter Model 625
2. ปีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. ปรับเครื่องวัดให้ได้มาตรฐาน โดยใช้ Standard Buffer Solution
pH 4.01 และ 7.00
2. ใส่น้ำตัวอย่างใส่ปีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 50 มิลลิลิตร
3. จุ่ม Electrode ลงในน้ำตัวอย่างในปีกเกอร์นาน 2 นาที
4. บันทึกผลจากตัวเลขหน้าปัดเครื่อง pH meter

3.2.3 ปริมาณสารทั้งหมด (TS)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถ้วยระเหย (Evaporating dish)
2. เครื่องอังไอน้ำ (Steam bath หรือ Water bath)
3. ตู้อบ (Drying oven)
4. เกล็ดเคเตอร์
5. เครื่องชั่งละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมถ้วยระเหย งานที่ใช้ต้องอบให้แห้งในตู้อบที่ 103 - 105° ซ.
ประมาณ 1 ชั่วโมง ปลอ่ยให้เย็นในเกล็ดเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก
2. เลือกใช้ปริมาตรของน้ำตัวอย่างให้เหมาะสม โดยปกติใช้ 50 หรือ
100 ลบ.ซม.

3. ค่อย ๆ รินน้ำตัวอย่างลงในถ้วยระเหยที่ตั้งบนเครื่องอังน้ำ เมื่อ
ไอไอน้ำระเหยออกหมด นำไปอบให้แห้งในตู้อบลูญุมิ $103 - 105^{\circ}$ ซ. ปลอຍให้เย็นใน
เดสิคเคเตอร์

4. ชั่งถ้วยระเหยทันทีที่เย็นลงเท่าอุญญุมิห้อง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคือน้ำหนัก
ของปริมาณสารทั้งหมด ซึ่งคำนวณเป็น มก./ลบ.คม.

การคำนวณ

$$\text{มก./ลบ.คม. ปริมาณสารทั้งหมด} = \frac{\text{น้ำหนักของปริมาณสารทั้งหมด (มก.)}}{\text{ลบ.ชม. ของน้ำตัวอย่าง}} \times 1,000$$

หมายเหตุ

มก./ลบ.คม. ปริมาณสารทั้งหมด อาจคำนวณได้จาก

$$\text{มก./ลบ.คม. ปริมาณสารทั้งหมด} = \text{มก./ลบ.คม. ปริมาณสารละลาย} + \text{มก./ลบ.คม. ปริมาณสารแวนลอย}$$

3.2.4 ปริมาณสารแวนลอย (SS)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระดาษกรองใยแก้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.7 ซม.
2. กรวยกรองบูคเนอร์ (Buchner funnel) ความจุ 100 ลบ.ชม.
3. เครื่องดูดอากาศ (Suction pump)
4. ตู้อบ (Drying oven)
5. เดสิคเคเตอร์ (Desiccator)
6. เครื่องชั่งละเอียด (Analytical balance)

วิธีวิเคราะห์

1. อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุญญุมิ $103 - 105^{\circ}$ ซ. ประมาณ 1 ชั่วโมง
ทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก
2. เลือกปริมาตรน้ำตัวอย่างซึ่งจะให้ค่าของแฉงออกมาโดยประมาณอย่าง
น้อยที่สุด 2.5 มก. (เพิ่มขึ้นจากน้ำหนักของกระดาษกรอง)

3. วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ
 4. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกเพื่อให้ติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์
 5. กรองน้ำตัวอย่างตามปริมาตรที่ต้องการโดยอาศัยแรงดูดช่วย
 6. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมดและรองจนกว่าจะแห้ง
 7. ปิดเครื่องดูดอากาศ แล้วใช้ปากคีบคีบกระดาษกรองใส่ภาชนะทนไฟ เช่น จานเพาะเชื้อ (Petri dish) กระจกนาฬิกา (Watch glass) หรือถ้วยอะลูมิเนียม (Aluminium cup) นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $103 - 105^{\circ}\text{C}$. ประมาณ 1 ชั่วโมง
 8. ทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในเดสิกเคเตอร์ แล้วชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น
- การคำนวณ

น้ำหนักของสารแขวนลอย (มก.)

$$\text{มก./ลบ.คณ. ปริมาณสารแขวนลอย} = \frac{\text{น้ำหนักของสารแขวนลอย (มก.)}}{\text{ลบ.คณ. ของน้ำตัวอย่างที่ใช้}} \times 1,000$$

3.2.5 ปริมาณสารละลาย (DS)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถ้วยระเหย
2. เครื่องอังไอน้ำ
3. ตู้อบความร้อน
4. เดสิกเคเตอร์
5. เครื่องชั่งละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. กรองตะกอนที่สามารถกรองได้ออกทิ้ง หรืออาจใช้น้ำส่วนที่ได้จากการกรอง (Filtrate) ที่เหลือจากการหาปริมาณสารแขวนลอยก็ได้
2. ชั่งจานระเหยที่อบแห้ง (ที่อุณหภูมิ $103 - 105^{\circ}\text{C}$. ประมาณ 1 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นในเดสิกเคเตอร์)
3. ตวงน้ำส่วนที่ได้จากการกรอง 50 ลบ.ซม. (แล้วแต่น้ำหนักของถ้วยระเหย) ใส่ลงในถ้วยระเหย
4. นำไปตั้งบนเครื่องอังไอน้ำให้น้ำระเหยจนแห้ง

5. นำจานระเหยที่แห้งไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ $103 - 105^{\circ}$ ช. อบจนแห้ง และได้น้ำหนักคงที่ (ประมาณ $1 - 1 \frac{1}{2}$ ชม.)

6. ปั่นให้เย็นในเคสิคเกเตอร์ 15 - 20 นาที

7. ชั่งจานระเหยทันทีที่เย็นลงเท่าอุณหภูมิห้อง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น คือน้ำหนักของปริมาณสารละลาย ซึ่งคำนวณเป็น มก./ลบ.คม.

การคำนวณ

น้ำหนักของปริมาณสารละลาย (มก.)

$$\text{มก./ลบ.คม. ปริมาณสารละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักของปริมาณสารละลาย (มก.)}}{\text{ลบ.ชม. ของน้ำตัวอย่าง}} \times 1,000$$

3.2.6 ความเป็นด่าง (Alkalinity)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. บิวเรต (Buret) ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. ขวดรูปกรวย (Conical flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. ปิเปต (Pipet) ขนาด 25 มิลลิลิตร
4. กระบอกตวง ขนาด 25 มิลลิลิตร
5. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. อินดิเคเตอร์

ซึ่ง Methyl red หนัก 0.02 กรัม และ Bromocresol green หนัก 0.1 กรัม ละลายผสมกันด้วย Ethyl alcohol ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2. สารละลายมาตรฐานทึดิกูมิ 0.1 N HCl

ตวง Conc. HCl ปริมาตร 12 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป จนมีปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

3. สารละลายมาตรฐานปรุณภูมิ 0.1 N Na_2CO_3

นำ anhyd. Na_2CO_3 ไปอบที่ 120° ช. นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเคสิคเกเตอร์ แล้วนำมาชั่งอย่างละเอียดหนัก 5,300 กรัม แล้วละลายด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร

วิธีวิเคราะห์

ตอนที่ 1 หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย HCl

1. ปิเปตสารละลาย 0.1 N Na_2CO_3 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปกรวย
2. เติมอินดิเคเตอร์ลงไป 2 - 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน
3. นำมาไทเทรตกับ 0.1 N HCl จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อน

(Grape purple) บันทึกปริมาตรของ HCl ที่ใช้

4. ทำการทดลองซ้ำ แล้วคำนวณผล

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่มี pH มากกว่า 7

1. ปิเปตน้ำตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปกรวย
2. เติมอินดิเคเตอร์ลงไป 2 - 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน
3. นำมาไทเทรตกับสารละลาย HCl ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน

จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อน บันทึกปริมาตรของ HCl ที่ใช้

4. ทำการทดลองซ้ำ แล้วคำนวณผลจากสมการต่อไปนี้

$$\text{Total Alkalinity (CaCO}_3 \text{ mg/l)} = a \times F \times 50 \times 1000/V$$

เมื่อ a = ปริมาตรของ HCl (ml) ที่ใช้ในการไทเทรต

F = ความเข้มข้นที่แน่นอนของ HCl

V = ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง (ml) ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.7 ความเป็นกรด (Acidity)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. บิวเรต (Buret) ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. ขวดรูปกรวย (Conical flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. ปิเปต (Pipet) ขนาด 25 มิลลิลิตร
4. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. อินดิเคเตอร์

ซึ่ง Phenolphthalein หนัก 1 กรัม ละลายใน Ethyl alcohol ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปอีก 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน

2. สารละลาย 0.1 N Sodium thiosulfate

ซึ่ง $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ หนัก 2.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3. Carbon dioxide-free water

นำน้ำกลั่น หรือ Deionized water มาต้มให้เดือดนาน 15 นาที แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เพื่อนำมาใช้เตรียมสารละลายมาตรฐาน

4. สารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ 0.05 N $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ (KHP)

นำ Potassium hydrogen phthalate ไปอบที่ 120°C . นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในแคลิเบเตอร์ แล้วนำมาชั่งอย่างละเอียดหนัก 10.0 ± 0.5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร ขนาด 1 ลิตร

5. สารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ 0.1 N NaOH

ซึ่ง NaOH หนัก 11 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ทำให้เย็นแล้วกรอง จากนั้นตวงสารละลายที่ได้ปริมาตร 5.45 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป จนมีปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

วิธีวิเคราะห์

ตอนที่ 1 หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย NaOH

1. ปิเปตสารละลาย $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ 40 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปกรวย

2. เติม Phenolphthalein 2 - 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน

3. นำมาไทเทรตกับ 0.1 N NaOH จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู

บันทึกปริมาตรของ NaOH ที่ใช้

4. ทำการทดลองซ้ำ แล้วคำนวณผล

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่มี pH น้อยกว่า 7

1. ปิเปตน้ำตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปกรวย

2. เติมสารละลาย 0.1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ลงไป 1 หยด

3. เติม Phenolphthalein 2 - 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน
4. นำมาไทเทรตกับสารละลาย NaOH ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรของ NaOH ที่ใช้
5. ทำการทดลองซ้ำ แล้วคำนวณผล จากผลการต่อไปนี้

$$\text{Total Acidity (CaCO}_3 \text{ mg/l)} = a \times F \times 50 \times 1000/V$$

เมื่อ a = ปริมาตรของ NaOH (ml) ที่ใช้ในการไทเทรต

F = ความเข้มข้นที่แน่นอนของ NaOH

V = ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง (ml) ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.8 บีโอดี (Biochemical oxygen demand : BOD)

การหาค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี โดยวิธี Azide modification
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้บ่มอุณหภูมิที่ 20° ซ. ยี่ห้อ Precission Scientific, Model 815
(อุณหภูมิ -10 - 55° ซ.)

2. เครื่องเติมออกซิเจน ยี่ห้อ VWR Scientific No. 1074

3. กระบอกตวง ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

4. ขวด BOD ขนาด 300 มิลลิลิตร

สารเคมี (สำหรับเป็น nutrient)

1. Phosphate buffer Solution ละลาย KH_2PO_4 จำนวน 8.5 กรัม, K_2HPO_4 จำนวน 21.75 กรัม, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 33.5 กรัม และ NH_4Cl จำนวน 1.7 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร (ซึ่งจะมี pH ประมาณ 7.2)

2. Magnesium sulfate solution ละลาย $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 22.5 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

3. Calcium chloride solution ละลาย CaCl_2 จำนวน 27.5 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

4. Ferric chloride solution ละลาย $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 0.25 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

วิธีเตรียม Dilution water

1. เอน้ำกลั่นที่จะใช้ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20°C . ล่วงหน้า 1 วัน
2. นำน้ำกลั่นที่เก็บไว้มาเติมออกซิเจนด้วยเครื่องเติมออกซิเจนนาน

1.30 ชั่วโมง

3. เติมสารละลายที่เป็น nutrient ในอัตรา 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร (Phosphate buffer, Magnesium sulfate, Calcium chloride, Ferric chloride)

4. เติมออกซิเจนต่อไปอีก 5 นาที เพื่อผสมให้เข้ากันดี

วิธีเตรียมน้ำตัวอย่างเพื่อหา BOD

1. กำหนด % ของ Dilution
2. ทำตัวอย่างละ 3 Dilution, Dilution ละ 2 ขวด

วิธีวิเคราะห์

1. ให้กระบอกตวง ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติม Dilution water ที่เตรียมไว้ จำนวน 300 มิลลิลิตร โดยไม่ให้มีฟองอากาศ
2. ใส่น้ำตัวอย่างที่ต้องการหา BOD ใสลงในกระบอกตวง ตามปริมาตรที่กำหนดไว้ใน Dilution ratio
3. เติมน้ำ Dilution water ลงในกระบอกตวงให้มีปริมาตรครบ 1,000 มิลลิลิตร
4. ทำการผสมด้วยขวดวัด โดยไม่ให้เกิดฟองอากาศ นานประมาณ 2 นาที
5. ถ่ายน้ำจากกระบอกตวงลงสู่ขวด BOD ที่เตรียมไว้ โดยใช้ Siphon อย่างช้า ๆ ให้เต็มทั้ง 2 ขวด โดยไม่ให้มีฟองอากาศแล้วปิดจุกให้สนิท
6. ทำอีก 2 Dilution ตามขั้นตอนที่ 1 - 5
7. ทำ Blank โดยใช้ น้ำ Dilution water ตามขั้นตอนที่ 3 - 5
8. นำขวด BOD ในแต่ละ Dilution ไปหาออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ที่วันที่ 0 จำนวน 1 ขวด เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20°C . เป็นเวลา 5 วัน แล้วนำมาหาออกซิเจนละลายน้ำอีก 1 ขวด

การคำนวณหาค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD)

$$\text{mg/l BOD}_5 = \frac{(\text{DO}_0 - \text{DO}_5)}{\% \text{ dilution}} \times 100$$

DO_0 = DO ของตัวอย่างที่ได้ทำการเจือจางแล้วในวันที่ 0

DO_5 = DO ของตัวอย่างที่ได้เจือจางแล้วในวันที่ 5

3.2.9 ซีโอดี (Chemical oxygen demand : COD)

การหาค่าปริมาณความต้องการออกซิเจนทางเคมี โดยวิธี Dichromate reflux method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดควบแน่น (Reflux) แบบ Bulb condenser 1 ชุด
2. COD heater ยี่ห้อ Glass Col Apparatus Co. (อุณหภูมิห้อง - 300° ซ.)

3. Boiling flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลาย

1. Standard potassium dichromate solution : 0.025 N
 1. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ละให้แห้งที่ 103 ซ. นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งมาจำนวน 1.2259 กรัม นำไปละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
2. Sulfuric acid reagent เติม Ag_2SO_4 จำนวน 22 กรัม ลงในขวด H_2SO_4 เข้มข้น ซึ่งมีขนาด 4 กิโลกรัม หรือ 9 ปอนด์ ตั้งทิ้งไว้ 2 วันให้ละลาย
3. Standard ferrous ammonium sulfate Titrant : 0.01 N
 ละลาย $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 3.9 กรัมในน้ำกลั่น แล้วเติม H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 20 มิลลิลิตร ลงไป ทำให้เย็น และเติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร แล้วหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน โดยทำการ Standardization กับ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.025 N

4. Ferroin indicator solution ละลาย 1 - 10 กรัม phenanthroline monohydrate จำนวน 1.485 กรัม และ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 695 มิลลิกรัม ลงในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

5. Mercuric sulfate : HgSO_4 crystals

6. Sulfamic acid (ใช้สำหรับน้ำทิ้งที่ต้องการกำจัด NO_3^-)

วิธีวิเคราะห์

1. ใส่น้ำตัวอย่างมา 20 มิลลิลิตร ใส่ใน boiling flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติม HgSO_4 จำนวน 0.4 กรัม ถ้ามี Cl^- มาก ต้องเพิ่ม $\text{HgSO}_4 : \text{Cl}^- = 10 : 1$

3. ใส่ Glass bead

4. เติม $\text{Ag}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ จำนวน 5 มิลลิลิตร

5. เติม 0.025 N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ลงไป 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

6. นำขวดใส่ตัวอย่างต่อเข้ากับชุดความดันบน Heater

7. เติม $\text{Ag}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ ที่ผสมแล้วจำนวน 25 มิลลิลิตร และเขย่าซ้ำ ๆ

8. reflux นาน 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120°C .

9. ทิ้งไว้ให้เย็น ล้าง Condenser ด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตร

ให้เป็น 140 มิลลิลิตร

10. หยด Ferroin indicator ลงไป 2 - 3 หยด

11. ไทเทรตด้วย $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ 0.01N จนถึงจุดยุติเปลี่ยนจาก Blue green เป็น Reddish brown จดปริมาตรไว้

12. ทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารตัวอย่างแล้วเติมสารเคมีตาม ขั้นที่ 2 - 11

วิธี Standardization

ละลายมาตรฐาน $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.025 N จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วเติม H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 30 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น ไทเทรตด้วย $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ 0.01 N ใช้ ferroin indicator จำนวน 2 - 3 หยด แล้วคำนวณหา normality ของ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ ที่ใช้

$$\text{Normality} = \frac{\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ 0.025 N}}{\text{ml Fe (NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \text{ 0.01 N}}$$

การคำนวณหาค่า COD

$$\text{mg/l COD} = \frac{(a - b) N \times 8000}{\text{ml Sample}}$$

COD คือ ค่า Chemical Oxygen Demand จาก dichromate

a เป็น มิลลิลิตร $\text{Fe (NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$

b คือ มิลลิลิตรของ $\text{Fe (NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$ ที่ใช้ไทเทรต Blank

N คือ นอร์มัลลิตีของ $\text{Fe (NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$ ที่ใช้ไทเทรต Sample

3.3 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 ลี - กลิ่นของน้ำทิ้ง ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics)

3.3.2 ใช้สถิติอนุมาน (Inferential statistics) กับค่าคุณภาพของน้ำทิ้ง

ดังนี้

1) อุณหภูมิ SS DS และ BOD ใช้การทดสอบสมมติฐาน เพราะมีค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบ โดยการใช้การทดสอบ t หรือการทดสอบ z

2) pH TS Alkalinity Acidity และ COD ใช้การประมาณค่าแบบช่วง ตัวสถิติที่มีการแจกแจง t หรือการแจกแจง z เนื่องจาก pH มีค่ามาตรฐานเป็นช่วง (5 - 9) ส่วนค่าอื่น ๆ ไม่มีค่ามาตรฐานเปรียบเทียบ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ปริมาณน้ำทิ้งที่วัดได้จากจุดเก็บตัวอย่าง
ผลการวิเคราะห์ทางเคมี และผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ปริมาณน้ำทิ้ง

ปริมาณน้ำทิ้งที่ไหลออกมาจากจุดเก็บตัวอย่างทั้งสามจุด ดังแสดงไว้ในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มสว ประสานมิตร

วัน - เดือน - ปี ที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อัตราการไหลน้ำทิ้งตึกเคมี		อัตราการไหล น้ำทิ้งตึกชีววิทยา	หมายเหตุ
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	
	l/day	l/day	l/day	
17 มิ.ย. 35	955.3	1,341.7	882.1	จุดที่ 1 = ตึกเคมีด้านหน้า จุดที่ 2 = ตึกเคมีด้านหลัง จุดที่ 3 = ตึกชีววิทยา
22 มิ.ย. 35	807.6	614.0	1,184.0	
25 มิ.ย. 35	548.6	1,687.6	605.0	
30 มิ.ย. 35	105.3	379.5	1,214.6	
3 ก.ค. 35	179.0	2,411.2	1,704.9	
8 ก.ค. 35	830.4	7,635.7	338.2	
13 ก.ค. 35	39.4	4,965.5	240.6	

ตาราง 4.1 (ต่อ)

วัน - เดือน - ปี ที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อัตราการไหลน้ำทั้งตึกเคมี		อัตราการไหล น้ำทั้งตึกชีววิทยา	หมายเหตุ
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	
	l/day	l/day	l/day	
20 ก.ค. 35	253.0	3,675.6	1,085.5	1 day = มีเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง
23 ก.ค. 35	1,018.5	3,570.8	752.7	
28 ก.ค. 35	0.0	3,028.8	1,269.4	
31 ก.ค. 35	1,205.8	1,605.7	736.1	
5 ส.ค. 35	1,538.0	6,213.7	823.3	
10 ส.ค. 35	417.9	2,449.0	1,730.7	
14 ส.ค. 35	774.6	3,181.9	1,050.7	
19 ส.ค. 35	3,288.4	4,253.1	1,461.0	
1 ก.ย. 35	708.2	4,133.6	1,294.0	
4 ก.ย. 35	1,214.2	3,447.3	837.3	
9 ก.ย. 35	1,654.8	5,047.0	361.9	
14 ก.ย. 35	194.8	3,316.4	757.7	
17 ก.ย. 35	1,767.7	4,134.2	838.4	
22 ก.ย. 35	0.0	3,887.1	1,521.6	
25 ก.ย. 35	0.0	5,590.2	357.5	
30 ก.ย. 35	0.0	3,721.5	428.2	
ค่าเฉลี่ย	921.1	3,489.7	933.7	รวม=5,344.5

4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

น้ำทิ้งจากจุดต่าง ๆ นำไปวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการและได้ผล ดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 คุณภาพของน้ำทิ้งที่ไหลออกจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มสว. ประสานมิตร

จุดที่ 1 (ตึกเคมีด้านหน้า)

ตัวอย่าง ที่	วัน-เดือน-ปี ที่เก็บตัวอย่าง	สี	กลิ่น	อุณหภูมิ (°C)	pH	TS mg/l	SS mg/l	Alka- linity CaCO ₃ mg/l	Acidity CaCO ₃ mg/l	BOD mg/l	COD mg/l
1	17-6-35	ไม่มีสี	เหม็น	29.6	2.20	1,102	10		IS	178	187
2	22-6-35	ขาวขุ่น	เหม็น	29.2	7.25	809	37	76		147	551
3	25-6-35	ไม่มีสี	เหม็น	30.7	6.60	488	9		10	23	121
4	30-6-35	ไม่มีสี	เหม็น	29.9	8.70	391	8	90		33	53
5	3-7-35	เหลือง อ่อน	หอมกลิ่น สบู่	29.9	7.10	682	28	93		51	245
6	8-7-35	เหลือง อ่อน	เหม็น	30.3	6.55	551	25		23	49	128
7	13-7-35	ไม่มีสี	เหม็น เน่า	29.8	6.60	380	6		10	12	75
8	20-7-35	ฟ้า	ไม่มี	30.7	6.15	550	32		86	54	72
9	23-7-35	ไม่มีสี	เหม็น สารเคมี	29.6	2.55	744	19		251	51	155
10	28-7-35	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
11	31-7-35	ไม่มีสี	เหม็นสบู่	27.8	6.45	262	7		4	19	64

ตาราง 4.2 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	วัน-เดือน-ปี ที่เก็บตัวอย่าง	สี	กลิ่น	อุณหภูมิ (°C)	pH	TS mg/l	SS mg/l	Alka- linity CaCO ₃ mg/l	Acidity CaCO ₃ mg/l	BOD mg/l	COD mg/l
12	5-8-35	เหลือง	เหม็น สารเคมี	29.0	4.75	423	12		29	159	877
13	10-8-35	เหลือง	เหม็น สารเคมี	29.7	6.25	227	10		4	42	50
14	14-8-35	เหลือง	เหม็น	29.6	6.10	338	32		7	70	92
15	19-8-35	ไม่มีสี	เหม็น สารเคมี	29.0	6.60	203	38		8	62	158
16	1-9-35	ส้ม	เหม็น	29.1	2.10	299	11		627	25	135
17	4-9-35	เหลือง อ่อน	เหม็น สารเคมี	30.3	2.70	315	35		173	47	124
18	9-9-35	เหลืองอ่อน อมเขียว	เหม็น	29.4	2.50	713	5		306	152	510
19	14-9-35	ฟ้า	เหม็น สบู่	30.0	6.20	270	87		16	70	606
20	17-9-35	เหลือง	เหม็น สารเคมี	29.5	5.50	515	21		14	34	44
21	22-9-35	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
22	25-9-35	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
23	30-9-35	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = No sample

IS = Insufficient sample

ตาราง 4.2 (ต่อ)

จุดที่ 2 (ลึกเคมีด้านหลัง)

ตัวอย่าง ที่	วัน-เดือน-ปี ที่เก็บตัวอย่าง	สี	กลิ่น	อุณหภูมิ (°C)	pH	TS mg/l	SS mg/l	Alka- linity CaCO ₃ mg/l	Acidity CaCO ₃ mg/l	BOD mg/l	COD mg/l
1	17-6-35	ไม่มีสี	เหม็น	28.4	8.80	543	2	183		50	60
2	22-6-35	เหลืองขุ่น	เหม็น	28.3	7.10	444	14	92		72	143
3	25-6-35	ขาว	เหม็น	29.0	8.80	10,962	23	99		36	132
4	30-6-35	ดำ	เหม็น	28	7.60	568	22	158		57	75
5	3-7-35	เหลือง อ่อน	เหม็น สารเคมี แอลกอฮอล์	29.6	8.50	359	24	118		126	762
6	8-7-35	เหลืองอ่อน	เหม็น	30.2	6.60	213	9		18	29	57
7	13-7-35	ดำ	เหม็น	29.4	5.60	896	16		22	66	140
8	20-7-35	ดำ	เหม็น	30.3	1.70	1,235	23		1,825	77	485
9	23-7-35	ดำ	เหม็น สารเคมี	29.7	7.00	343	26	0	0	21	423
10	28-7-35	เหลือง อ่อน	เหม็น สารเคมี	28.6	8.20	532	25	231		81	41
11	31-7-35	ดำ	เหม็น สารเคมี	27.5	6.60	636	26		17	118	208
12	5-8-35	เหลืองขุ่น	เหม็น สารเคมี	28.0	6.75	528	17		12	57	77

ตาราง 4.2 (ต่อ)

ตัว อักษร ที่	วัน-เดือน-ปี ที่ เก็บตัวอย่าง	สี	กลิ่น	อุณหภูมิ (°C)	pH	TS mg/l	SS mg/l	Alka- linity CaCO ₃ mg/l	Acidity CaCO ₃ mg/l	BOD mg/l	COD mg/l
13	10-8-35	เหลือง ขุ่น	เหม็น สาารเค็ม	28.1	2.10	917	37		616	30	212
14	14-8-35	ดำ	เหม็น	28.6	6.30	475	14		17	135	196
15	19-8-35	ไม่มีสี	เหม็น สาารเค็ม	28.8	6.80	275	15		6	228	342
16	1-9-35	แดงอ่อน	ฉุน	28.4	6.00	583	36		14	36	80
17	4-9-35	เหลือง	เหม็น สาารเค็ม	28.9	6.20	1,084	16		13	142	243
18	9-9-35	เหลืองอ่อน	เหม็น	29.3	5.70	54	13		6	36	68
19	14-9-35	เหลือง อ่อน	เหม็น สาารเค็ม	29.0	8.60	242	17	182		132	494
20	17-9-35	ดำ	เหม็น	28.1	6.05	460	40		23	139	131
21	22-9-35	ส้ม	เหม็น สาารเค็ม	28.3	6.20	800	54		14	199	124
22	25-9-35	เหลืองอม เขียวอ่อน	เหม็น สบู่	28.0	6.10	800	44		20	24	64
23	30-9-35	ดำ	เหม็น สาารเค็ม	27.5	6.40	425	47		14	300	406

NS = No sample

ตาราง 4.2 (ต่อ)

จุดที่ 3 (ตึกชีววิทยา)

ตัวอย่าง ที่	วัน-เดือน-ปี ที่เก็บตัวอย่าง	สี	กลิ่น	อุณหภูมิ (°C)	pH	TS mg/l	SS mg/l	Alka- linity CaCO ₃ mg/l	Acidity CaCO ₃ mg/l	BOD mg/l	COD mg/l
1	17-6-35	ไม่มีสี	เหม็น	34	7.15	204	3	56		41	41
2	22-6-35	ขาวขุ่น	เหม็น ผงซักฟอก	34.3	8.50	345	8	85		12	11
3	25-6-35	ไม่มีสี	เหม็นคาว	31.8	7.60	412	35	111		31	49
4	30-6-35	เหลือง อ่อน	เหม็น คาว	31.3	6.90	363	39		15	35	136
5	3-7-35	เหลือง อ่อน	เหม็น คาว	33.1	6.70	338	95		12	20	45
6	8-7-35	ม่วง	เหม็น	31.3	7.30	187	10	125		35	45
7	13-7-35	ดำ	เหม็นคาว	32.6	6.45	394	28		29	148	10,467
8	20-7-35	น้ำตาล อ่อนปนดำ	เหม็น คาว	34.5	6.50	340	30		13	25	49
9	23-7-35	เหลือง อ่อน	เหม็น คาว	31.2	7.05	432	41	112		147	155
10	28-7-35	เหลือง อ่อน	เหม็น คาว	31.8	7.35	404	32	126		48	30
11	31-7-35	น้ำตาล อ่อน	เหม็น คาว	26.6	6.20	274	3		13	36	38
12	5-8-35	ไม่มีสี	เหม็นคาว	30.1	6.90	298	14		5	24	69

ตาราง 4.2 (ต่อ)

ตัว อักษร ที่	วัน-เดือน-ปี ที่ เก็บตัวอย่าง	สี	กลิ่น	อุณหภูมิ (°C)	pH	TS mg/l	SS mg/l	Alka- linity CaCO ₃ mg/l	Acidity CaCO ₃ mg/l	BOD mg/l	COD mg/l
13	10-8-35	เหลือง	เหม็นคาว	37.6	6.30	264	17		4	152	423
14	14-8-35	เหลือง	แอลกอฮอล์	31.1	6.50	397	21		12	142	208
15	19-8-35	เหลือง อ่อน	เหม็น คาว	30.5	6.80	175	17		4	44	146
16	1-9-35	เหลือง อ่อน	เหม็น สารเคมี	31.1	4.45	250	18		31	60	135
17	4-9-35	ไม่มีสี	เหม็นคาว	32.9	6.15	243	33		18	77	116
18	9-9-35	น้ำเงิน เข้ม	เหม็น สารเคมี	31.6	5.90	206	51		27	442	462
19	14-9-35	น้ำตาลปน ดำ	เหม็น คาว	32.9	2.00	6,219	40		4,308	118	127
20	17-9-35	เขียวแก่	เหม็นคาว	30.7	2.25	1,868	34		1,170	74	163
21	22-9-35	น้ำเงิน เข้ม	เหม็น คาว	30.0	2.20	3,184	21		1,689	39	116
22	25-9-35	ไม่มีสี	สบู่อ่อน	27.5	6.20	213	14		32	56	48
23	30-9-35	ไม่มีสี	เหม็นคาว	29.3	5.90	134	17		18	780	311

NS = No sample

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาคุณภาพของน้ำทิ้งซึ่งถูกปล่อยมาจากสถานที่ต่าง ๆ ของ ตึกเคมีและตึกชีววิทยา คุณภาพของน้ำทิ้ง ประกอบด้วย

1. สี
2. กลิ่น
3. อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ซึ่งมีมาตรฐานน้ำทิ้ง คือ ไม่เกิน 40°C
4. pH ซึ่งมีมาตรฐานน้ำทิ้ง คือ 5 - 9
5. TS (mg/l)
6. SS (mg/l) ซึ่งมีมาตรฐานน้ำทิ้ง คือ ไม่เกิน 30 mg/l
7. DS (mg/l) ซึ่งมีมาตรฐานน้ำทิ้ง คือ + 500 mg/l
8. Alkalinity (mg/l)
9. Acidity (mg/l)
10. BOD (mg/l) ซึ่งมีมาตรฐานน้ำทิ้ง คือ 20 mg/l
11. COD (mg/l)

ผลของการทดลองจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 โดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) จะใช้สถิติพรรณนาสรุปผลของการทดลองเกี่ยวกับสีและกลิ่นของน้ำทิ้ง

ส่วนที่ 2 โดยใช้สถิติอนุมาน (Inferential Statistics)

เนื่องจากส่วนประกอบบางตัวของคุณภาพน้ำทิ้งมีระดับของมาตรฐาน แต่ส่วนประกอบบางตัวไม่มี ดังนั้นจะแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 แบบ คือ

- 1) โดยใช้การทดสอบสมมติฐานสำหรับอุณหภูมิ SS DS และ BOD
- 2) โดยใช้การประมาณค่าสำหรับ pH TS Alkalinity Acidity

และ COD

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา

ผลของการทดลองเกี่ยวกับสีและกลิ่นของน้ำทิ้งจะแสดงในรูปของข้อมูลดิบ (Raw data)

ซึ่งแสดงในตาราง 4.3 และ 4.4

ตาราง 4.3 จำนวนตัวอย่าง (วัน) ของน้ำทิ้งที่มีสีในลักษณะต่าง ๆ กัน จากการเก็บข้อมูลทั้งหมด 23 วัน

สี	จุดที่ 1 (คึกเคมีค้ำหน้า)	จุดที่ 2 (คึกเคมีค้ำหลัง)	จุดที่ 3 (คึกชีววิทยา)	รวม 3 คึก	%
1. ไม่มีสี	7	2	5	14	21.6
2. ขาวขุ่น	1	-	1	2	3.1
3. เหลืองอ่อน	3	5	6	14	21.6
4. ฟ้า	2	-	-	2	3.1
5. เหลือง	4	1	2	7	10.8
6. ส้ม	1	1	-	2	3.1
7. เหลืองอ่อนอมเขียว	1	-	-	1	1.5
8. ดำ	-	8	1	9	13.9
9. ขาว	-	1	-	1	1.5
10. เหลืองขุ่น	-	3	-	3	4.7
11. แดงอ่อน	-	1	-	1	1.5
12. เหลืองอมเขียวอ่อน	-	1	-	1	1.5
13. น้ำตาลอ่อน	-	-	1	1	1.5
14. น้ำตาลอ่อนปนดำ	-	-	1	1	1.5
15. น้ำตาลปนดำ	-	-	1	1	1.5
16. ส้มอ่อน	-	-	1	1	1.5
17. ม่วง	-	-	1	1	1.5
18. น้ำเงินเข้ม	-	-	2	2	3.1
19. เขียวแก่	-	-	1	1	1.5
รวม	19	23	23	65	100

ตาราง 4.4 จำนวนตัวอย่าง (วัน) ของน้ำทิ้งที่มีกลิ่นในลักษณะต่าง ๆ กัน จากการเก็บข้อมูลทั้งหมด 23 วัน

กลิ่น	จุดที่ 1 (ตึกเคมีด้านหน้า)	จุดที่ 2 (ตึกเคมีด้านหลัง)	จุดที่ 3 (ตึกชีววิทยา)	รวม 3 ตึก	%
1. เหม็น	8	9	2	19	29.3
2. หอมกลิ่นสบู่	1	-	-	1	1.5
3. เหม็นเน่า	1	-	-	1	1.5
4. ไม่มีกลิ่น	1	-	-	1	1.5
5. เหม็นสารเคมี	6	11	2	19	29.3
6. เหม็นสบู่	2	1	-	3	4.6
7. แอลกอฮอล์	-	1	1	2	3.1
8. ฉุน	-	1	-	1	1.5
9. สบู่	-	-	1	1	1.5
10. เหม็นคาว	-	-	16	16	24.7
11. เหม็นผงซักฟอก	-	-	1	1	1.5
รวม	19	23	23	65	100

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติอนุมาน

1) เปรียบเทียบข้อมูลหภูมิ SS DS และ BOD กับระดับมาตรฐานของคุณภาพของน้ำทิ้งได้ผลแสดงดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ผลการเปรียบเทียบลุ่มหมุ่ SS DS และ BOD กับระดับมาตรฐานของคุณภาพน้ำทิ้ง

สถานที่	คุณภาพน้ำทิ้ง	ขนาดตัวอย่าง n	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ตัวสถิติทดสอบ	ค่าวิกฤติ
ตึกเคมีด้านหน้า (จุดที่ 1)	ลุ่มหมุ่	19	29.64	-67.0 ^S	$t_{[0.01;18]} = -2.55$
	SS	19	22.74	-1.633 ^{NS}	$t_{[0.01;18]} = -2.55$
	DS	19	443.90	-1.041 ^{NS}	$t_{[0.01;18]} = -2.55$
	BOD	19	76.26	+3.999 ^S	$t_{[0.01;18]} = +2.55$
ตึกเคมีด้านหลัง (จุดที่ 2)	ลุ่มหมุ่	23	28.70	-70.198 ^S	$t_{[0.01;22]} = -2.51$
	SS	23	24.35	-2.076 ^{NS}	$t_{[0.01;22]} = -2.51$
	DS	23	990.30	+1.079 ^{NS}	$t_{[0.01;22]} = +2.51$
	BOD	23	73.32	+4.806 ^S	$t_{[0.01;22]} = +2.51$
ตึกชีววิทยา (จุดที่ 3)	ลุ่มหมุ่	23	32.08	-16.711 ^S	$t_{[0.01;22]} = -2.51$
	SS	23	27.30	-0.733 ^{NS}	$t_{[0.01;22]} = -2.51$
	DS	23	718.40	+0.765 ^{NS}	$t_{[0.01;22]} = +2.51$
	BOD	23	113.22	+2.615 ^S	$t_{[0.01;22]} = +2.51$
ภาพรวม 3 ตึก	ลุ่มหมุ่	65	30.17	-38.286 ^S	$Z_{0.01} = -2.33$
	SS	65	24.82	-2.411 ^{NS}	$Z_{0.01} = -2.33$
	DS	65	734.40	+1.235 ^{NS}	$Z_{0.01} = +2.33$
	BOD	65	92.80	+4.895 ^S	$Z_{0.01} = +2.33$

S = Significant (มีนัยสำคัญทางสถิติ) NS = Nonsignificant (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ)

t = ทีเทส

Z = Z-test

2) การประมาณค่าแบบช่วง (Interval estimation) ของ pH TS Alkalinity Acidity และ COD แสดงดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ช่วงความเชื่อมั่นสำหรับ pH TS Alkalinity Acidity และ COD

สถานที่	คุณภาพน้ำทั้ง	ขนาดตัวอย่าง n	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	99 % confidence interval
คึกเค็ม ด้านหน้า (จุดที่ 1)	pH	19	5.255	5.255 ± 1.359 หรือ $[3.896, 6.614]$
	TS	19	466.600	466.600 ± 153.947 หรือ $[312.653, 620.547]$
	Alkalinity	19	86.300	86.300 ± 51.947 หรือ $[34.354, 138.247]$
	Acidity	16	98.180	98.180 ± 125.670 หรือ $[-27.490, 223.850]$
	COD	19	223.500	223.500 ± 154.938 หรือ $[68.562, 378.438]$
คึกเค็ม ด้านหลัง (จุดที่ 2)	pH	23	6.509	6.509 ± 1.038 หรือ $[5.471, 7.547]$
	TS	23	1014.700	1014.705 ± 1281.275 หรือ $[-266.575, 2295.975]$
	Alkalinity	7	151.900	151.900 ± 27.115 หรือ $[124.785, 179.015]$
	Acidity	16	175.800	175.800 ± 35.533 หรือ $[140.267, 211.333]$
	COD	23	215.800	215.800 ± 109.312 หรือ $[106.488, 325.112]$
คึก ชีววิทยา (จุดที่ 3)	pH	23	6.504	6.504 ± 1.038 หรือ $[5.041, 7.067]$
	TS	23	745.400	745.400 ± 806.751 หรือ $[-61.351, 1152.151]$
	Alkalinity	6	101.700	101.700 ± 43.434 หรือ $[58.266, 145.134]$
	Acidity	17	435.300	435.300 ± 783.132 หรือ $[-347.832, 1218.432]$
	COD	23	147.400	147.400 ± 81.499 หรือ $[65.901, 228.899]$
ภาพรวม 3 คึก (จุดที่ 3)	pH	65	5.982	5.982 ± 0.602 หรือ $[5.370, 6.584]$
	TS	65	758.615	758.615 ± 489.956 หรือ $[268.659, 1248.571]$
	Alkalinity	16	120.700	120.700 ± 33.991 หรือ $[86.709, 154.691]$
	Acidity	49	241.800	241.800 ± 277.251 หรือ $[-35.451, 519.051]$
	COD	65	193.800	193.800 ± 80.00 หรือ $[133.798, 253.802]$

สรุป วิจัยผลการวิจัย และเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 เพื่อตรวจวัดปริมาณและคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตรนั้น ได้ผลวิจัยออกมาดังในตาราง 4.1 และ 4.2 ซึ่งมีปริมาณน้ำทิ้งรวมทั้ง 3 จุด เท่ากับ 5,344.5 ลิตร/วัน

5.1.2 เพื่อตรวจวัดสภาพความรุนแรงของความเน่าเสียของน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร นั้น ได้ผลออกมาดังในตาราง 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6 และมีข้อสรุปต่อไปนี้ (โปรดดูตาราง 2.1 ประกอบ)

จากตาราง 4.3 พบว่าสีของน้ำทิ้งส่วนใหญ่ทั้งไม่มีสี สีเหลืองอ่อน สีดำ และเหลือง แต่โดยภาพรวมแล้วน้ำทิ้งมีสีผิดไปจากน้ำสะอาด (ไม่มีสี) จากตาราง 4.4 พบว่ากลิ่นของน้ำทิ้งมีกลิ่นเหม็น 19 ตัวอย่าง เหม็นสาธเคมี 19 ตัวอย่าง และยังมีเหม็นคาวอีก 16 ตัวอย่าง ซึ่งเมื่อเทียบสีและกลิ่นของน้ำทิ้งกับมาตรฐานแล้วสรุปได้ว่าอยู่ในระดับที่พึงระวังเกินหรือต่ำกว่ามาตรฐาน

จากตาราง 4.5 คือ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล อุณหภูมิ SS DS และ BOD พบว่า

ก) จากผลการวิเคราะห์ทางเคมีครั้งนี้ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า ปริมาณ SS และ DS จากดักเคมีด้านหน้า ดักเคมีด้านหลัง และดักชีววิทยา ตามลำดับ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำทิ้งหรือไม่ แต่ด้วยความเชื่อมั่น 99% กล่าวได้ว่าอุณหภูมิจากดักทั้งสามดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำทิ้ง (หรือยอมรับได้)

ข) จากผลการวิเคราะห์ทางเคมีครั้งนี้ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า ปริมาณ DS ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) จากดัก 3 ดัก (เคมีด้านหน้า เคมีด้านหลัง และชีววิทยา) เกินกว่าระดับมาตรฐานของคุณภาพน้ำทิ้ง แต่ด้วยความเชื่อมั่น 99% กล่าวได้ว่า อุณหภูมิและปริมาณ SS อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนปริมาณ BOD เกินกว่าระดับมาตรฐานของคุณภาพน้ำทิ้ง

จากตาราง 4.6 คือผลการวิเคราะห์ข้อมูล pH TS Alkalinity Acidity และ COD พบว่า

ก) ด้วยความเชื่อมั่น 99% จุดที่ 1 (ตึกเคมีด้านหน้า) มีค่าต่ำสุดของ pH น้อยกว่าระดับค่าสุดของมาตรฐานน้ำทิ้ง และปริมาณสูงสุดของ pH น้อยกว่าระดับสูงสุดของมาตรฐานน้ำทิ้ง นั่นคือปริมาณค่าสุดของ pH ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง แต่ปริมาณสูงสุดของ pH อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วนจุดอื่น ๆ มีค่า pH อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ข) ค่า TS Alkalinity Acidity และ COD ไม่มีมาตรฐานเปรียบเทียบจึงไม่สามารถสรุปความรุนแรงของน้ำทิ้ง อันเนื่องมาจากตัวแปรทั้ง 4 นี้ได้

5.1.3 เพื่อเตรียมข้อมูลประกอบการพิจารณาวางแผนออกแบบก่อสร้างระบบบำบัดและบำบัดน้ำเสีย เพื่อรองรับน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร รวมทั้งเพื่อเตรียมข้อมูลประกอบการพิจารณาวางแผนออกแบบก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวมดังกล่าว

จากข้อมูลในข้อ 5.1.1 และ 5.1.2 สามารถสรุปได้ว่าน้ำทิ้งจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มีปริมาณและคุณภาพที่ควรจะต้องได้รับการบำบัด ก่อนปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวม ดังจะเห็นได้จาก สี - กลิ่น BOD และ pH (บางจุด) มีค่าไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง เพราะถ้าปล่อยน้ำทิ้งเหล่านี้ลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมโดยไม่ผ่านการบำบัดก่อน จะต้องเกิดผลกระทบต่อระบบอย่างแน่นอน

5.2 วิจารณ์ผลการวิจัยและเสนอแนะ

5.2.1 ข้อมูลจากการวิเคราะห์ที่ได้เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้น เนื่องจากตัวอย่างที่เก็บได้ไม่ใช่ตัวแทนของตัวอย่างน้ำในรอบปี ดังนั้นควรทำการวิจัยในช่วงเวลาที่ครอบคลุมระยะเวลายาวนานให้ครบปี

5.2.2 ยังมีผลการวิเคราะห์ทางสถิติบางจุด ที่ไม่สามารถสรุปได้ว่า คุณภาพน้ำบางอย่างมีค่าเกินมาตรฐานจริงหรือไม่ เช่น ค่า DS เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลยังมีจำนวนตัวอย่างไม่พอเพียง ดังนั้นควรมีการเก็บตัวอย่างให้มีจำนวนตัวอย่างมากขึ้น และช่วงเวลาชวาวนานขึ้น

5.2.3 การออกแบบและก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำทั้งก่อนปล่อยน้ำลงสู่ระบบบำบัดรวม
จึงต้องพิจารณาหรือออกแบบระบบให้มีลักษณะที่จะบำบัดให้คุณภาพน้ำได้มาตรฐาน โดยให้ความสำคัญ
สำคัญในการลดค่า BOD ปริมาณและกลิ่นของน้ำ และปรับค่า pH เป็นอันดับแรก สำหรับ
โลหะหนัก ซึ่งต้องมีการตรวจวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และจัดอันดับ
ความสำคัญในการบำบัดคุณภาพน้ำต่อไป

บรรณานุกรม

การณิการิ สิริสิงห. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. กรุงเทพฯ :

บริษัท สารมวลชน จำกัด, 2522.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (บรรณาธิการ). คู่มือวิเคราะห์น้ำทิ้ง. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ. น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขต กทม. และ
ปริมณฑล. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและการพลังงาน, 2530.

ธรรมบุญ ไรชนะบุราณท์ และคณะ. การศึกษาสภาวะแวดล้อมทางน้ำในคลองหลักของ
กรุงเทพมหานคร. ผลงานวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ลำดับที่ 11, 2526.

เบญจา พวงสุวรรณ. รายงานการศึกษาวิเคราะห์ผลงานวิจัย อันดับที่ 6 น้ำทิ้ง - น้ำเสีย
พ.ศ. 2514 - 2523. กองวิเคราะห์โครงการและประเมินผล สำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน
เมษายน 2525.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. แหล่งน้ำกับปัญหามลภาวะ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2525.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัย
ทางการประมง. กรุงเทพฯ : ร.พ.ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด,
2528.

รายงานกิจกรรมของกรมวิทยาศาสตร์บริการ ฉบับที่ 31. ต.ค. 2510 - ก.ย. 2515.

วิทยา เพียรวิจิตร. เทคโนโลยีการกำจัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเคเอ็นสตาร์,
2525.

เสริมพล รัตสุท และไชยยุทธ กลิ่นแสนธ. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและ
แหล่งชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย,
มิถุนายน 2524.

American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of water and waste water. 14th ed.

Washington, DC. : American Public Health Association, 1976.

Draper N., Smith H. Applied regression analysis. New York : John Wiley & Sons, 1966.

Freund J. Modern elementary statistics. New Jersey : Prentice-Hall International, Inc., 1988.

Iman R., Conover W. Modern business statistics. New York : John Wiley & Sons, 1983.

Kirk R. Experimental design. Belmont California : Wadsworth Inc., 1982.

ภาคผนวก

ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บตัวอย่างน้ำ

โครงการ "มลพิษทางน้ำของน้ำทิ้งจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์"

ชื่อ - สกุล ผู้เก็บตัวอย่าง นาย เสรีรัตน์ ศรีจันทร์
 วันที่ 1 ก.ย. 2535 จุดที่ 01 (ตึกเคมีด้านหน้า)
 ณ รั้ว กลับ 1 ชั่วโมง

Time	T (c)	อัตราการไหล		อัตราการผสม 3,000 Q n = $\frac{\quad}{X}$	อัตราการ ผสม (n) ที่ปรับใหม่	หมายเหตุ
		ml/sec	l/hr			
9.00 น.	28	295/49	21.7	91.9	41.3	
10.00 น.	28	340/25	49.0	207.6	93.3	
11.00 น.	28	370/45	29.6	125.4	56.4	
12.00 น.	30	350/3	420.0	1,779.2	800.0	
13.00 น.	30	350/14	90.0	381.2	171.4	
14.00 น.	30	320/83	13.9	58.9	26.5	
15.00 น.	30	350/15	84.0	355.8	160.0	
16.00 น.	-	-	-	-	-	น้ำใส
$\bar{X} = 29.1$			X = 708.2	3,000 ml	1,348.9 ml	

ภาคผนวก (ต่อ)

ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บตัวอย่างน้ำ

โครงการ "มลพิษทางน้ำของน้ำทิ้งจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์"

ชื่อ - สกุล ผู้เก็บตัวอย่าง น.ศ. เสรีรัตน์ สนิททรัพย์
 วันที่ 1 ก.ย. 2535 จุดที่ 02 (ใต้ประตูด้านหน้า Weir กันน้ำ)
 ลม 11.00 น. กลิ่น ฉุน

Time	T (c)	H (cm)	Q(l/hr)	3,000 Q n = $\frac{Q}{X}$	หมายเหตุ
9.00 น.	28	1.9	315.2	228.8	
10.00 น.	28	2.0	356.6	258.8	
11.00 น.	28	2.1	400.9	291.0	
12.00 น.	28	2.1	400.9	291.0	
13.00 น.	29	2.9	871.4	632.4	
14.00 น.	28	2.2	448.4	325.4	
15.00 น.	29	2.6	670.1	486.3	
16.00 น.	29	2.6	670.1	486.3	
$\bar{T} = 28.4$			X = 4,133.6	3,000 ml	

หมายเหตุ $Q(l/sec) = 0.0187 H^{2.405} (cm)$

ภาคผนวก (ต่อ)

ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บตัวอย่างน้ำ

โครงการ "มลพิษทางน้ำของน้ำทิ้งจากอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์"

ชื่อ - สกุล ผู้เก็บตัวอย่าง ... นาย เสรี วัฒน ... อภินันท์ นิล ...

วันที่ ... 1 ก.ย. 2535 ... จุดที่ 03 (ตึกจรัลวิทยา)

สี ... เขียวอ่อน ... กลิ่น ... ไม่มีกลิ่น

Time	T (c)	อัตราการไหล		อัตราการผสม 3,000 Q n = $\frac{\quad}{X}$	หมายเหตุ
		ml/sec	l/hr		
9.00 น.	31	995/15	238.8	553.6	
10.00 น.	30	955/15	163.7	379.5	
11.00 น.	31	830/18	166.0	384.9	
12.00 น.	32	970/16	218.3	506.1	
13.00 น.	32	990/11	324.0	751.2	
14.00 น.	31	485/67	26.1	60.5	
15.00 น.	31	960/22	157.1	364.2	
16.00 น.	-	-	-	-	น้ำใสในล
$\bar{x} = 31.1$			X = 1,294.0	3,000 ml	