การออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม

นางสาวทิวาวรรณ คงคาศรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

DESIGN OF QUALITY EVALUATION PROCESS FOR WASTEWATER COLOR IN INDUSTRY SECTOR

Miss Tiwawan Khongkhasri

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม
โดย	นางสาวทิวาวรรณ คงคาศรี
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทิวาวรรณ คงคาศรี : การออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม. (DESIGN OF QUALITY EVALUATION PROCESS FOR WASTEWATER COLOR IN INDUSTRY SECTOR) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช, 169 หน้า.

การประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งว่าเป็นที่พึงรังเกียจ ควรมีการประเมินทั้งทางเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เพราะจะให้ผลการประเมินสีน้ำทิ้งนั้นมีความน่าเชื่อถือขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบกระบวนการสำหรับการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งจากภาคอุตสาหกรรม ซึ่งกระบวนการนั้นต้องสามารถแสดงความสัมพันธ์ของลักษณะของสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจด้วยดัชนีทางห้องปฏิบัติการรวมทั้งดัชนีอื่นๆ ที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วไป งานวิจัยนี้ใช้น้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าเป็นกรณีศึกษา ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 1) ทำการทบทวนกับผู้เชี่ยวชาญถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งและวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานสำหรับภาคอุตสาหกรรม รวมทั้งการหารูปแบบของการกำหนดระดับสีน้ำทิ้ง 2) ทำการประเมินคุณภาพตัวอย่างสีน้ำทิ้ง ดังนี้ 2.1) การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ และ 2.2) การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเมื่อเทียบกับค่าดัชนีทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้แก่ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี 3) ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีต่างๆ ผลการดำเนินงานวิจัยพบว่า ค่าสีน้ำทิ้งที่ “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” เมื่อเทียบกับแถบสีของระบบมันเซลล์จะมีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 9 และมีค่าความอิ่มตัวของสีในตำแหน่งที่ต่ำกว่า 4 ส่วนสีน้ำทิ้งที่ “เป็นที่พึงรังเกียจ” เมื่อเทียบกับดัชนีทางห้องปฏิบัติการจะมีค่าสีมากกว่า 163 ADMI ขึ้นไป ค่าสีน้ำทิ้งที่เป็นที่พึงรังเกียจนี้จะมีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดี (ที่ r= 0.80) งานวิจัยนี้ยังได้ข้อสรุปอีกว่า ผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์มีความสอดคล้องกับผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ การออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่ได้นำเสนอนี้สามารถช่วยให้ผลการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5370642021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: WASTEWATER COLOR/ OBJECTIONABILITY/ SUBJECTIVE EVALUATION

TIWAWAN KHONGKHASRI: DESIGN OF QUALITY EVALUATION PROCESS FOR WASTEWATER COLOR IN INDUSTRY SECTOR. ADVISOR: ASSOC. PROF. D.JITTRA RUKIJKANPANICH, 169 pp.

To evaluate the wastewater color that is objectionable should be performed both qualitative and quantitative, so that the results of the evaluation are more reliable. Therefore, this research aims to design a process for evaluating wastewater color that effluents from industry sector. This process would be able to indicate the nature of the objectionable wastewater color by laboratory indices and other commonly accepted indices. In this research, the wastewater from drainage of a dyeing factory was a case study. The procedure of this research had three major steps. The first step was to review with the experts related to a) the factors that affect wastewater color, b) the evaluation process and the color analysis standards for industrial wastewater, and c) the pattern of the color levels. The second step was to design and perform the evaluation process and the color analysis. The sub-steps comprised 2.1) subjective evaluation (visual analysis) of wastewater compared to the color bar of the Munsell color system, 2.2) subjective evaluation (visual analysis) compared to the laboratory indices. These indices comprised color, turbidity, BOD, and COD. The third step was to analyze the relationship of these indices. The results showed that for "not objectionability" of the wastewater color from the dye factory, value of color should equal in position 9 and choma should not over in position 4, while for "obectionability" of the wastewater, ADMI of color should be higher than 163. In addition, there was the correlation between ADMI and COD (r = 0.80). It also could be concluded that the results of color subjective evaluation compared to the Munsell color system was consistent with the subjective evaluation compared to the laboratory indices. The proposed process in this research could help to make the wastewater color evaluation was more reliable.

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....

Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจาก “ทุน 90 ปีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช" และผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ รศ.ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้กรุณาได้ให้คำแนะนำแนวทางในการทำงานวิจัยและให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัย ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รศ.สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน ประธานกรรมการ รศ.สมชาย พวงเพิกศึก กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย และอ.ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย กรรมการ ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของโครงงานวิจัย นอกจากนี้ผู้ทำวิจัยขอขอบคุณโรงงานกรณีศึกษาที่ให้ความร่วมมือในการวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ผู้ทำวิจัยขอระลึกถึงคุณบิดา มารดา ครูบาอาจารย์ เพื่อน ๆ ทุกท่านที่ได้ส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาตลอดระยะเวลาในการศึกษาจนสำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 12
1.3 นิยาม 12
1.4 ขอบเขตงานวิจัย 13
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 13
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14
บทที่ 2 การสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 15
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 15
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 39
3.1 รายละเอียดการดำเนินงานวิจัย 39
4.1 ผลการศึกษาการดำเนินงานของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับสีน้ำทิ้ง 54
4.2 ผลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในแบบสอบถามการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งด้วยเทคนิคเดลฟาย 56
4.3 ผลการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง 76
4.4 ผลการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งสำหรับกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในการศึกษาครั้งนี้กับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานสากล 79
บทที่ 5 ผลการดำเนินการออกแบบกระบวนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง 82
5.1 ผลการคัดเลือกโรงงานที่ใช้ในกรณีศึกษา 82
5.2 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บน้ำทิ้งที่อาจส่งผลต่อค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ 84
5.3 ผลการดำเนินการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ 92

CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

5.4 ผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ 104

บทที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับกับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้ง 112

6.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมและจากโรงงานย้อมผ้า 112

6.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม 113

6.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า 114

6.4 ผลการสร้างความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในรูปสมการถดถอยแบบเส้นตรง สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า 118

บทที่ 7 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะและข้อจำกัด 120

7.1 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย 120

7.2 ข้อเสนอแนะ 122

7.3 ข้อจำกัด 123

รายการอ้างอิง 125

ภาคผนวก ก แบบพิจารณาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม 130

ภาคผนวก ข ข้อกำหนดของกลุ่มตัวอย่างประชาชนในการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจและแผ่นทดสอบตาบอดสี 153

ภาคผนวก ค รายงานผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ใช้ในการศึกษา 158

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 168

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างข่าวการร้องเรียนในเรื่องสีน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ 1
ตารางที่ 1.2 ประเภทอุตสาหกรรมกับลักษณะของน้ำทิ้ง 10
ตารางที่ 1.3 เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม สำหรับดัชนีคุณภาพสีน้ำทิ้ง 11
ตารางที่ 2.1 ผลกระทบของสารประเภทต่างๆ ในน้ำทิ้งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมผลกระทบของสารประเภทต่างๆ ในน้ำทิ้งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 17
ตารางที่ 2.2 กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม 18
ตารางที่ 2.3 สีปรากฏและสาเหตุการเกิดสี 22
ตารางที่ 2.4 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จำแนกตามระดับค่าความคลาดเคลื่อนของ Taro Yamane 32
ตารางที่ 3.1 เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมสำหรับดัชนีคุณภาพสีน้ำทิ้ง 41
ตารางที่ 4.1 ร้อยละของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านปัจจัยที่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 2 65
ตารางที่ 4.2 ร้อยละของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 2 68
ตารางที่ 4.3 ร้อยละของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านการหารูปแบบของการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 2 73
ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งสำหรับกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในการศึกษาครั้งนี้กับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานสากล 80
ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ 3 ช่วงเวลาของแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม 84
ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม (เวลากับค่าสี) 85
ตารางที่ 5.3 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม (เวลากับค่าความขุ่น) 86
ตารางที่ 5.4 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม (เวลากับค่าบีโอดี) 87
ตารางที่ 5.5 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม (เวลากับค่าซีโอดี) 87
ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำใน 3 ช่วงเวลาของโรงงานย้อมผ้า 88

หน้า

ตารางที่ 5.7 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า (เวลากับค่าสี)..... 89
ตารางที่ 5.8 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า (เวลากับค่าความขุ่น) 90
ตารางที่ 5.9 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า (เวลากับค่าบีโอดี) 91
ตารางที่ 5.10 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า (เวลากับค่าซีโอดี)..... 91
ตารางที่ 5.11 ผลการประมาณการมองเห็นแถบสีของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม..... 93
ตารางที่ 5.12 ผลการประมาณการมองเห็นแถบสีของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป 94
ตารางที่ 5.13 ผลการประมาณการมองเห็นแถบสีของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า .. 101
ตารางที่ 5.14 ผลการประมาณการมองเห็นแถบสีของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป 103
ตารางที่ 5.15 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำและร้อยละการประมาณการมองเห็นเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมและกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม..... 105
ตารางที่ 5.16 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำและร้อยละการประมาณการมองเห็นเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้าและกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า..... 109
ตารางที่ 6.1 ผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการจากตัวอย่างน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม..... 113
ตารางที่ 6.2 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำและการประมาณการมองเห็นเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า..... 114
ตารางที่ 6.3 ผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการจากตัวอย่างน้ำทิ้งของโรงงานย้อมผ้า..... 117
ตารางที่ 7.1 การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่ใช้ในการออกแบบกระบวนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม..... 120

หน้า

ตารางที่ 7.2 การประมาณค่าใช้จ่ายในการสำรวจ ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติเมื่อได้รับข้อร้องเรียน 123
ตารางที่ ข.1 แผ่นทดสอบตาบอดสีที่ใช้ในการทดสอบตาบอดสีของกลุ่มตัวอย่างประชาชนก่อนการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้ง 151

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งแบบจ้วง 24
ภาพที่ 2.2 จำลองการแสดงค่าสี 5RP5/12 ตามระบบสีมันเซลล์ 28
ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างแผ่นทดสอบตาบอดสี 34
ภาพที่ 3.1 รายละเอียดงานวิจัย 39
ภาพที่ 3.2 การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ 50
ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ 51
ภาพที่ 3.4 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ 51
ภาพที่ 3.5 การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ 52
ภาพที่ 4.1 แผนผังการดำเนินงานของหน่วยงานราชการเมื่อได้รับเรื่องร้องเรียน 54
ภาพที่ 4.2 แผนผังผลการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งเมื่อได้รับเรื่องร้องเรียน 77
ภาพที่ 5.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่บริเวณปลายท่อน้ำทิ้งของโรงงานย้อมผ้า จังหวัดสมุทรปราการ 83
ภาพที่ 5.2 บริเวณที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม 83
ภาพที่ 5.3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม 84
ภาพที่ 5.4 ตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ 92
ภาพที่ 5.5 แถบสีของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมด้วยระบบสีมันเซลล์ 93
ภาพที่ 5.6 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 1 95
ภาพที่ 5.7 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 2 95
ภาพที่ 5.8 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 3 96
ภาพที่ 5.9 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 4 96
ภาพที่ 5.10 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 5 97
ภาพที่ 5.11 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 6 97
ภาพที่ 5.12 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 7 98
ภาพที่ 5.13 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 8 98
ภาพที่ 5.14 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 9 99
ภาพที่ 5.15 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบสีมันเซลล์ วันที่ 1 99
ภาพที่ 5.16 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 2 99
ภาพที่ 5.17 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 3 99
ภาพที่ 5.18 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 4 100

หน้า

ภาพที่ 5.19 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 5 100
ภาพที่ 5.20 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 6 100
ภาพที่ 5.21 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 7 100
ภาพที่ 5.22 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 8 100
ภาพที่ 5.23 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 9 101
ภาพที่ 5.24 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมในขวดแก้วรูปชมพู่ 105
ภาพที่ 5.25 ลักษณะสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณ 106
ภาพที่ 5.26 ลักษณะสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป 107
ภาพที่ 5.27 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าในขวดแก้วรูปชมพู่ 107
ภาพที่ 5.28 ลักษณะสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า 110
ภาพที่ 5.29 ลักษณะสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป 110
ภาพที่ 6.1 กราฟผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจกับค่าสี 115
ภาพที่ 6.2 กราฟผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจกับค่าสีและค่าความขุ่น 115
ภาพที่ 6.3 กราฟผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจกับค่าสีและค่าบีโอดี 116
ภาพที่ 6.4 กราฟผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจกับค่าสีและค่าซีโอดี 116
ภาพที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าสี 118

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะมากมาย ซึ่งมาจากทั้งโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน น้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาในบางครั้งอาจยังไม่ได้รับการบำบัดมาก่อน จึงก่อให้เกิดผลเสียในเรื่องของสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะเป็นอย่างมาก ส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่ในบริเวณนั้นหรือผู้ที่พบเห็นซึ่งก่อให้เกิดความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งในบริเวณดังกล่าว ตามกฎหมายเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) (พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2535) และเรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) (พระราชบัญญัติโรงงาน 2535) มีการกำหนดว่าสีน้ำทิ้งต้อง “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” ซึ่งยังไม่มีการกำหนดวิธีการหรือเกณฑ์ค่าสีน้ำทิ้งที่ชัดเจน ในบางครั้งน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ อาจมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำ เช่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีเป็นไปตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด แต่สำหรับเรื่องสีน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาสู่แหล่งน้ำสาธารณะนั้น ยังเป็นปัญหาที่ถูกละเลยและไม่สามารถตรวจสอบได้ชัดเจน โดยเหตุการณ์ดังกล่าวสามารถพบได้จากตัวอย่างการร้องเรียนของประชาชนที่นำเสนอผ่านข่าวในเขตพื้นที่ต่างๆ ที่ประสบปัญหาเรื่องสีน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างข่าวการร้องเรียนในเรื่องสีน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

(ระหว่างเดือน ก.พ. 2555 – ต.ค. 2556)

ลำดับที่	วันที่ประกาศข่าว	แหล่งที่มา	เนื้อหาข่าว	สถานที่เกิดเหตุและความเสียหาย
1.	วันเสาร์ที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555	ข่าวของเดลินิวส์ออนไลน์	**“แม่เมืองปากน้ำเร่งตรวจสอบโรงงานปล่อยน้ำเสียลงอ่าวไทย** เป็นการลักลอบปล่อยน้ำเสียลงทะเลบริเวณปากอ่าวไทย จ. สมุทรปราการ ของ	จ.สมุทรปราการ - ทัศนียภาพไม่ดี

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างข่าวการร้องเรียนในเรื่องสีน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ต่อ)
(ระหว่างเดือน ก.พ. 2555 – ต.ค. 2556)

ลำดับที่	วันที่ประกาศข่าว	แหล่งที่มา	เนื้อหาข่าว	สถานที่เกิดเหตุและความเสียหาย
			บริษัทลัคกี้เท็คซ์ (ไทย) จำกัด(มหาชน) ตั้งอยู่ในซอยเทศบาลตำบลบางปู 106 เลขที่ 99 หมู่ 3 ต. บางปูใหม่ อ. เมือง จ.สมุทรปราการ เป็นโรงงานฟอกย้อมผ้าขนาดใหญ่ตั้งอยู่บนเนื้อที่ประมาณ 100 ไร่ โรงงานเคยได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO14000 เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมาแล้วเมื่อ 2 ปีก่อน จากการสอบถามไปทางคณะผู้บริหารของบริษัทได้ให้การยอมรับว่าต่อท่อระบายน้ำเสียลงสู่ทะเลจริง แต่น้ำที่ปล่อยออกมานั้น มีค่าบีโอดีของน้ำอยู่ในระดับมาตรฐาน มีเพียงสีที่ปะปนอยู่ในน้ำเท่านั้นที่ไม่สามารถปรับเปลี่ยนให้เป็นสีขาวได้ จึงทำให้น้ำที่ถูกปล่อยออกไปเป็นสีดำ จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียในครั้งนี้ พบว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน”	
2.	วันอาทิตย์ที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2555	ข่าวของไทยพีบีเอส ออนไลน์	**“ตรวจสอบขบวนการลักลอบปล่อยน้ำเสียของโรงงานใน สมุทรปราการ** เป็นเรื่องของการ	จ.สมุทรปราการ - ประชาชนไม่พึงพอใจสีน้ำทิ้งที่ทำให้แหล่งน้ำสาธารณะบริเวณนั้น

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างข่าวการร้องเรียนในเรื่องสีน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ต่อ)
(ระหว่างเดือน ก.พ. 2555 – ต.ค. 2556)

ลำดับที่	วันที่ประกาศข่าว	แหล่งที่มา	เนื้อหาข่าว	สถานที่เกิดเหตุและความเสียหาย
			ติดตามการตรวจสอบและเอาผิดขบวนการบรรทุกน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมไปลักลอบปล่อยทิ้งตามพื้นที่ต่างๆใน จ.สมุทรปราการ และเมื่อได้มีการนำเสนอข่าวออกไป จึงมีการเปลี่ยนที่ปล่อยน้ำเสียเป็นบริเวณพื้นที่รกร้างริมทะเลแทน และพบว่า มีโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่ง ที่อยู่ริมทะเลย่านบางปูลักลอบปล่อยน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง จากการสังเกตสีของน้ำทิ้ง ชาวบ้านสันนิษฐานว่า <u>อาจเป็นน้ำเสียที่มาจากโรงงานฟอกย้อม เพราะมีสีเข้มและเห็นได้เด่นชัด</u>”	เป็นที่พึงรังเกียจ
3.	วันอาทิตย์ที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2555	ข่าวของพัทยาเดลินิวส์ออนไลน์	**“สุดทน!! ชาวบ้านบุกพิสูจน์โรงงานรีดเหล็กปล่อยน้ำเสียลงคลอง** เป็นเรื่องการร้องเรียนของชาวบ้านมาบตองในอ.บ้านค่ายจ.ระยอง เกือบ 100 คนได้ได้บุกพิสูจน์เส้นทางปล่อยน้ำเสียจากโรงงานรีดเหล็กลงสู่คลองสาธารณะ ที่ใช้ในในการผลิตน้ำประปาประจำ	อ.บ้านค่าย จ.ระยอง - ส่งผลให้สัตว์น้ำสูญพันธุ์ - ชาวบ้านป่วยเป็นโรคผิวหนัง - น้ำในลำรางสาธารณะเป็นฟองมีกลิ่นเหม็น ขุ่น และมีสีแดงคล้ายสนิมเหล็ก - ชาวบ้านไม่สามารถ

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างข่าวการร้องเรียนในเรื่องสีน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ต่อ)
(ระหว่างเดือน ก.พ. 2555 – ต.ค. 2556)

ลำดับที่	วันที่ประกาศข่าว	แหล่งที่มา	เนื้อหาข่าว	สถานที่เกิดเหตุและความเสียหาย
			หมู่บ้าน ซึ่งส่งผลให้สัตว์น้ำสูญพันธุ์ ชาวบ้านป่วยเป็นโรคผิวหนัง ซึ่งจากการตรวจสอบภายในโรงงานมิตรสตีล จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานรีดเหล็กเย็น ตั้งอยู่ พื้นที่หมู่ 10 ต.หนองละลอก อ.บ้านค่าย จ.ระยอง พบว่า โรงงาน ดังกล่าวปล่อยน้ำเสียลงลำรางสาธารณะ ส่งผลให้น้ำในลำรางสาธารณะเป็นฟองมีกลิ่นเหม็น ขุ่นและมีสีแดงคล้ายสนิมเหล็ก ปลาและสัตว์น้ำทุกชนิดตายเน่าหมดจนสูญพันธุ์ไม่เหลือแหล่งอาหารของชาวบ้านอีกทั้งชาวบ้านไม่สามารถนำน้ำในลำรางดังกล่าวมาอุปโภคบริโภคได้เหมือนเช่นเคย เพราะกลัวสารพิษปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำ จากการตรวจสอบเพิ่มเติม พบว่า โรงงานมีการปล่อยน้ำเสียที่ไม่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียก่อน โดยปล่อยออกจากท่อส่งยางให้ไหลลงประตูระบายน้ำและไหลลงลำรางที่มีการขุดเป็นร่องน้ำในสวนยางเป็นระยะทางกว่า 1 กม.ก่อนที่จะไหลลงลำรางสาธารณะ ซึ่งส่งผลทำให้ชาวบ้านเดือดร้อนเป็นจำนวนมาก”	นำน้ำในลำรางดังกล่าวมาอุปโภคบริโภคได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างข่าวการร้องเรียนในเรื่องสีน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ต่อ)
(ระหว่างเดือน ก.พ. 2555 – ต.ค. 2556)

ลำดับที่	วันที่ประกาศข่าว	แหล่งที่มา	เนื้อหาข่าว	สถานที่เกิดเหตุและความเสียหาย
4.	วันอังคารที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2555	ข่าวของไอเอ็นเอ็นออนไลน์	**“ชาวบ้านแปดริ้ว ร้องขอความเป็นธรรมต่อ ดีเอสไอ หลังบริษัทปล่อยน้ำเสียลงในพื้นที่ จนเดือดร้อน ดีเอสไอรับเรื่องและขอเวลาตรวจสอบก่อน** เป็นเรื่องราวการร้องทุกข์ของชาวบ้านใน ต.หนองแหน อ.สามพราน จ.ฉะเชิงเทรา จำนวนกว่า 30 คน ได้ยื่นหนังสือขอความเป็นธรรมในเรื่องการได้รับความเดือดร้อนจากบริษัทแห่งหนึ่งในเขตพื้นที่อยู่อาศัย ที่มีการปล่อยน้ำเสียและสารเคมีอันตรายในบ่อร้างเนื้อที่กว่า 15 ไร่ ซึ่งส่งผลต่อชาวบ้านทั้งในเรื่องของสีน้ำทิ้งที่ส่งผลกับทัศนียภาพของชุมชน กลิ่นเหม็น น้ำใต้ดินเสีย และป่วยเป็นโรคระบบทางเดินหายใจเป็นจำนวนมาก”	จ.ฉะเชิงเทรา - สีน้ำทิ้งส่งผลกับทัศนียภาพของชุมชน - มีกลิ่นเหม็น น้ำใต้ดินเสีย - ชาวบ้านป่วยเป็นโรคระบบทางเดินหายใจเป็นจำนวนมาก
5.	วันศุกร์ที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2555	ข่าวของไอเอ็นเอ็นออนไลน์	**“ชาวระยองร้องโรงงานปล่อยน้ำเสียปลาตาย** ชาวระยองร้องเรียนโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลักลอบปล่อยน้ำเสียลงคลอง ส่งผลให้น้ำเน่าเหม็น ปลาตาย โดยชาวบ้านระบุว่า มีโรงงานอุตสาหกรรมปล่อยน้ำเสียลง	อ.บ้านค่าย จ.ระยอง - ชาวบ้านรับไม่ได้กับน้ำทิ้งสีดำและมีกลิ่นเหม็นรุนแรง ซึ่งทำให้ปลาตายเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างข่าวการร้องเรียนในเรื่องสีน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ต่อ)
(ระหว่างเดือน ก.พ. 2555 – ต.ค. 2556)

ลำดับที่	วันที่ประกาศข่าว	แหล่งที่มา	เนื้อหาข่าว	สถานที่เกิดเหตุและความเสียหาย
			คลองปลากั้ง จนทำให้น้ำมีสีดำ และยังมีปลาลอยหัวอีกเป็นจำนวนมาก เบื้องต้น องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัว ให้เจ้าหน้าที่แจ้งความกับตำรวจ สภ.หนองกรับ เพื่อดำเนินคดีกับโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยน้ำเสียแล้ว"	
6.	วันพุธที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2555	ข่าวของเดลินิวส์ออนไลน์	**“อบต.หนองบัวเอาผิดโรงงานปล่อยน้ำเสียลงคลอง** นายสำเริง บุรุษโชติ สมาชิกสภาอบต.หนองบัว หมู่ 2 ได้รับร้องเรียนจากชาวบ้านว่ามีโรงงานแห่งหนึ่งแอบลักลอบปล่อยน้ำเสียลงคลองจนกลายเป็นน้ำสีดำเข้มส่งกลิ่นเหม็นฉุนคล้ายกรดมะนาว ทำให้สัตว์น้ำในลำคลองลอยตาย ชาวบ้านไม่สามารถนำน้ำในคลองสาธารณะมาใช้รดน้ำพืชสวนได้ จากการสันนิษฐานคาดว่า น่าจะเป็นน้ำเสียจากโรงงานที่ตั้งอยู่ในสวนอุตสาหกรรมโรจนะแอบลักลอบปล่อยลงมา ซึ่งได้ให้เจ้าหน้าที่เก็บตัวอย่างน้ำไปตรวจหาค่าสารปนเปื้อนและสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในน้ำเพื่อประกอบในการดำเนินคดี”	อ.บ้านค่าย จ.ระยอง - สีน้ำทิ้งส่งผลให้ชาวบ้านไม่กล้านำน้ำมาใช้ทางการเกษตร - ชาวบ้านไม่พึงพอใจกับสีน้ำทิ้งที่มีสีดำและกลิ่นเหม็นรุนแรง ส่งผลให้สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างข่าวการร้องเรียนในเรื่องสีน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ต่อ)
(ระหว่างเดือน ก.พ. 2555 – ต.ค. 2556)

ลำดับที่	วันที่ประกาศข่าว	แหล่งที่มา	เนื้อหาข่าว	สถานที่เกิดเหตุและความเสียหาย
7.	วันอังคารที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2556	ข่าวของเดลินิวส์ออนไลน์	**“ชาวนาโวยโรงงานปล่อยน้ำเสียลงคลอง** ได้รับแจ้งจากชาวนาในตำบลบางยี่โถ หมู่ 1 อ.บางไทร จ.พระนครศรีอยุธยาว่า น้ำในคลองเก้าเลี้ยวมีสีดำคล้ำ มีคราบน้ำมันลอย มีกลิ่นเน่าเหม็น ชาวนาได้รับความเดือดร้อนไม่สามารถสูบเข้าไปทำนาได้กว่า 2,000 ไร่ นายชูชาติ สินมาก ชาวนา เปิดเผยว่า เริ่มเห็นความผิดปกติของน้ำในคลองมาตั้งแต่วันที่ 28 พ.ค. น้ำเริ่มมีสีดำ จึงออกมาสำรวจตามลำคลองจน พบว่า น้ำไหลมาจากคลองเลียบถนนสายเสนา-ปทุมธานี ล้นลงในคลองเก้าเลี้ยว น่าจะมาจากโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ อ.เสนา จ.พระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นเขตติดต่อกัน จึงอยากให้หน่วยงานราชการเข้ามาตรวจสอบน้ำที่มีสีดำว่า จะมีผลกระทบกับต้นข้าวหรือไม่ และตรวจสอบแหล่งที่มาของน้ำว่ามาจากโรงงานใด”	ต.บางยี่โถ หมู่ 1 อ.บางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา -ชาวนาได้รับความเดือดร้อนไม่สามารถสูบน้ำเข้าไปทำนาได้ เนื่องจากน้ำมีสีดำและกลิ่นเหม็น
8.	วันจันทร์ที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2556	ข่าวของไทยรัฐออนไลน์	**“ชาวบ้านปราจีนร้องเรียนโรงงานกระดาษดังปล่อยน้ำเสียลงคลอง**	อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี - สีน้ำทิ้งส่งผลต่อ

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างข่าวการร้องเรียนในเรื่องสีน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ต่อ)
(ระหว่างเดือน ก.พ. 2555 – ต.ค. 2556)

ลำดับที่	วันที่ประกาศข่าว	แหล่งที่มา	เนื้อหาข่าว	สถานที่เกิดเหตุและความเสียหาย
			มีกลุ่มชาวบ้านได้ทำการร้องเรียนไปยังโรงงานกระดาษดับเบิลเอ ในเขตสวนอุตสาหกรรม 304 อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี ที่ปล่อยน้ำเสียมีสีดำเข้มและมีกลิ่นฉุนจากโรงงานลงสู่คลองชะลองแวง ทำให้ผู้สูดดมถึงกับวิงเวียนศีรษะ บางรายทนไม่ไหวต้องขับรถออกจากพื้นที่ ซึ่งสีน้ำทิ้งดังกล่าว ส่งผลให้น้ำในคลองชะลองแวงมีสีที่เปลี่ยนไปจากเดิม และชาวบ้านหวั่นจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและแหล่งน้ำ”	ต่อทัศนียภาพของคลองสาธารณะและสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งน้ำ
9.	วันจันทร์ที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2556	ข่าวของไทยรัฐออนไลน์	**“โรงงานฟอกย้อมสิ่งทอวิกฤตน้ำเสียอ้อมน้อย** เป็นการนำเสนอการจัดทำโครงการบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครอ้อมน้อย เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีโรงงานฟอกย้อมอยู่เป็นจำนวนมากและมีการปล่อยน้ำทิ้งที่ไม่มีการบำบัดก่อน จึงส่งผลให้น้ำในคลองอ้อมน้อยมีสีดำและมีค่าออกซิเจนเป็นศูนย์ ซึ่งสีน้ำดังกล่าว ทำให้มีชาวบ้านมาร้องเรียนเป็นจำนวนมาก”	คลองอ้อมน้อย อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร - สีน้ำทิ้งส่งผลต่อทัศนียภาพของคลองสาธารณะ

สำหรับข่าวที่นำเสนอในตารางที่ 1.1 เป็นเพียงตัวอย่างข่าวในเรื่องสีน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ที่ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของคนในชุมชนและสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งน้ำสาธารณะ ข่าวทั้งหมดเกิดขึ้นในช่วงระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 ถึงตุลาคม พ.ศ. 2556 พบว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับสีน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานฟอกย้อม 3 แห่งโรงงานรีดเหล็ก 1 แห่ง โรงงานกระดาษ 1 แห่ง และโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ ที่ไม่ได้ระบุไว้ 4 แห่ง ถึงแม้ว่าโรงงานต่างๆ จะมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำในเกณฑ์ปกติก็ตาม แต่ในเรื่องสีน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะดังกล่าว ก็ปรากฏเป็นสีที่พึงรังเกียจของประชาชนในชุมชนและผู้ที่พบเห็นได้

นอกจากนี้แล้ว หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรื่องสีน้ำทิ้ง ได้แก่ กรมโรงงานอุตสาหกรรม ก็มีนโยบายที่จะจัดทำร่างมาตรฐานสีน้ำทิ้งตามประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่ การฟอกย้อมสี พิมพ์สิ่งทอ แต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ และโรงงานซักรีด ซักแห้ง ซักฟอก เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งโดยเฉพาะมาตรฐานสีน้ำทิ้งที่ใช้อยู่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ จึงจำเป็นต้องปรับปรุงเพื่อสร้างมาตรฐานที่ดีให้เป็นที่ยอมรับจากประชาชน โดยนำข้อมูลมาตรฐานสีน้ำทิ้งจากโรงงานในต่างประเทศมาใช้ในการเสนอแนะเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับผู้ประกอบการไทยในการบำบัดน้ำเสียที่ใช้สารเคมีในปริมาณน้อยที่สุดและจัดให้มีการรับฟังข้อคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยมีหน่วยงานทั้งภาครัฐ เอกชนและประชาชน ซึ่งคาดว่าจะศึกษายกร่างมาตรฐานสีน้ำทิ้งแล้วเสร็จในปี 2556 (บ้านเมืองออนไลน์ 2555)

จากตัวอย่างข่าวและการจัดทำร่างมาตรฐานสีน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่นำเสนอมานั้น สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาเรื่องสีน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะว่าเป็นปัญหาที่ต้องมีการหาวิธีการในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจให้ชัดเจน ซึ่งในปัจจุบันกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจนั้น เป็นการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งและทัศนคติของผู้ประเมินว่ามีความพึงรังเกียจต่อสีน้ำที่พบเห็นหรือไม่ ซึ่งในการประเมินความพึงรังเกียจนั้น นอกจากจะมีการกำหนดค่าในเชิงคุณภาพแล้วคงต้องมีการวัดเชิงปริมาณเข้ามาสัมพันธ์กันด้วย

การปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะนั้น จะมีลักษณะของน้ำทิ้งที่หลากหลายซึ่งขึ้นกับประเภทของอุตสาหกรรมนั้นๆ ส่งผลให้ลักษณะของน้ำทิ้งมีความแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะของน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม มีลักษณะตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ประเภทอุตสาหกรรมกับลักษณะของน้ำทิ้ง (บุญธิดา เปล่งแสง 2551)

ประเภทอุตสาหกรรม	ลักษณะน้ำทิ้ง
1. อุตสาหกรรมอาหาร	ลักษณะของน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันตามประเภทโรงงาน วัตถุดิบ กระบวนการผลิตและปริมาณการผลิต ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ วัตถุ ตะกอนแขวนลอย ปริมาณและลักษณะน้ำทิ้งมีการเปลี่ยนแปลงสูงตามฤดูกาล โดยเฉพาะประเภทผลไม้ จะมีน้ำล้างที่ถูกปล่อยออกมาเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะไม่มีโลหะหนักปน แต่จะมีน้ำมัน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยเฉพาะพวกแป้งและเบียร์จะทำให้มีค่าบีโอดีสูง
2. อุตสาหกรรมผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ	ลักษณะของน้ำทิ้งจะมีมลพิษสูงทั้งค่าซีโอดีและสีเจือปน และอาจจะมีเส้นใยละเอียดหรือกระดาษ รวมทั้งสารที่เป็นฟิลเตอร์และวัสดุอื่นๆที่ลอยอยู่บนผิวน้ำทิ้ง
3. อุตสาหกรรมเครื่องหนัง	ลักษณะของน้ำทิ้งจะมีค่าซีโอดีสูงที่มาจากสารแทนนินที่ใช้ในการฟอกหนังและหนังดิบ โครเมียม ปูนขาว สารแขวนลอยและสีจากการย้อม
4. อุตสาหกรรมผลิตเคมีภัณฑ์	ลักษณะของน้ำทิ้งจะประกอบด้วยสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามประเภทของกระบวนการผลิต มีสารเคมีหลายประเภทที่เป็นสารอันตราย สารประกอบที่มีกลิ่นเหม็นและสารประกอบที่มีค่าซีโอดีสูง
5. อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน	ลักษณะของน้ำทิ้งจะมีน้ำมันผสมอยู่ในสภาพอิมัลชันและสารเคมีที่มีกลิ่นเหม็น
6. อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	ลักษณะของน้ำทิ้งจะประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอน สารประกอบอินทรีย์ ตัวเค็ทตาลิสต์ต่างๆ และส่วนประกอบอื่นๆขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์
7. อุตสาหกรรมผลิตเหล็กและเหล็กกล้า	ลักษณะของน้ำทิ้งเกิดขึ้นจากกระบวนการหล่อเย็นและทำความสะอาดของเตาหลอมถ่านโค้ก กระบวนการกำจัดฝุ่นเตาหลอมและจากกระบวนการล้างด้วยกรด
8. อุตสาหกรรมผลิตโลหะที่นอกเหนือไปจากเหล็กสินแร่ดิบทองคำ ทองคำและเงิน	ลักษณะของน้ำทิ้งจะมีการเจือปนด้วยสารแคดเมียม ตะกั่ว สารหนู ฯลฯ สารเหล่าจะละลายออกมาจากกระบวนการผลิตหรืออยู่ในน้ำทิ้งที่อาจตกค้างอยู่ในดินหรือเกิดการปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน หากมีระบายน้ำทิ้งที่ไม่ได้มาตรฐานลงสู่ผิวดิน

ตารางที่ 1.2 ประเภทอุตสาหกรรมกับลักษณะของน้ำทิ้ง (ต่อ)

ประเภทอุตสาหกรรม	ลักษณะน้ำทิ้ง
9. อุตสาหกรรมการเคลือบโลหะ	ลักษณะของน้ำทิ้งจะประกอบด้วยโลหะหนักหลายชนิด เช่น แคดเมียม สังกะสี ทองแดง ไซยาไนด์ โครเมียม กรดและด่าง
10.อุตสาหกรรมเซรามิกส์และซีเมนต์	ลักษณะของน้ำทิ้งจะประกอบด้วยสารเคมีแขวนลอยที่มีสภาพเป็นด่าง ในส่วนอุตสาหกรรมเซรามิกส์อาจจะมีสารจำพวกให้สีและสารพวกวัตถุอันตรายเจือปนอยู่

จากตารางที่ 1.2 จะพบว่าประเภทอุตสาหกรรมที่มีลักษณะน้ำทิ้งที่มีสีปนอยู่จะประกอบด้วย อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ อุตสาหกรรมเครื่องหนังและอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เป็นต้น

ในประเทศไทยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม 2 ฉบับ ตามตารางที่ 1.3 ซึ่งมีการกำหนดดัชนีคุณภาพน้ำและวิธีการตรวจสอบดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆ ทางห้องปฏิบัติการอย่างชัดเจน เช่น ค่าบีโอดี ค่าซีโอดีและค่าโลหะต่างๆ แต่จะมีการกำหนดว่าสีน้ำทิ้งนั้นต้อง “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” และยังไม่มีการระบุวิธีการวิเคราะห์ว่าสีน้ำทิ้งนั้น “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” อย่างชัดเจน

ตารางที่ 1.3 เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม สำหรับดัชนีคุณภาพสีน้ำทิ้ง (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม 2556)

เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	ข้อกำหนดของสีน้ำทิ้ง
1. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
2. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิด ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

จากตารางที่ 1.3 จะพบว่า กฎหมายทั้ง 2 ฉบับที่มีการกำหนดสีน้ำทิ้งว่า “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” นั้น เมื่อมีข้อร้องเรียนจากประชาชนมายังหน่วยงานราชการที่รับผิดชอบก็จะไม่สามารถดำเนินการได้ ซึ่งถ้าค่าดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆ ที่วิเคราะห์ได้ทางห้องปฏิบัติการไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่มีสีน้ำทิ้งที่เป็นที่พึงรังเกียจของประชาชนก็ไม่สามารถกำหนดเกณฑ์ที่ชัดเจนได้

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงพยายามที่จะหาวิธีการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งเพื่อบ่งชี้ได้ว่าสีน้ำทิ้งนั้นเป็นที่พึงรังเกียจหรือไม่อย่างชัดเจน โดยกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่ออกแบบมา

นี้จะสนับสนุนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่มีการดำเนินงานในหน่วยงานของราชการในปัจจุบัน โดยทำการศึกษามาตรฐานการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งจากทั้งในและต่างประเทศ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งดังกล่าว ซึ่งในการออกแบบกระบวนการจะมีการใช้การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับวิธีการวิเคราะห์มาตรฐานของสีน้ำทิ้งที่สอดคล้องกับกฎหมายในประเทศไทยและเชื่อมโยงกับผลของแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคเดลฟาย หลังจากนั้นจึงดำเนินการประเมินตามกระบวนการที่ได้ออกแบบไว้กับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม เพื่อหาความสัมพันธ์ของดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งดังกล่าวด้วย ซึ่งดัชนีคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ค่าสี (Color) ค่าความขุ่น (Turbidity) ค่าบีโอดี (BOD) และค่าซีโอดี (COD) รวมทั้งศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อให้มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งจากภาคอุตสาหกรรม ซึ่งกระบวนการการประเมินนั้นต้องสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจกับดัชนีคุณภาพน้ำและค่าอื่นๆ ที่ได้จากวิธีการตามมาตรฐานสากล

1.3 นิยาม

1. สีน้ำทิ้งปรากฏ (Appearance Color) หมายถึง สีของน้ำทิ้งที่วัดได้หรือมองเห็นจริงๆในตัวอย่างน้ำโดยไม่มีการแยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไป สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า
2. สีน้ำทิ้งจริง (True color) หมายถึง สีของน้ำทิ้งที่วัดได้หรือมองเห็นหลังจากที่แยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไป ด้วยการวิเคราะห์ค่าสีทางห้องปฏิบัติการ
3. ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Parameters) หมายถึง พารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานและนิคมอุตสาหกรรมตามกฎหมายกำหนด ในกรณีศึกษานี้จะประกอบด้วยค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี
4. การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้ง หมายถึง การมองเห็นสีน้ำทิ้งทางสายตาเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งนั้น
5. แหล่งน้ำสาธารณะควบคุม หมายถึง แหล่งน้ำสาธารณะที่ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ในรัศมี 1.5 กิโลเมตร
6. ค่าสี (Color) หมายถึง ค่าสีที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าและแหล่งน้ำสาธารณะ วิเคราะห์ด้วยวิธี AWWA, 2012(2120F) หน่วยเป็น ADMI

7. ค่าความขุ่น (Turbidity) หมายถึง ค่าความขุ่นที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างน้ำทิ้งของ ปลายท่อโรงงานและแหล่งน้ำสาธารณะ วิเคราะห์ด้วยวิธี AWWA, 2012(2130B) หน่วยเป็น NTU
8. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) หมายถึง ค่าบีโอดีที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างน้ำทิ้งของปลายท่อโรงงานและแหล่งน้ำสาธารณะ วิเคราะห์ด้วยวิธี AWWA, 2012(5210B) หน่วยเป็น มก./ล.
9. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD) หมายถึง ค่าซีโอดีที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างน้ำทิ้งของปลายท่อโรงงานและแหล่งน้ำสาธารณะ วิเคราะห์ด้วยวิธี AWWA, 2012(5220C) หน่วยเป็น มก./ล.

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งและใช้อ้างอิงให้สอดคล้องกับกฎหมาย 2 ฉบับ คือ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
2. ในการศึกษาการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งครั้งนี้ จะมีการศึกษาความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นเพื่อบอกความพึงรังเกียจเทียบกับดัชนีคุณภาพน้ำ 4 พารามิเตอร์ทางห้องปฏิบัติการ คือ ค่าสี (Color) ค่าความขุ่น (Turbidity) ค่าบีโอดี (BOD) และค่าซีโอดี (COD)
3. การประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในการศึกษาครั้งนี้ สามารถใช้ในการตรวจสอบเฉพาะกรณีและการศึกษาครั้งนี้สนใจเพียงสีน้ำทิ้งปรากฏที่ปล่อยจากปลายท่อน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมและในแหล่งน้ำสาธารณะที่เป็นแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมเท่านั้น ไม่เกี่ยวข้องกับตะกอนดินในน้ำหรือสภาพสิ่งแวดล้อมรอบๆ บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2. ทำการออกแบบสอบถามและทบทวนกับผู้เชี่ยวชาญโดยใช้เทคนิคเดลฟาย ในประเด็นดังต่อไปนี้ (1) ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรม (2) วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานสำหรับภาคอุตสาหกรรม และ (3) การหารูปแบบของการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจ
3. นำผลจากการทบทวนกับผู้เชี่ยวชาญมาทำการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง โดยการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับ

วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐานของคู่มือวิธีการวิเคราะห์น้ำทิ้ง Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่งเป็นของหน่วยงาน American Public Health Association, American Water Work Association และWater Environment Federation ร่วมกันในการกำหนดวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เป็นมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา (พิมพ์ครั้งที่ 21 ปี 2012) และเชื่อมโยงกับผลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคเดลฟาย

4. ดำเนินการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐาน โดยเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมเป็นจำนวน 1 แห่ง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ซึ่งมีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเป็นไปตามตามเกณฑ์วิธีการเก็บน้ำของกรมควบคุมมลพิษ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2553)
5. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งจากการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐานที่ออกแบบไว้และนำดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์กันมาสร้างสมการถดถอยแบบเส้นตรงด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) เพื่อนำสมการดังกล่าวไปใช้ในการพยากรณ์ค่าสีของน้ำทิ้งเพื่อบ่งชี้ความพึงรังเกียจ
6. สรุปผลวิเคราะห์การศึกษาวิจัย รวบรวมปัญหา ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ
7. จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์และการนำเสนอ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำผลการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่ได้ไปสร้างสมการความสัมพันธ์ของความพึงรังเกียจกับค่าดัชนีวัดคุณภาพน้ำ ไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดเกณฑ์เพื่อบอกระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ
2. สามารถนำการออกแบบกระบวนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง ไปใช้ประยุกต์ในการศึกษาการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมอื่นๆ
3. สามารถเป็นแนวทางให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาข้อร้องเรียนเรื่องสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะได้

บทที่ 2
การสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมนั้น ได้มีการศึกษาทฤษฎี เอกสารงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ รวมทั้งกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบกระบวนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งให้เหมาะสมกับประเทศไทยและสามารถทำการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งดังกล่าวได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมจะต้องมีการศึกษาความหมายของน้ำทิ้ง เพื่อที่จะอธิบายและบอกลักษณะของน้ำทิ้งที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งความหมายของน้ำทิ้งจะเป็นไปตามประกาศฯ 2 ฉบับ ดังต่อไปนี้

ความหมายของน้ำทิ้ง

(1) น้ำทิ้ง ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) (พระราชบัญญัติโรงงาน 2535) เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน มีความหมายว่า “น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรม โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศนี้”

(2) น้ำทิ้ง ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) (พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2535) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม มีความหมายว่า “น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม ที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรมหรือในนิคมอุตสาหกรรมด้วย โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศนี้”

ซึ่งจากทั้ง 2 ประกาศฯ นี้ น้ำทิ้ง มีความหมายว่า น้ำทิ้งจะเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม เป็นต้น สำหรับในประกาศฯ ทั้ง 2 ฉบับนี้ จะมุ่งเน้นไปที่น้ำทิ้งที่มีแหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรม ซึ่งแหล่งกำเนิดของน้ำทิ้งจะมาจาก 3 แหล่งกำเนิด ดังนี้

ประเภทแหล่งกำเนิดของน้ำทิ้ง (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2553)

(1) น้ำทิ้งอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำเสียจากกระบวนการผลิต น้ำเสียจากการหล่อเย็นและหม้อน้ำ น้ำเสียจากกระบวนการผลิต น้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากสำนักงานบ้านพักหรือหอพักโรงอาหารภายในบริเวณโรงงานอุตสาหกรรมและระบบบำบัดน้ำเสียโรงงาน เป็นต้น

(2) น้ำทิ้งชุมชน ได้แก่ น้ำเสียจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเรื่องกำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม) เช่น อาคารชุด โรงเรียน โรงพยาบาล เป็นต้น รวมทั้งระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ดินจัดสรรและสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

(3) น้ำทิ้งเกษตรกรรม ได้แก่ น้ำเสียจากฟาร์มสุกร น้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและน้ำเสียจากการเพาะปลูก (นาข้าว)

ในการศึกษาครั้งนี้ จะมีการศึกษาการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่มาจากแหล่งกำเนิดประเภทอุตสาหกรรมและทำการเปรียบเทียบผลการประเมินจากแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งมีความหมายตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งมีความหมายดังนี้

แหล่งน้ำผิวดิน (พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2535)

แหล่งน้ำผิวดิน มีความหมายว่า “แม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำสาธารณะอื่นๆ ที่อยู่ภายในผืนดิน ซึ่งหมายความรวมถึง แหล่งน้ำสาธารณะที่อยู่ในผืนดินบนเกาะด้วยแต่ไม่รวมน้ำบาดาล และในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นอยู่ติดทะเล ให้หมายความถึงแหล่งน้ำที่อยู่ภายในปากแม่น้ำหรือปากทะเลสาบด้วย”

ในการศึกษาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งครั้งนี้ ได้มีการศึกษาลักษณะมลพิษทางน้ำที่มีหลายประเภท ซึ่งสีของน้ำทิ้งนั้นจัดเป็นมลพิษทางน้ำที่สำคัญทางด้านกายภาพ ซึ่งมลพิษทางน้ำ มีความหมาย ดังต่อไปนี้

มลพิษทางน้ำ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม 2555)

มลพิษทางน้ำ (Water Pollution) หมายถึง สภาวะของน้ำที่มีสารที่ก่อให้เกิดอันตรายหรือวัสดุที่น่ารังเกียจเจือปนอยู่ในน้ำ และส่งผลให้คุณภาพน้ำที่ดีลดลง ซึ่งจะส่งผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในน้ำ สามารถแบ่งมลพิษทางน้ำ ได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ คือ สสารที่อยู่ในน้ำเสียที่จำแนกออกได้ในรูปของของแข็งในฟอร์มต่างๆ กลิ่น อุณหภูมิ สีและความขุ่น

(2) ลักษณะน้ำเสียทางเคมี คือ สสารที่อยู่ในน้ำเสียที่จำแนกออกได้ในรูปของสารอินทรีย์ (Organics) เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำมัน นิยมทำการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของบีโอดี, ซีโอดี และสารอนินทรีย์ (Inorganics) เช่น พีเอช คลอไรด์ ความเป็นด่าง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โลหะหนักและก๊าซละลายน้ำ

(3) ลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพ คือ น้ำเสียที่มีส่วนประกอบทางชีวภาพเช่นแบคทีเรียราสาหร่ายโปรโตซัว ไวรัส เป็นต้น

ซึ่งสารประเภทต่างๆ ที่มีอยู่ในประเภทของมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นเหล่านี้ จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลกระทบของสารประเภทต่างๆ ในน้ำทิ้งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ประเภท	ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม
1. ความเป็นกรดและด่าง	ส่งผลกระทบต่อการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ในการอุปโภคบริโภคเช่น การผลิตน้ำประปาการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมเป็นต้น
2. อุณหภูมิ	อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมทำให้สัตว์น้ำและพืชน้ำบางประเภทไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้
3. สี	**ทัศนะวิสัยเสียไป**
4. สารอินทรีย์	สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนสิ่งมีชีวิตในน้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้
5. สารอนินทรีย์	เกิดน้ำกระด้าง
6. ธาตุอาหารต่างๆ	ทำให้เกิดปฏิกิริยายูโทรฟิเคชั่นในแหล่งน้ำมีปริมาณพืชน้ำเป็นจำนวนมาก กีดขวางเส้นทางการคมนาคมทางน้ำ
7. กลิ่นเหม็น	ส่งผลต่อสุขภาพจิต
8. น้ำมัน	น้ำมันกระจายอยู่บริเวณเหนือผิวน้ำทำให้การแลกเปลี่ยนออกซิเจนไม่ดี
9. จุลินทรีย์	มีผลต่อคุณภาพน้ำเป็นแหล่งเชื้อโรค
10. วัตถุมีพิษ	ไปสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหารเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

จากตารางที่ 2.1 จะพบว่า สีน้ำทิ้งจัดเป็นมลพิษทางน้ำที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมในด้านทัศนะวิสัยเสียไป ซึ่งก็จะส่งผลต่อความรู้สึกของผู้คนที่พบเห็นน้ำทิ้งหรือแหล่งน้ำเหล่านั้นได้ ซึ่งตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับน้ำทิ้งอุตสาหกรรม ได้มีการกำหนดดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่เป็นค่าสีน้ำทิ้งดังต่อไปนี้

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับน้ำทิ้งอุตสาหกรรม ประกอบด้วยประกาศฯ 2 ฉบับด้วย คือ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ตาม และในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน จากประกาศฯ ทั้ง 2 ฉบับนี้ จะมีข้อกำหนดดัชนีคุณภาพน้ำที่เหมือนกันและมีการกำหนดค่าดัชนีคุณภาพน้ำรวมทั้งวิธีการตรวจสอบค่าดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆ อย่างชัดเจน ยกเว้นดัชนีคุณภาพสีน้ำทิ้ง ซึ่งกำหนดเพียงว่าสีน้ำทิ้งนั้นต้อง “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5 – 9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	-ไม่เกิน 3,000 มก/ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของ -โรงงานอุตสาหกรรมที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเลค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 2.2 กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. สี หรือกลิ่น	**ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ**	**ไม่ได้กำหนด**
6. ซัลไฟด์ (Sulfide คือ H_2S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	ไทเทรต
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
9. ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Spectrophotometry
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Aminoantipyrine

ตารางที่ 2.2 กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี (5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล.หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
(1) สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plama : ICP
(2) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
(3) โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
(4) ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
(5) แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล	
(6) แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	
(7) ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
(8) นิคเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
(9) แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล	
(10) อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
(11) เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	
(12) ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Techique

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 2.2 จะพบว่า สีน้ำทิ้งยังเป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่ไม่มีการกำหนดค่าที่ชัดเจนรวมทั้งยังไม่มีการวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้ทำการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง เพื่อหากระบวนการที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งดังกล่าวให้มีความชัดเจนมากขึ้น จึงได้ทำการศึกษาลักษณะของสีน้ำทิ้งและดัชนีคุณภาพน้ำอื่นๆ ที่อาจจะเกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

สีของน้ำ (ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข 2555)

สีของน้ำ (Color) เกิดจากการปนเปื้อนของสารต่างๆทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์และทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ สีในน้ำอาจจะมีอิออนของโลหะในธรรมชาติ เช่น เหล็กและแมงกานีส เป็นต้นและอาจจะมีฮิวมัสแพลงค์ตอน วัชพืชและสารปนเปื้อนจากน้ำทิ้งอุตสาหกรรม สีของน้ำสามารถถูกกำจัดเพื่อทำให้นำน้ำมาใช้โดยทั่วไปและใช้ในทางอุตสาหกรรมได้ แต่ถ้าสีของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีสีที่น่ารังเกียจแล้ว โรงงานอุตสาหกรรมนั้นควรต้องมีการกำจัดสีของน้ำทิ้งให้เป็นไปตามที่กำหนดก่อนที่จะระบายออกนอกโรงงานลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ สีของน้ำทั่วไปสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) สีจริง (True color) คือ สีของน้ำที่เป็นสีที่วัดได้หรือมองเห็นหลังจากที่แยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไปแล้วนั่นคือสีจริง เป็นสีที่เกิดจากสารที่ละลายในน้ำ

(2) สีปรากฏ (Apparent color) คือ สีของน้ำที่เป็นสีที่วัดได้หรือมองเห็นจริงๆในตัวอย่างน้ำโดยไม่มีการแยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไปนั่นคือสีปรากฏ เป็นสีที่เกิดจากสารที่ละลายในน้ำและที่ไม่ละลายได้ในน้ำรวมกัน

น้ำทิ้งที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทอาจจะมีความเข้มของสีมาก ซึ่งเป็นผลมาจากสารแขวนลอยหรือสารที่เป็นคอลลอยด์ ในกรณีนี้ควรที่จะต้องหาทั้งสีจริงและสีปรากฏ แต่สำหรับสีน้ำที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำสาธารณะสามารถบ่งชี้ถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดสีได้อย่างคร่าวๆ ตามตารางที่ 2.3 อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าน้ำจะใสไม่มีสีก็ไม่อาจรับรองได้ว่าแหล่งน้ำนั้นมีคุณภาพดีหรือไม่มีการปนเปื้อนควรจะมีการติดตามและตรวจสอบต่อไป

ตารางที่ 2.3 สีปรากฏและสาเหตุการเกิดสี (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2547)

สีปรากฏ	**สาเหตุที่ทำให้เกิดสี**
1.ไม่มีสี	ยังไม่ควรสรุปว่าน้ำสะอาดเพราะอาจมีสิ่งเจือปนอยู่
2. สีเขียว	แพลงค์ตอนพืช
3. สีเหลืองหรือสีน้ำตาลหรือสีชาใส	มีซากพืชย่อยสลาย
4. สีแดงหรือสีเหลืองหรือสีมะฮอกกานี	เป็นสีของสาหร่ายอีกจำพวกหนึ่ง (dino flagellates)
5. สีน้ำตาลขุ่นหรือสีแดง	มีตะกอนดินเจือปนอาจเกิดจากการกัดเซาะหน้าดินหรือชายฝั่ง
6. สีรุ้ง	มีคราบน้ำมันที่ผิวหน้า
7. สีเทาหรือสีดำ	น้ำเน่าจากสิ่งปฏิกูลหรืออาจมีแร่ธาตุจากธรรมชาติเจือปน

ความขุ่น (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ 2543)

ความขุ่น (Turbidity) หมายถึง สิ่งแขวนลอยที่กั้นทางเดินของแสงในน้ำ ความขุ่นของน้ำเกิดจากสิ่งแขวนลอยนานาชนิดที่มีขนาดแตกต่างกันอาจเป็นพวกอินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร แพลงตอน และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ สิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดการกระจัดกระจายและดูดซึมของแสงที่จะปล่อยแสงผ่านเป็นเส้นตรง สิ่งแขวนลอยที่เป็นความขุ่นในน้ำจะเป็นสิ่งใดขึ้นกับการสัมผัสของน้ำที่ไหลผ่าน ดังนั้นความขุ่นจึงเป็นลักษณะสมบัติเฉพาะของน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินมักไม่มีความขุ่น ความขุ่นสามารถสังเกตได้ง่าย น้ำขุ่นทำให้ไม่น่าใช้ จึงเป็นปัจจัยเบื้องต้นในการตัดสินว่า ผู้บริโภคต้องการใช้น้ำหรือไม่และยังเป็นอุปสรรคต่อการฆ่าเชื้อโรคในการผลิตน้ำประปา เพราะเชื้อโรคอาจแฝงตัวในความขุ่นได้ นอกจากนี้ยังทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้นในการกรองน้ำ การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยการวิเคราะห์ความขุ่นหรือความโปร่งแสงของแหล่งน้ำจะเป็นการตรวจสอบการส่องผ่านของแสงในแหล่งน้ำเนื่องจากความขุ่นหรือความโปร่งแสงของน้ำมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและการละลายของออกซิเจน

ความขุ่นของน้ำอาจวิเคราะห์ได้ 2 วิธี คือ วิเคราะห์ปริมาณแสงที่ส่องทะลุความขุ่น (Turbidimetry) หรือวิเคราะห์ปริมาณแสงที่กระทบความขุ่นและสะท้อนออกมาในทิศทางตั้งฉากกับลำแสง (Nephelometry) ซึ่งความขุ่นในน้ำจะมีหน่วยเป็น NTU หรือ JTU ขึ้นกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความขุ่น ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้หน่วยเป็น NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ที่ได้มาจากการวัดด้วยอุปกรณ์ที่มีชื่อว่า Nephelometer

บีโอดี

บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสียในรูปของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายในสภาวะที่มีออกซิเจน การหาบีโอดีเป็นกระบวนการการทดลองทางชีววิทยาเพื่อหาปริมาณค่าออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติที่สุด เพื่อที่จะทำให้การวิเคราะห์เป็นปริมาณวิเคราะห์ จึงต้องทำให้แฟคเตอร์ต่างๆที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายคงที่ นั้นคือค่าบีโอดีมาตรฐานต้องบ่มที่อุณหภูมิ 20$\pm$ 1°ซ เป็นเวลา 5 วัน

ซีโอดี

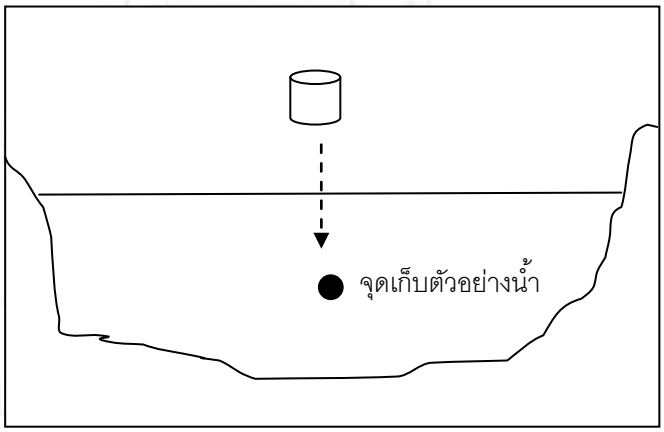
ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD) เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่นำไปใช้ในการสลายสารอินทรีย์ที่มีในตัวอย่างน้ำได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยใช้สารเคมีซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดส์สูงในสารละลายที่เป็นกรด เงื่อนไขสำคัญในการวิเคราะห์ซีโอดี คือปฏิกิริยาออกซิเดชันต้องเกิดขึ้นโดยอาศัยออกซิไดซิงเอเจนต์ (Oxidizing Agent) อย่างแรง ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดเข้มข้น

และมีอุณหภูมิสูง หลักการของซีโอดีจะคล้ายกับบีโอดีคือ สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกออกซิไดส์จนได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ เพียงแต่บีโอดีต้องใช้แบคทีเรียในการย่อยสลาย ส่วนซีโอดีใช้ออกซิไดซิงเอเจนต์ ดังนั้น การวิเคราะห์หาค่าซีโอดีจะเป็นการวิเคราะห์ปริมาณความสกปรกของน้ำเสียจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม การวิเคราะห์ซีโอดีใช้เวลาสั้นประมาณ 3 ชั่วโมง จึงเหมาะสมที่จะใช้ในการควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากสามารถแก้ไขได้ทันท่วงทีที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น และสามารถนำไปประมาณค่าบีโอดีของตัวอย่างได้เมื่อหาอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดีของน้ำเสียชนิดนั้นได้

หลังจากนั้น จึงทำการศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างของน้ำทิ้ง ซึ่งมีหลักการในการเก็บ ดังนี้

วิธีการเก็บตัวอย่างของน้ำทิ้ง (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2553)

(1) การเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดใดจุดหนึ่งแล้วนำตัวอย่างน้ำนั้นไปวิเคราะห์ ซึ่งผลที่ได้จะเป็นลักษณะสมบัติของน้ำที่จุดเก็บตัวอย่างในเวลานั้นเท่านั้น การเก็บตัวอย่างน้ำวิธีนี้ เหมาะสำหรับน้ำทิ้งที่มีลักษณะสมบัติค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือการเก็บตัวอย่างเพื่อบังคับใช้กฎหมายหรือตรวจสอบว่าน้ำทิ้งที่ระบายออกภายนอกสถานประกอบการณ์จุดใดจุดหนึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติหรือเป็นการเก็บตัวอย่างแบบจ้วงให้เก็บที่กึ่งกลางความลึกของจุดเก็บน้ำนั้นๆ



ภาพที่ 2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งแบบจ้วง

(2) ตำแหน่งหรือจุดเก็บตัวอย่างของน้ำทิ้ง

(2.1) กรณีเก็บเพื่อบังคับใช้ตามกฎหมาย จะเก็บบริเวณจุดที่กำหนดไว้ในกฎหมาย โดยทั่วไปจะเป็นจุดที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยเก็บแบบจ้วงเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ ณ เวลานั้นๆ

(3) ข้อควรคำนึงในการเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ คือ ความปลอดภัยของผู้เก็บตัวอย่างการเลือกจุดเก็บตัวอย่างนั้น ความปลอดภัยเป็นสิ่งที่สำคัญประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง ถ้าลำน้ำไหลเชี่ยวและมีอันตราย ควรหาสถานที่ใหม่ที่มีความปลอดภัยสูงกว่าและไม่เกิดความเสี่ยงต่อผู้เก็บตัวอย่างน้ำ

แม้ว่าจุดที่อันตรายจะมีความเหมาะสมสำหรับการกำหนดเป็นจุดเก็บตัวอย่างในทางวิชาการก็ตาม ทั้งนี้ถ้าสามารถกำหนดจุดเก็บเป็นสะพานข้ามแม่น้ำได้จะเป็นจุดที่สะดวกและปลอดภัย

จากการศึกษาลักษณะของสีน้ำทิ้งที่กล่าวมาเบื้องต้น จึงทำให้มีการศึกษาวิธีการวิเคราะห์สีของน้ำทิ้งด้วยวิธีมาตรฐาน มีดังต่อไปนี้

วิธีการวิเคราะห์สีของน้ำทิ้งด้วยวิธีมาตรฐาน (American Public Health Association 2012)

การวิเคราะห์สีน้ำทิ้งจะมีการเลือกการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานสากลของ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ที่จัดทำโดย American Public Health Association, American Water Work Association และWater Environment Federation สหรัฐอเมริกา ที่ได้รวบรวมวิธีการมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบน้ำและน้ำเสีย ได้รับการตีพิมพ์ครั้งแรกในปี 1905 จนกระทั่งในปี 2012 ถูกตีพิมพ์เป็นครั้งที่ 21 ซึ่งวิธีการมาตรฐานดังกล่าวได้รับการพัฒนาและรวบรวมเทคนิคการวิเคราะห์ที่เหมาะสำหรับการกำหนดคุณภาพน้ำจากกลุ่ม American Public Health Association, American Water Work Association และ Water Environment Federation ร่วมกัน นอกจากนี้ วิธีการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งอื่นๆที่กำหนดในกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับน้ำทิ้งอุตสาหกรรมตามประกาศฯทั้ง 2 ฉบับ คือ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ก็ได้มีการนำวิธีการวิเคราะห์จากมาตรฐานดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีคุณภาพน้ำอื่นๆ ด้วยและสำหรับ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (พิมพ์ครั้งที่ 21 ปี 2012) จะประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้ง 5 วิธี ดังต่อไปนี้

(1) วิธีการเปรียบเทียบทางสายตา (Visual Comparison Method; AWWA, 2012(2120B)) เป็นการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งเพื่อแสดงสีปรากฏ โดยนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาเทียบกับสีของสารละลายมาตรฐานที่ทราบค่า เช่น การเปรียบเทียบกับสารละลายแพลทินัม-โคบอลต์ที่มีความเข้มข้นต่างๆกัน แล้ววัดออกมาเป็นค่าหน่วยแพลทินัม-โคบอลต์ วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในวิธีการนี้จะเหมาะสำหรับการประเมินสีน้ำดื่มและน้ำที่มีสีตามธรรมชาติ ในโทนสีเหลืองหรือสีน้ำตาล

(2) วิธีการใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์คลื่นแสงเดียว (Spectrophotometric-Single-Wavelength Method; AWWA, 2012(2120C)) เป็นการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งเพื่อแสดงค่าสีจริง โดยนำสารละลายมาตรฐานแพลทินัม-โคบอลต์ที่มีค่ายูนิตสี (Color Unit) ที่ 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 และ 100 มาทำการเจือจางที่ความเข้มข้นต่างๆ ในปริมาตรน้ำ 100 มล. แล้วจึงนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงระหว่างความยาวคลื่น 450 - 465 นาโนเมตร (nm) เพื่อทำเป็นกราฟมาตรฐาน

แล้วจึงนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกัน แล้วนำค่าที่ได้ไปเทียบกับค่าสีที่เกิดขึ้นในกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานแพลทินัม-โคบอลต์ มีหน่วยเป็น Color Unit (CU) วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในวิธีการนี้จะเหมาะสำหรับประเมินสีน้ำธรรมชาติ น้ำผิวดิน น้ำทิ้งบ้านเรือนและอุตสาหกรรม

(3) วิธีการใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์หลายคลื่นแสง (Spectrophotometric-Multi-Wavelength Method; AWWA, 2012(2120D)) เป็นการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งเพื่อแสดงค่าสีจริง โดยนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร (nm) แล้วนำมาวิเคราะห์ว่าคลื่นแสงของตัวอย่างน้ำทิ้งอยู่ในช่วงสีใดที่ดูดกลืนแสงนั้น วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในวิธีการนี้จะเหมาะสำหรับประเมินน้ำผิวดิน น้ำทิ้งบ้านเรือนและอุตสาหกรรม

(4) วิธีการใช้ตัวกรองแสงไตรสติมูลัส (Tristimulus Spectrophotometric Method; AWWA, 2012(2120E)) เป็นการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งเพื่อแสดงค่าสีจริง โดยนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 380 – 780 นาโนเมตร (nm) แล้วนำมาหาค่า Tristimulus value (X, Y และ Z) เพื่อคำนวณค่าสีที่วัดได้ออกมาเป็นค่าความเข้มสีเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถบ่งบอกว่าเป็นสีใด วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในวิธีการนี้จะเหมาะสำหรับประเมินน้ำผิวดิน น้ำทิ้งบ้านเรือนและอุตสาหกรรม

(5) วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method; AWWA, 2012 (2120F)) เป็นการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งเพื่อแสดงค่าสีจริง ที่มีการพัฒนามาจาก American Dye Manufacturers Institute โดยนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร (nm) และนำมาวัดค่าแสงส่องผ่าน(transmittance) ในหลายความยาวคลื่น จากนั้นจะมีการแปลงค่า Tristimulus value ที่ได้โดยใช้ Weighted-Ordinate method ซึ่งจะทำให้ได้ค่าสีออกมาเป็นหน่วย ADMI วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในวิธีการนี้จะเหมาะสำหรับประเมินสีน้ำทิ้งจากน้ำทิ้งบ้านเรือนและอุตสาหกรรม มีค่าที่แม่นยำ แต่ไม่สามารถบ่งบอกว่าเป็นสีใด นอกจากความเข้มสีของน้ำทิ้งเท่านั้น

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มีการเปรียบเทียบความสอดคล้องของวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่นำมาใช้ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งนี้กับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในมาตรฐาน ISO 7887:2011 (International Standards Organization 2011) ซึ่งเป็นคู่มือในการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในวิธีการมาตรฐานสากลเพื่อทดสอบและกำหนดค่าสีสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำ ซึ่งประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

(1) วิธีการตรวจสอบทางสายตา (Visual Examination; Method A) เป็นการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งเพื่อแสดงสีปรากฏ โดยนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาใส่ขวดแก้วและวางขวดหน้าฉากสีขาว เพื่อตรวจสอบสีของตัวอย่างสีน้ำทิ้งในขวดแก้วผ่านทางสายตาและบันทึกค่าเป็นสีปรากฏ เช่น สีเหลือง สีน้ำตาล

Chulalongkorn University

(2) วิธีการกำหนดค่าสีจริงโดยการใช้เครื่องมือวิเคราะห์การมองเห็นแสงที่ช่วงความยาวคลื่นต่างๆ (Determination of the true color using optical instruments; Method B) เป็นการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งเพื่อแสดงค่าสีจริง โดยนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 3 ความยาวคลื่น คือ 1) ที่ความยาวคลื่น 436 นาโนเมตร 2) ที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตรและ 3) ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) หรือเครื่องฟิลเตอร์โฟโตมิเตอร์ (Filter photometer) แล้วนำไปคำนวณเพื่อรายงานค่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงที่ได้จากการวิเคราะห์

(3) วิธีการกำหนดค่าสีจริงโดยการใช้เครื่องมือวิเคราะห์การมองเห็นสำหรับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร (Determination of the true color using optical instruments for determination of absorbance at wavelength λ = 410 nm; Method C) เป็นการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งเพื่อแสดงค่าสีจริง โดยนำสารละลายโพแทสเซียมเฮกซะคลอโรด์แพทติเนตและสารละลายโคบอล์คลอไรด์มาวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร (nm) เพื่อทำเป็นกราฟมาตรฐาน แล้วจึงนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกัน แล้วนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายโพแทสเซียมเฮกซะคลอโรด์แพทติเนตและสารละลายโคบอล์คลอไรด์ เพื่อวิเคราะห์ค่าสีจิงที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็น mg l^{-1} Pt

(4) วิธีการทางสายตาสำหรับการกำหนดค่าสีในแหล่งน้ำธรรมชาติ (Visual method for the determination of the color in natural water; Method D**)** เป็นการวิเคราะห์สีน้ำทิ้ง โดยนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาเทียบกับสีของสารละลายแพลทินัม-โคบอลต์ที่มีความเข้มข้นต่างๆกัน แล้วคำนวณค่าสีออกมาเป็นค่าหน่วย mg l^{-1} Pt.

นอกจากนี้ ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งยังมีการออกแบบวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งด้วยวิธีการเปรียบเทียบทางสายตากับแถบสีมาตรฐานเพื่อใช้ในการแสดงลักษณะสีปรากฏของน้ำทิ้ง ซึ่งการมองเห็นสีน้ำทิ้งจะเกิดจากสมบัติของสี 3 ประการ ดังนี้

สมบัติของสี (ปรียา อนุพงษ์องอาจ 2554)

(1) ฮิว คือ แถบแสงสีในสเปคตรัม (Spectrum) เช่น แถบแสงสีแดง แถบแสงสีส้ม แถบแสงสีเหลือง

(2) ความสว่างของแสงสี คือ ปริมาณแสงสะท้อนออกจากแถบแสงสี ทำให้รู้สึกว่ามีแสงผ่านเข้าตามากหรือน้อย แสดงด้วยค่าน้ำหนักสี

(3) ความอิ่มตัวของสี คือ สีที่ไม่มีสีขาวปนอยู่เลย เช่น สีแดง สีน้ำเงิน เขียว ส่วนสีที่มีสีขาวปนมากเท่าใด ความอิ่มตัวก็ยิ่งน้อยลงเท่านั้น เรียกว่า สีไม่อิ่มตัว เช่น สีชมพู สีฟ้า สีเทา เป็นต้น

Chulalongkorn University

ในการศึกษาครั้งนี้ จะมีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งด้วยวิธีการเปรียบเทียบทางสายตากับระบบสีมันเซลล์ ซึ่งระบบสีมันเซลล์จะมีลักษณะดังต่อไปนี้

ระบบสีมันเซลล์ (วัฒนาพร เขื่อนสุวรรณ 2553)

ระบบสีมันเซลล์ (Munsell Color System) เป็นระบบสีที่ได้รับการยอมรับและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ผู้คิดค้นคือ อัลเบิร์ต เฮนรี่ มันเซลล์ (Albert Henry Munsell) เป็นจิตรกรชาวอเมริกัน คิดค้นได้เมื่อปี ค.ศ. 1898 ซึ่งระบบดังกล่าวได้ใช้ความสัมพันธ์ของลักษณะสมบัติ 3 ประการของสีที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ดังนี้

(1) ค่าฮิว (Hue) หมายถึง ค่าที่ระบุว่าเป็นสีใดสีหนึ่ง และมีความแตกต่างจากสีอื่น เช่น สีแดง สีเขียว สีเหลือง

(2) ค่าน้ำหนักของสี (Value) หมายถึง ค่าน้ำหนักของ สีดำ สีเทาหรือสีกลาง (Neutral) สีขาว ค่าน้ำหนักนี้เริ่มจาก 1 ถึง 9 โดย 1 หมายถึง สีดำและ 9 หมายถึงสีขาว และระหว่างสีดำกับสีขาวเป็นสีเทา ซึ่งมีน้ำหนักของสีต่างๆ กัน

(3) ค่าความอิ่มตัวของสี (Choma) จะเริ่มมีค่าตั้งแต่ 0 โดย 0 หมายถึงความอิ่มตัวของสีต่ำและยิ่งมีค่าความอิ่มตัวของสีที่มากขึ้นจะทำให้มีความอิ่มตัวของสีสูง

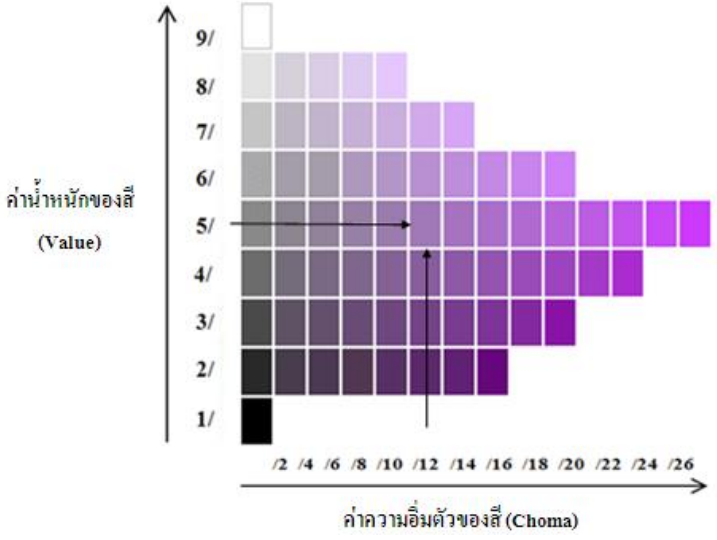
ระบบสีมันเซลล์ ได้กำหนดสัญลักษณ์ หรืออักษรและตัวเลขกำกับสีแต่ละสีที่ถูกผสมตามทฤษฎีสีของมันเซลล์ ดังนี้

H V/C หรือ H V:C

โดยที่ H หมายถึง ค่าฮิว

V หมายถึง ค่าน้ำหนักของสี

C หมายถึง ค่าความอิ่มตัวของสี



ภาพที่ 2.2 จำลองการแสดงค่าสี 5RP5/12 ตามระบบสีมันเซลล์

จากภาพที่ 2.2 ในการระบุสี 5RP5/12 แปลค่าตามสัญลักษณ์ก็คือ H = 5RP หมายความว่า เป็นสีม่วงแดง (Red-Purple) V = 5/ หมายความว่า มีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 5 และ C = 12 หมายความว่า มีค่าความอิ่มตัวของสีในตำแหน่งที่ 12 โดยตำแหน่งที่ระบุแสดงตามภาพที่ 2.2

เมื่อได้ทำการศึกษาเบื้องต้นในเรื่องของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ลักษณะของสีน้ำทิ้งและวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งแล้ว จึงได้มีการทบทวนกับผู้เชี่ยวชาญในเรื่องการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง ด้วยการใช้เทคนิคเดลฟาย เพื่อหาวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งในประเทศไทย โดยเทคนิคเดลฟายมีการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

เทคนิคเดลฟาย (มนต์ชัย เทียนทอง 2552)

เทคนิคเดลฟาย (Delphi technique) เป็นวิธีการหรือกระบวนการรวบรวมความคิดเห็นหรือการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ในอนาคต จากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้อง เพื่อสรุปมติจากข้อค้นพบที่ได้ให้เป็นไปในทางเดียวกันและมีความถูกต้อง โดยให้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนแสดงความคิดเห็นจากการตอบแบบสอบแต่ละรอบ ซึ่งจะเป็นการรวบรวมข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่อยู่ในสถานที่และเวลาแตกต่างกันได้โดยไม่มีข้อจำกัด ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่และอิสระ สามารถกลั่นกรองความคิดเห็นของตนเองได้อย่างรอบคอบ ปราศจากการชี้นำจากกลุ่มและไม่ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลทางความคิดของผู้อื่น ทำให้ได้ข้อมูลน่าเชื่อถือ รวมทั้งเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัยด้วยเทคนิคเดลฟายจะเริ่มจากการกำหนดประเด็นของปัญหางานวิจัย การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ การสร้างเครื่องมือในงานวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งทำการสรุปผลการวิเคราะห์ โดยจะมีการใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 17 คนขึ้นไปและเก็บข้อมูลจำนวน 3 - 4 รอบ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ไปในแนวทางเดียวกัน หรืออย่างน้อยสุดต้องมีการเก็บข้อมูล 2 รอบ (สุวิมล ว่องวาณิช 2550) แต่ไม่ควรเกิน 4 รอบ ซึ่งจะมีการสร้างแบบสอบถามแบบปลายเปิดในรอบที่ 1 หลังจากนั้นจึงพัฒนาเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่าในรอบที่ 2, 3 และรอบที่ 4 ซึ่งเป็นรอบสุดท้าย แล้วจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอเป็นค่าสถิติเพื่อแสดงความสอดคล้องทางความคิดหรือการหาฉันทามติ คือ ระดับความสอดคล้องทางความคิดของผู้ให้ข้อมูล สามารถกำหนดด้วยค่าสถิติ 2 ประเภท คือ ประเภทแรก จะกำหนดด้วยค่าร้อยละ เพื่อแสดงให้เห็นอัตราส่วนของผู้ที่มีความคิดสอดคล้องกันว่าอยู่ในระดับไหน ซึ่งควรได้ความคิดเห็นสอดคล้องกันอย่างน้อยร้อยละ 60 ขึ้นไป ถึงสามารถสรุปฉันทามติความคิดเห็นได้ ประเภทที่สอง เป็นการใช้สถิติที่วัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐานและค่าฐานนิยม เพื่อบ่งบอกระดับความคิดเห็นของกลุ่มในลักษณะสรุปรวม

การวิจัยด้วยเทคนิคเดลฟายจึงมีความสำคัญต่อการพยากรณ์ในประเด็นต่างๆ ในอนาคต อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการทำด้วยเทคนิคเดลฟายจะเป็นผลที่จะเกิดขึ้นจริงหรือไม่ ก็ขึ้นอยู่กับความ

คิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เป็นผู้ให้ข้อมูล ซึ่งต้องมีการคัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ความสามารถในสาขาวิจัยนั้นๆอย่างแท้จริง เพื่อให้ผลที่คาดการณ์ไว้ ไม่คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง ซึ่งในการสร้างแบบสอบถามจะมีหลักเกณฑ์พื้นฐานในการสร้างแบบสอบถาม ดังต่อไปนี้

หลักเกณฑ์พื้นฐานในการสร้างแบบสอบถาม (ภัทรสินี ภัทรโกศล 2550)

(1) แบบสอบถามควรมีส่วนอธิบายวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานสอบถามเพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามตระหนักถึงความสำคัญของคำถามที่จะตอบ และแบบสอบถามเชิงเทคนิคควรมีส่วนอธิบายศัพท์เฉพาะของการสอบถาม เพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถเข้าใจในประเด็นเดียวกัน

(2) มีการหลีกเลี่ยงการใช้ตัวเลขสำหรับแบบสอบถามทั่วไป ยกเว้นคำถามสำหรับนักวิชาการนักเรียน การมีช่องให้ตอบว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย เป็นการบังคับตอบมากเกินไป เพราะทุกคนมีทัศนะคติที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงอาจมีการสร้างช่อง ไม่มีความคิดเห็นลงไปด้วย เนื่องจากผู้ตอบคำถามอาจไม่มีความคิดเห็นหรือความรู้ในเรื่องที่ถาม

(3) คำถามที่สร้างขึ้นควรพิจารณากำหนดกรอบของคำตอบมาตรฐานขึ้น เพื่อสะดวกต่อผู้ตอบและรวบรวมข้อมูล แต่ควรมีช่องให้ผู้ตอบสามารถเสนอแนวความคิดเห็นอื่นได้เช่นเดียวกัน

(4) เลือกคำตอบที่มีความสำคัญไว้ส่วนแรกของแบบสอบถาม ทั้งนี้ผู้ตอบแบบสอบถามจะสนใจในคำถามระยะแรกๆ

(5) การตั้งคำถามภายในแบบสอบถาม ควรมีการตั้งคำถามที่สามารถสะท้อนให้เห็นว่า การตอบแบบสอบถามของผู้ตอบในข้ออื่นๆ นั้นมีความเป็นจริงหรือเท็จมากเพียงใด โดยคำถามเพื่อการตรวจสอบไม่ควรอยู่ใกล้หรือติดคำถามที่ต้องการตรวจสอบความถูกต้อง

(6) แบบสอบถามไม่ควรมีความยาวมากเกินไป เนื่องจากผู้ตอบจะเกิดความเบื่อหน่ายในการตอบได้ง่าย

เมื่อได้ออกแบบแบบสอบถามและทำการทบทวนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว จึงได้ทำการศึกษาการออกแบบและการทดสอบสมมติฐานเบื้องต้นในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

การออกแบบและการทดสอบสมมติฐาน (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยาและคณะ 2551)

การออกแบบ (Design) หมายถึง การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมในการศึกษาระบบที่สนใจ

การทดลอง (Experiments) หมายถึง สิ่งที่จัดทำขึ้นเพื่อการค้นหาองค์ความรู้หรือข้อมูลส่วนที่ยังขาดไปเกี่ยวกับกระบวนการหรือระบบที่สนใจโดยผู้ทำการศึกษาในสาขานั้น

การออกแบบแผนการทดลอง (Experiments Design) คือ การทดสอบเพียงครั้งเดียวหรือต่อเนื่อง โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรนำเข้า (Input Variables) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจศึกษา เพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้สาเหตุต่างๆที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้ (Output Variables) จากกระบวนการหรือระบบนั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การออกแบบการทดลอง จะแบ่งเป็น 7 ขั้นตอน คือ

(1) กำหนดปัญหาที่ต้องการจะแก้ไข ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการระบุวัตถุประสงค์ของการทดลอง

(2) เลือกปัจจัยที่จะทำการแปรค่าในการทดลองและจำนวนระดับที่ใช้ในการทดลอง

(3) กำหนดตัวแปรตอบสนองหรือตัวแปรผลลัพธ์

(4) การเลือกแบบแผนการทดลอง

(5) การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

(6) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

(7) การสรุปผลการทดลองเพื่อยืนยันและข้อเสนอแนะ

การทดสอบสมมติฐาน (วัฒนาพร เขื่อนสุวรรณ 2553)

การทดสอบสมมติฐาน คือ ความสามารถในการตอบปัญหาหรือข้อสงสัยที่เกิดจากค่าของประชากรหรือพารามิเตอร์ที่กำหนดหรือคาดการณ์ไว้ โดยใช้สถิติเชิงอนุมานในการหาคำตอบ ซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญของการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ สมมติฐานทางสถิติ ประเภทของการทดสอบ ความผิดพลาดที่เกิดจากการตัดสินใจและการเลือกใช้ตัวทดสอบทางสถิติ

ขั้นตอนของการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ มีดังนี้

(1) กำหนดสมมติฐานทางสถิติ ประกอบด้วย สมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานทางเลือก (H_1)

(2) พิจารณาเลือกตัวทดสอบสถิติและคำนวณค่าทดสอบสถิติ โดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการหักล้างสมมติฐานหลัก

(3) กำหนดเกณฑ์การตัดสินใจหรือเขตวิกฤต ที่จะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลักตามระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนด

(4) สรุปผลการทดสอบ

เมื่อได้ทำการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งแล้ว จึงมีการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (ธานินทร์ ศิลป์จารุ 2552)

(1) การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ในกรณีไม่ทราบจำนวนประชากร

การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ในกรณีไม่ทราบจำนวนประชากรหรือประชากรที่ไม่สามารถนับจำนวนได้ (Infinite Population) จะใช้สูตรในการคำนวณดังต่อไปนี้

$$\text{สูตร} \quad n = [P(1-P)(Z)^2]/e^2$$

เมื่อ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

P คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ต้องการจะสุ่มจากประชากรทั้งหมด

e คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง

Z คือ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้ ซึ่งนิยมใช้กันมี 2 ระดับ ได้แก่

- ระดับความเชื่อมั่น 95% Z มีค่าเท่ากับ 1.96
- ระดับความเชื่อมั่น 95% Z มีค่าเท่ากับ 2.58

การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างในกรณีไม่ทราบจำนวนประชากร ควรจะต้องกำหนดค่า P ไม่ต่ำกว่า 50% ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจึงจะอยู่ในระดับที่เชื่อถือได้

(2) การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ในกรณีที่ทราบจำนวนประชากร

สำหรับในการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ในกรณีที่ทราบจำนวนประชากร จะใช้ตารางสำเร็จรูปของ Taro Yamane ซึ่งได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย เมื่อทราบจานวนประชากรที่ชัดเจนแล้วจึงนำมาเปิดตาราง เพื่อกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งจะต้องเก็บข้อมูลให้ครบตามจำนวนตัวอย่าง จึงจะให้ผลที่เชื่อถือได้ตามระดับนัยสำคัญที่กำหนด

ตารางที่ 2.4 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จำแนกตามระดับค่าความคลาดเคลื่อนของ Taro Yamane

จำนวนประชากร (N)	**จำนวนตัวอย่าง (n) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน (e)**					
	± 1%	**± 2%**	**± 3%**	**± 4%**	**± 5%**	**± 10%**
500	*	*	*	*	222	83
1,000	*	*	*	385	286	91
1,500	*	*	638	441	316	94
2,000	*	*	714	476	333	95
2,500	*	1,250	769	500	345	96
3,000	*	1,364	811	517	353	97
3,500	*	1,458	843	530	359	97
4,000	*	1,538	870	541	364	98
4,500	*	1,607	891	549	367	98
5,000	*	1,667	909	556	370	98
6,000	*	1,765	938	566	375	98
7,000	*	1,842	959	574	378	98
8,000	*	1,905	976	580	381	99
9,000	*	1,957	989	584	383	99
10,000	5,000	2,000	1,000	588	385	99
15,000	6,000	2,143	1,034	600	390	99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.4 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จำแนกตามระดับค่าความคลาดเคลื่อนของ Taro Yamane (ต่อ)

จำนวนประชากร (N)	จำนวนตัวอย่าง (n) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน (e)					
	± 1%	± 2%	± 3%	± 4%	± 5%	± 10%
20,000	6,667	2,222	1,053	606	392	100
25,000	7,143	2,273	1,064	610	394	100
50,000	8,333	2,381	1,087	617	397	100
100,000	9,091	2,439	1,099	621	398	100
α	10,000	2,500	1,111	625	400	100

เมื่อได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการแล้วจึงทำการวัดค่าของข้อมูล ดังต่อไปนี้

การวัดค่าของข้อมูล (ภัทรสินี ภัทรโกศล 2550)

การวัดค่าของข้อมูล เป็นการพิจารณาตัดสินใจหรือประเมินค่าสิ่งใดๆ ก็ตามที่จะวัดเป็นค่าตัวเลข ซึ่งค่าเหล่านี้จะเป็นค่าของตัวแปรที่ผู้ทดลองต้องการวัด ค่าตัวเลขเหล่านี้เป็นสิ่งที่บอกถึงค่าต่างๆ ที่ต้องการวัดได้อย่างชัดเจน การวัดค่าของข้อมูลจะมีหลากหลายวิธี ในการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยนั้น จะเห็นว่าข้อมูลสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative data) หมายถึง ข้อมูลที่สามารถวัดค่าเป็นตัวเลขได้โดยตรง เช่น อายุ ความสูง รายได้ เป็นต้น

(2) ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative data) หมายถึง ข้อมูลที่ไม่สามารถวัดค่าเป็นตัวเลขได้โดยตรง เช่น ข้อมูลที่แสดงทัศนคติหรือความรู้สึกของแต่ละบุคคล เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเชิงคุณภาพจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อแปลงให้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น ความถี่ในการเกิดหรือการกำหนดการให้คะแนน เป็นต้น การให้คะแนนสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพนั้นจะเป็นการให้คะแนนจากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม โดยลักษณะของการให้คะแนน ในการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นการให้คะแนนจากการวัดภาพลักษณ์อย่างง่าย (Simple attitude scaling) คือ จะถามเป็นประเด็นเดียว เช่น ตัวอย่างสีน้ำทิ้งนี้เป็นที่พึงรังเกียจหรือไม่ ซึ่งจะมีคำตอบ 2 คำตอบ คือ พึงรังเกียจหรือไม่พึงรังเกียจ ซึ่งจัดเป็นลักษณะการวัดแบบแบ่งกลุ่ม มีข้อดี คือ มีความชัดเจนและง่าย

ในการศึกษาครั้งนี้ จะมีการวัดทัศนคติเพื่อประเมินความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง จะมีการใช้การวัดทัศนคติ ดังต่อไปนี้

การวัดทัศนคติ

การวัดทัศนคติในการเก็บข้อมูลได้เป็น 3 ประเภท คือ

(1) การวัดความรู้สึก (Affective component) เป็นความรู้สึกโดยทั่วไป เช่น ชอบหรือไม่ชอบ

(2) การวัดการรับรู้ (Cognitive component) เป็นเรื่องของการรับรู้ว่ามีสิ่งนี้อยู่

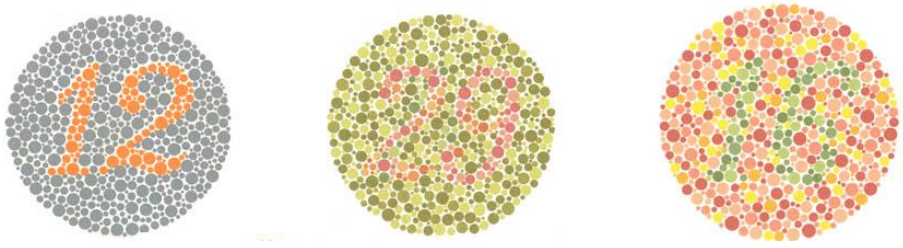
(3) การวัดพฤติกรรม (Behavioral component) เป็นเรื่องราวของความตั้งใจหรือพฤติกรรมที่จะทำ

นอกจากนี้ เกณฑ์ในการคัดเลือกตัวอย่างที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งนั้น สิ่งที่สำคัญที่เป็นคุณสมบัติที่ดีจะต้องตาไม่บอดสี ซึ่งจะมีการทดสอบตาบอดสีดังต่อไปนี้

การทดสอบตาบอด (ธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์ 2550)

การทดสอบตาบอด เป็นการทดสอบสายตาเพื่อดูความผิดปกติด้านการมองเห็นสีของวัตถุด้วยการใช้แผ่นทดสอบตาบอดสีซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นกระดาษแบนราบและมีวงกลมเป็นพื้นจุดสีแดงตัวเลขจุดสีเขียวหรือเป็นพื้นจุดสีเขียวตัวเลขจุดสีแดง เป็นต้น แผ่นทดสอบที่ใช้นั้น เรียกว่า แผ่นทดสอบ Ishihara ซึ่งออกแบบโดย ดร. Shinobu Ishihara ชาวญี่ปุ่น แผ่นทดสอบตาบอดสีเหล่านี้จะพิมพ์เป็นหนังสือ โดยในหนึ่งเล่มจะประกอบด้วยแผ่นทดสอบทั้งหมด 38 แผ่น หรือในบางกรณีอาจมีแผ่นทดสอบ 24 แผ่น ซึ่งในทางการแพทย์การใช้แผ่นทดสอบดังกล่าวเพียง 4 แผ่น ก็เพียงพอที่จะสามารถตรวจสอบได้ว่าบุคคลที่ถูกทดสอบนั้นมีอาการตาบอดสีหรือไม่

นอกจากนี้ แผ่นทดสอบตาบอดสียังมีลักษณะเป็นเส้น ซึ่งแพทย์มักจะใช้ในกรณีที่ผู้ถูกทดสอบยังเป็นเด็กหรือไม่สามารถอ่านตัวเลขในแผ่นทดสอบได้ โดยจะให้คนไข้วาดเส้นที่มองเห็นจากในแผ่นทดสอบตาบอดสีเหล่านั้นแทน



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างแผ่นทดสอบตาบอดสี

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง พบว่า น้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะเป็นอย่างมาก จาการศึกษาผลกระทบของโรงงานอุตสาหกรรมที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำป่าสัก (สยาม อรุณศรีมรกตและชุมพร ยุวรี 2553) โดยการวิเคราะห์คุณภาพในแม่น้ำป่าสักเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของโรงงานอุตสาหกรรมที่คาดว่ามีผลกระทบก่อนปล่อยลงในแม่น้ำป่าสัก ที่มีระยะห่างจากแม่น้ำป่าสักในรัศมี 1.5 กิโลเมตร จำนวนทั้งสิ้น 17 โรงงานอุตสาหกรรม ผลการวิเคราะห์จากการสุ่มเก็บน้ำตัวอย่างตามจุดเก็บทั้ง 9 จุดในแม่น้ำป่าสักที่เป็นตัวแทนของโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ pH, DO และบีโอดี พบว่าจุดเก็บน้ำตัวอย่างทั้ง 9 จุดมีค่าพารามิเตอร์ที่ศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์พอใช้-ดี แต่มีบางจุด ได้แก่ สะพานข้ามแม่น้ำ (ผึ้งรวง) บ้านม่วงงาม และ ปากคลองเริงราง ค่าบีโอดี แสดงว่าอยู่ในสภาพเริ่มเสื่อมโทรม แต่บริเวณดังกล่าวก็ยังมีแหล่งการใช้น้ำจากกิจกรรมอื่นๆ อีก ที่อาจเป็นสาเหตุของคุณภาพน้ำบริเวณดังกล่าว เช่น จากชุมชนและการเกษตร ซึ่งควรมีการเฝ้าระวังเนื่องจากมีการกระจายตัวอยู่ในบริเวณดังกล่าว สำหรับประเด็นที่เกี่ยวกับแผนการจัดการคุณภาพแม่น้ำป่าสักของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นสมควรจัดทำโครงการพัฒนาจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับผู้บริหาร ให้ความร่วมมือแก่หน่วยงานราชการ โดยการเข้าร่วมพัฒนาระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14001) และการประยุกต์เทคโนโลยีสะอาด นอกจากนี้ ยังควรผลักดันให้โรงงานอุตสาหกรรมทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบางพารามิเตอร์เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้ง สำหรับงานวิจัยในต่างประเทศ มีการศึกษาผลกระทบจากมลพิษและคุณภาพของน้ำที่มาจากน้ำทิ้งของโรงงานย้อมผ้าในเขตอุตสาหกรรม Dhaka-Narayanganj-Demra (D.N.D) (Sultana 2009) ซึ่งมีการศึกษาพารามิเตอร์ทางกายภาพ คือ ค่า TSS, ค่า TDS, ค่า DO, ค่า pH, ค่า EC, ค่าความขุ่น, ค่า BOD, ค่า COD, พารามิเตอร์ที่มีประจุลบและค่าโลหะต่างๆ เช่น Pb, Zn, Cd และCu พบว่า คุณภาพน้ำที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานย้อมผ้าจะมีค่าพารามิเตอร์ที่กล่าวมาอยู่ในปริมาณสูงกว่าที่เกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งน้ำบริเวณใกล้โรงงานในเขตดังกล่าวไม่สมควรนำมาบริโภค นอกจากนี้ ผลกระทบของสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมย้อมสีผ้าในประเทศบังคลาเทศ (M. M. Islam 2011) ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตอุตสาหกรรม Gazipur และ Narayanganj ได้ทำการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ เช่น ค่าสี, ค่า pH, ความขุ่น, ค่า TSS, ค่าบีโอดี, ค่าซีโอดีและดัชนีคุณภาพน้ำตัวอื่นๆ ในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทุกตัวอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่รายงานของการประเมินผลกระทบของสิ่งแวดล้อม (EIA) พบว่า ผลของอุตสาหกรรมย้อมสีผ้าส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ทางกายภาพและทางนิเวศวิทยา เป็นต้น ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ปัญหาจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก โดยการ

ตรวจสอบจะมีการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำเพื่อบอกถึงคุณภาพน้ำ ซึ่งจะมีค่าบีโอดีและค่าซีโอดีเสมอ แต่ก็ยังไม่พบว่ามีการประเมินสีน้ำทิ้งรวมอยู่ด้วย ซึ่งในการศึกษาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งครั้งนี้ จึงได้ทำการศึกษาดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี เป็นต้น

นอกจากนี้ ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งนั้น ได้มีความสนใจที่จะบ่งชี้คุณภาพของสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งเหล่านั้นและเพื่อเพิ่มความชัดเจนของสีน้ำทิ้งที่ “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” ตามที่กฎหมายกำหนด ซึ่งในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งเพื่อบ่งชี้ความพึงรังเกียจนั้น เป็นการประเมินในเชิงคุณภาพและความคิดเห็นของบุคคลเท่านั้น จึงทำให้มีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาวิธีการเพื่อกำหนดคำว่า “ความพึงรังเกียจ” ให้อยู่ในค่าเชิงปริมาณ (J.H. Wakeley 1959) เพื่อกำหนดเกณฑ์ที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ในการศึกษาพบว่า เนื่องจากคำว่า “ความพึงรังเกียจ” เป็นการแสดงให้เห็นถึงความไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน ซึ่งไม่สามารถบอกได้ว่าอยู่ภายใต้เงื่อนไขหรือมีความสัมพันธ์กับปริมาณใดที่กำหนดได้ ดังนั้น จึงได้พยายามหาวิธีที่จะกำหนดค่าสีน้ำทิ้งที่มีความพึงรังเกียจให้อยู่ภายใต้ค่าที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยการจำลองการไหลของน้ำตามธรรมชาติและใส่ตัวอย่างสีย้อม 6 สีลงไป เพื่อให้กลุ่มตัวอย่าง 20 คนแสดงความพึงรังเกียจในสีต่างๆ แล้วเก็บข้อมูลโดยใช้โมเดลการแจกแจงปกติและคำนวณค่าความพึงรังเกียจในรูป 5%OP (Objectionable Point) ซึ่งกระบวนการที่ใช้ประเมินในงานวิจัยนี้ยังมีปัญหาในเรื่องของความสัมพันธ์ของตัวแปรในสีน้ำทิ้ง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ประเมินความพึงรังเกียจควรเป็นกลุ่มใดได้บ้าง (นักกีฬา, นักท่องเที่ยว, ชาวนา) และยังไม่มีความเป็นมาตรฐานที่ชัดเจน ต่อมาจึงมีงานวิจัยที่ทำการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งโดยการใช้ tristimulus colorimeter เปรียบเทียบกับวิธีการมาตรฐานคือ spectrophotometric, filter-photometric และวิธีการเปรียบเทียบสีน้ำทิ้งกับสารละลายแพลทตินัมโคบอลต์ (J. C. Coss and N. L. Nemerow 1958) ซึ่งจากการศึกษา พบว่า วิธีการใช้ tristimulus colorimeter จะเป็นวิธีการที่สามารถนำไปปรับใช้ในการกำหนดค่าความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งได้ เนื่องจากวิธีการเปรียบเทียบสีน้ำทิ้งกับสารละลายแพลทตินัมโคบอลต์ จะมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ในเรื่องสีของน้ำทิ้งได้เพียงบางสีเท่านั้น ซึ่งวิธี tristimulus colorimeter จะสามารถวิเคราะห์สีของน้ำทิ้งได้หลากหลายสี ที่ให้ผลชัดเจนและแม่นยำ

จากงานวิจัยที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาการกำหนดสีของน้ำทิ้งในเชิงปริมาณมากขึ้น โดยมีการใช้ระบบสีมันเซลล์มาเปรียบเทียบกับสีน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น ซึ่งได้มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาการมองเห็นลักษณะสีปรากฏของแม่น้ำในประเทศเนเธอแลนด์ในแม่น้ำปานทั้งหมด 96 แห่ง (Robert J. Davies-Colley and Murray E. Close 1990) ด้วยการใช้เครื่องมือในการประมาณการมองเห็นสีของน้ำแล้วเปรียบเทียบกับค่าสีมันเซลล์ที่ตรงกับสีปรากฏในแม่น้ำนั้น ซึ่งจากการศึกษาพบว่า สารแขวนลอยและอนุภาคต่างๆ ในแม่น้ำนั้นจะส่งผลต่อลักษณะสีปรากฏในแม่น้ำ สีของแม่น้ำใน

ประเทศเนเธอแลนด์ส่วนใหญ่จะมีสีเหลืองถึงเหลืองแดง และยังมีการศึกษาเพิ่มเติม ในเรื่องการยอมรับสีน้ำในแหล่งน้ำของประชาชนเพื่อนำน้ำมาใช้ในการอาบน้ำและประเมินด้านความสวยงาม (David G. Smith. et al. 1995) ด้วยการทำแบบสอบถามและใช้ระบบสีมันเซลล์เพื่อทำการระบุสีปรากฏของแม่น้ำและทะเลสาบดังกล่าว พบว่า ลักษณะของสีปรากฏของแม่น้ำและทะเลสาบที่ยอมรับให้สามารถใช้ในการอาบน้ำจะมีลักษณะใสและมีสีสวยงาม โดยที่สีปรากฏของแม่น้ำและทะเลสาบที่มีสีฟ้าจะได้รับความชื่นชอบมากกว่าสีเหลือง แต่สีน้ำที่มีสีเหลืองจะได้รับการยอมรับให้นำมาใช้ในการอาบน้ำมากกว่าสีน้ำที่มีสีฟ้า ซึ่งจะมีค่าสีมันเซลล์ที่ 10Y นอกจากนี้ น้ำที่ได้รับการยอมรับที่จะนำมาใช้ในการอาบน้ำจะต้องมีความปลอดภัยในแหล่งน้ำ (สามารถมองเห็นด้านล่างของแหล่งน้ำ) มีความใส รวมทั้งบริเวณรอบแหล่งน้ำก็ต้องมีความปลอดภัยเช่นกัน หลังจากนั้นในปี 1997 ได้มีการศึกษาการนำค่าสีมันเซลล์มาจับคู่กับลักษณะสีปรากฏของแหล่งน้ำเช่นกัน (Robert J. Davies-Colley 1997) โดยการศึกษาพบว่า ในระบบค่าสีมันเซลล์จะมีค่าฮิว ค่าน้ำหนักของสีและ ค่าอิ่มตัวของสี ซึ่งจัดเป็นคุณสมบัติในการมองเห็นสีของมนุษย์ ดังนั้น ระบบค่าสีมันเซลล์จึงเหมาะสมในการนำมาใช้หาลักษณะสีปรากฏของแหล่งน้ำ ซึ่งในงานวิจัยนี้ มีการใช้เครื่องมือที่มีชื่อว่า Color – matching ที่สามารถใช้มองผ่านลงไปในแหล่งน้ำธรรมชาติต่างๆ และจับคู่กับค่าสีมันเซลล์ที่ตรงกับสีปรากฏของแหล่งน้ำนั้น เพื่อบอกค่าสีของน้ำในระบบสีมันเซลล์

เมื่อได้มีการกำหนดวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการที่สามารถบอกค่าสีน้ำทิ้งในรูปของค่าสีหรือในหน่วย ADMI จึงทำให้มีงานวิจัยที่จะหาความสัมพันธ์ของค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ และวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เหมาะสมกับน้ำทิ้งที่มีความเข้มสีสูง จึงมีการศึกษาการประเมินความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งด้วยวิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method (3ADMI) กับวิธี 31ADMI (Kao C. M. et al. 2001) จากน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า 10 แห่งในประเทศไต้หวัน พบว่า วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งด้วยวิธี 3ADMI กับวิธี 31ADMI มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ควรเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น และจากการประเมินศักยภาพของระบบบำบัดน้ำทิ้ง พบว่า ระบบบำบัดน้ำทิ้งสามารถลดค่า COD ได้ (มากถึง 70%) แต่ไม่สามารถลดค่าสีของน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาได้ ซึ่งพบว่า ค่าสีน้ำทิ้งในหน่วย ADMI จะไม่มีความสัมพันธ์กับค่า COD และค่า pH สำหรับงานวิจัยนี้

นอกจากงานวิจัยที่มีการศึกษาการประเมินสีน้ำทิ้งในเชิงปริมาณแล้ว สำหรับแหล่งน้ำสาธารณะทั่วไป ได้มีการศึกษาการจัดทำการพัฒนาดัชนีคุณภาพน้ำ (วนิดา ชูอักษร 2554) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของแหล่งน้ำสาธารณะ โดยมีการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นและดำเนินการวิเคราะห์คุณภาพน้ำนอกสถานที่และในห้องปฏิบัติการ เมื่อได้ทำการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นแล้วจึงนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมกับการทำแบบสอบถามด้วยเทคนิคเดลฟายจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะมีการตอบแบบสอบถามที่เป็นอิสระ โดยผู้เชี่ยวชาญจะเป็น

ผู้ทำการพิจารณาเลือกและกำหนดระดับความสำคัญ (Significant level) ของพารามิเตอร์ที่เป็นดัชนีคุณภาพน้ำจากแบบสอบถาม แล้วจึงหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนคุณภาพน้ำกับค่าต่างๆ ของพารามิเตอร์ และประมวลความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ออกมาในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ โดยคำนวณคุณภาพน้ำเป็น 0 ถึง 100 คะแนน ทำให้สามารถบ่งชี้สถานการณ์คุณภาพน้ำเป็นระดับดีมาก ดี พอใช้ เสื่อมโทรมและเสื่อมโทรมมาก โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำตามมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ทำให้ลดระยะเวลา ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สามารถแปลผลที่เข้าใจได้ง่าย รวมทั้งสามารถอธิบายสถานการณ์คุณภาพน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งการใช้ดัชนีคุณภาพน้ำอย่างเหมาะสมในแต่ละพื้นที่เท่านั้น

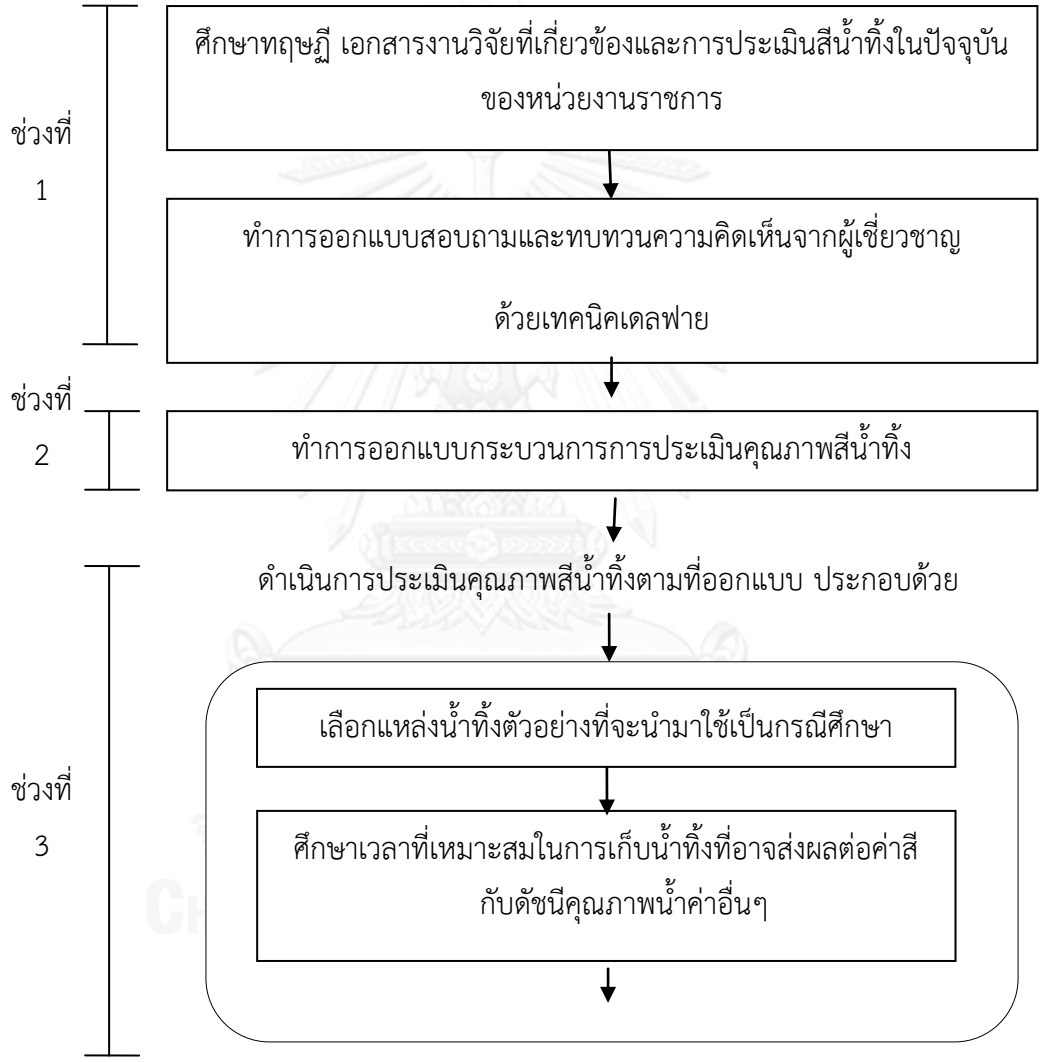
ในการศึกษาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งนี้ ได้มีการจัดทำดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่สามารถพยากรณ์ค่าสีจากความสัมพันธ์ของค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งค่าอื่นๆ ที่กำหนด เพื่อเป็นเกณฑ์ในการกำหนดค่าสีและบ่งชี้ความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งในเชิงปริมาณได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

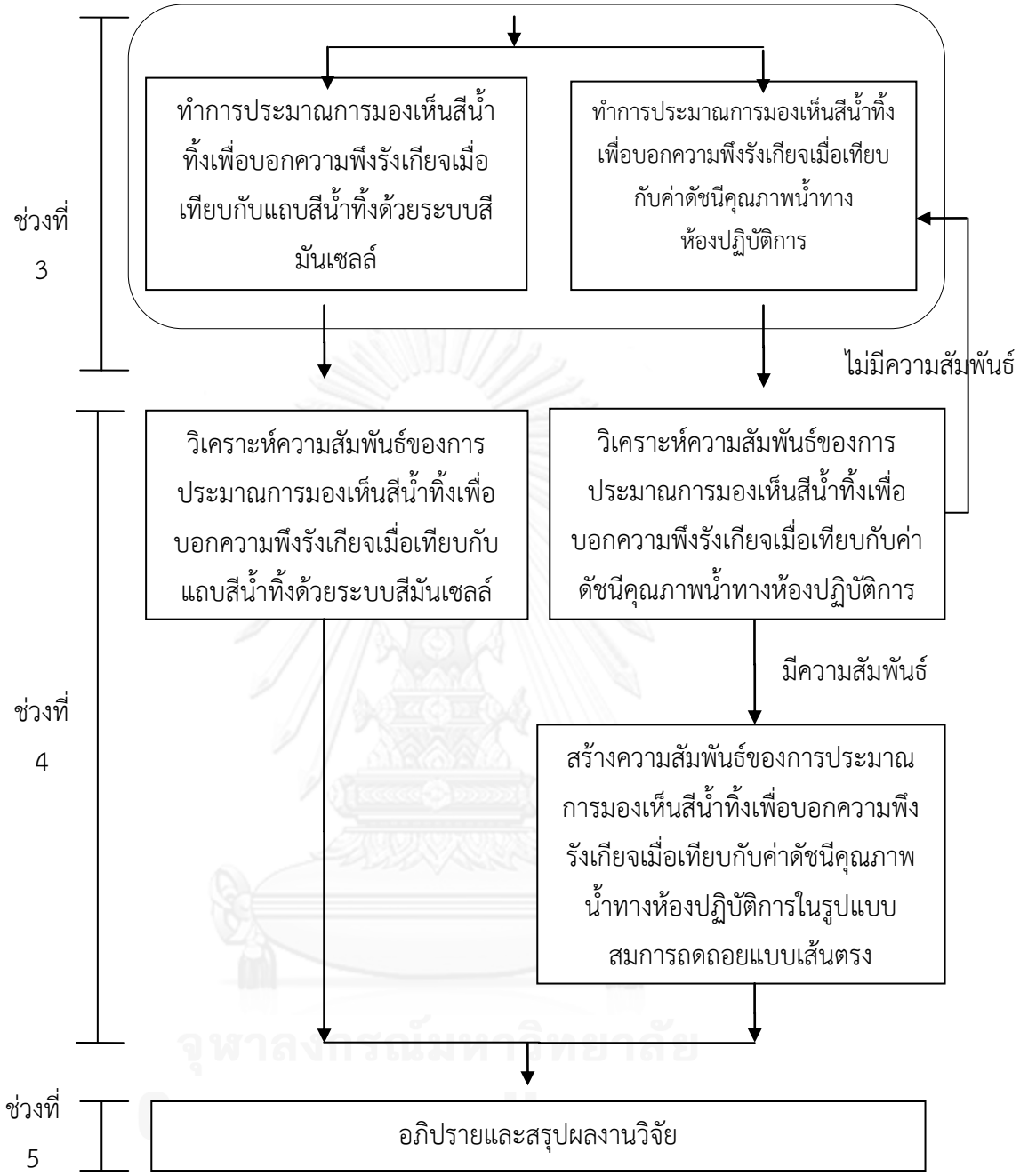
บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 รายละเอียดการดำเนินงานวิจัย

รายละเอียดการดำเนินงานวิจัยทั้งหมด จะแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 รายละเอียดงานวิจัย



ภาพที่ 3.1 รายละเอียดงานวิจัย (ต่อ)

จากภาพที่ 3.1 สามารถอธิบายงานวิจัยดังกล่าว ดังต่อไปนี้

1. ช่วงที่ 1 ทำการศึกษาทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการประเมินสีน้ำทิ้งในปัจจุบันของหน่วยงานราชการ ดังนี้

1.1 กฎหมายที่ใช้ในการอ้างอิงข้อกำหนดเรื่องสีน้ำทิ้ง

ทำการศึกษากฎหมายที่ใช้ในการกำหนดค่าสีน้ำทิ้ง วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้ง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ มีการเลือกใช้กฎหมายที่อ้างอิงเกี่ยวกับข้อกำหนดของน้ำทิ้งอุตสาหกรรมในประเทศไทย ประกอบด้วยประกาศฯ 2 ฉบับ คือ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ตามตารางที่ 3.1 พบว่า มีข้อกำหนดของสีน้ำทิ้งต้อง “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” เท่านั้น

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมสำหรับดัชนีคุณภาพสีน้ำทิ้ง (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม 2556)

เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	**ข้อกำหนด**
ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิด ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

แต่ในรายงานประจำปี 2554 ของสำนักจัดการคุณภาพน้ำ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2554) ได้มีการกำหนด (ร่าง)มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ปรับแก้ไขตามการประชุมรับฟังความคิดเห็นเสนอเข้าที่ประชุมคณะทำงานปรับปรุงมาตรฐานฯ ครั้งที่ 1/2554 เมื่อวันที่ 16 สิงหาคม 2554 ของกรมควบคุมมลพิษร่วมกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ เป็นค่าสีน้ำทิ้งที่วิเคราะห์ค่าสีได้ไม่เกิน 300 ADMI ซึ่งในปัจจุบันร่างดังกล่าวยังอยู่ระหว่างเสนอคณะกรรมการควบคุมมลพิษเพื่อพิจารณาให้ความเห็นชอบและนำเสนอต่อยังคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติเพื่อประกาศและมีผลบังคับใช้ต่อไป และทำการศึกษาการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งเมื่อถูกร้องเรียนจากประชาชน

1.2 ทำการออกแบบสอบถามเพื่อทบทวนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ด้วยเทคนิคเดลฟาย

การออกแบบสอบถามเพื่อทบทวนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญโดยใช้เทคนิคเดลฟาย เป็นการนำความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญใน 3 ประเด็น คือ

(1) ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรม

(2) วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานสำหรับภาคอุตสาหกรรม

(3) การหารูปแบบของการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจ ซึ่งผลที่ได้จากการทบทวนนั้นจะนำมาใช้ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1.2.1 กลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญ

กลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการตอบแบบสอบถามด้วยเทคนิคเดลฟายนี้ เป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านน้ำทิ้ง ประกอบด้วยนักวิชาการและเจ้าหน้าที่ภาครัฐ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 ท่าน แต่ได้รับการตอบกลับเพียง 16 ท่าน โดยมีการกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญต้องเป็นนักวิชาการและเจ้าหน้าที่ภาครัฐที่เป็นผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

1.2.2 การสร้างแบบสอบถามเดลฟาย

แบบสอบถามด้วยเทคนิคเดลฟายที่ใช้ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งนี้ มีการใช้แบบสอบถามในการถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็นจำนวน 2 รอบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ศึกษารวบรวมข้อมูลในเรื่องวิธีการประเมินสีน้ำทิ้ง วิธีการเก็บน้ำทิ้ง รวมทั้งปัจจัยที่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม และงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่มีการนำเสนอวิธีที่ใช้ในการประเมินสีน้ำทิ้ง เพื่อนำมาสร้างเป็นแบบสอบถาม

(2) นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาสร้างแบบสอบถามในรอบที่ 1 (ภาคผนวก ก) ซึ่งเป็นแบบสอบถามปลายเปิด เพื่อถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและข้อเสนอแนะในประเด็นที่เกี่ยวข้อง 3 ประเด็น คือ

(2.1) ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรม เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะสีน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น เช่น ประเภทอุตสาหกรรม ดัชนีคุณภาพน้ำ ฤดูกาลและเหตุการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ เป็นต้น

(2.2) วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานสำหรับภาคอุตสาหกรรม เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งและสอดคล้องกับการอ้างอิงตามกฎหมายที่กำหนดในประเทศไทย จึงได้นำวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาจากคู่มือวิธีการวิเคราะห์น้ำทิ้ง Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่งเป็นของหน่วยงาน American Public

Health Association, American Water Work Association และWater Environment Federation ร่วมกันในการสร้างวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เป็นมาตรฐานสากล จัดทำโดยประเทศสหรัฐอเมริกา (พิมพ์ครั้งที่ 21 ปี 2012) ซึ่งกฎหมายที่เป็นข้อกำหนดของประกาศฯ ทั้ง 2 ฉบับ ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำของไทยได้มีการนำวิธีการวิเคราะห์ในคู่มือเล่มนี้มาใช้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำอื่นๆ ที่กฎหมายกำหนดด้วย ยกเว้น วิธีการวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งที่ไม่ได้มีการนำมากำหนดไว้

(2.3) การหารูปแบบของการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจ เพื่อศึกษารูปแบบที่สามารถใช้กำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจและลักษณะของสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจได้

1.2.3. นำความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญในรอบที่ 1 มาสรุปผลและสร้างแบบสอบถามในรอบที่ 2 (ภาคผนวก ก) ที่เป็นแบบสอบถามปลายปิด ในลักษณะการวัดภาพลักษณ์อย่างง่าย (Simple attitude scaling) (ภัทรสินี ภัทรโกศล 2550) ซึ่งจะเป็นคำถามประเด็นเดียวที่แสดงความคิดเห็นว่า เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยเท่านั้น เพื่อเป็นการยืนยันหรือเพิ่มเติมข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1.2.4. นำแบบสอบถามรอบที่ 2 ไปให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็น พร้อมทั้งนำมาสรุปผลความคิดเห็นเป็นร้อยละของความคิดเห็นที่เกิดขึ้นในคำถามแต่ละข้อ

1.2.5. นำผลสรุปที่ได้จากการแสดงความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญมาใช้เป็นกรอบในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งต่อไป

1.2.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลแบบสอบถาม ดังต่อไปนี้

(1) นัดหมายผู้เชี่ยวชาญทั้ง 16 คน เพื่อทำการตอบแบบสอบถาม โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

(1.1) ผู้เชี่ยวชาญให้การตอบรับและอนุญาตให้มาสัมภาษณ์ที่สถานที่ทำงานหรือสถานที่อื่นๆ ที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวกในการตอบแบบสอบถาม

(1.2) ผู้เชี่ยวชาญให้การตอบรับแต่ไม่อนุญาตให้มาสัมภาษณ์ที่สถานที่ทำงานหรือสถานที่อื่นๆ จึงดำเนินการส่งทางไปรษณีย์พร้อมทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม

(2) ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์กับผู้เชี่ยวชาญในการตอบแบบสอบถามรอบที่ 1 เป็นจำนวน 6 ท่าน และเริ่มส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ในวันที่ 12 มกราคม 2556 จำนวน 10 ฉบับ โดยเก็บข้อมูลในวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2556 ถึงวันที่ 3 มีนาคม 2556 จึงได้แบบสอบถามคืนมาทั้งหมด

(3) ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์กับผู้เชี่ยวชาญในรอบที่ 2 เป็นจำนวน 6 ท่าน(คนเดิม) และเริ่มส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ในวันที่ 23 เมษายน 2556 จำนวน 10 ฉบับ โดยเก็บข้อมูลในวันที่ 10 พฤษภาคม 2556 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2556 จึงได้แบบสอบถามคืนมาทั้งหมด

(4) ทำการสรุปผลแบบสอบถามซึ่งใช้เวลาในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแบบสอบถามนี้เป็นระยะเวลา 5 เดือน

1.2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม ดังต่อไปนี้

(1) ในแบบสอบถามรอบที่ 1 เป็นแบบสอบถามปลายเปิด จะได้ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในการตอบเชิงบรรยายและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ซึ่งจะนำมาสรุปผลและสร้างเป็นแบบสอบถามในรอบที่ 2

(2) ในแบบสอบถามรอบที่ 2 เป็นแบบสอบถามปลายปิด จะได้ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในการตอบเห็นด้วยกับไม่เห็นด้วย แล้วจึงนำมาคิดเป็นร้อยละความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

2. ช่วงที่ 2 การออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการออกแบบกระบวนการเพื่อสนับสนุนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่มีการดำเนินอยู่ในปัจจุบัน ให้สามารถบ่งชี้ความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งได้ในเชิงปริมาณและมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากค่าสีน้ำทิ้งที่ถูกกำหนดในกฎหมายและการประเมินในปัจจุบัน เป็นการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจที่มาจากความรู้สึกหรือในเชิงคุณภาพเท่านั้น ซึ่งไม่มีการบอกความพึงรังเกียจในเชิงปริมาณ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งโดยนำการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจที่เป็นการประเมินของหน่วยงานราชการมาใช้ควบคู่กับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามวิธีการมาตรฐาน เพื่อสนับสนุนการประเมินที่ใช้ในปัจจุบันให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง มีดังต่อไปนี้

2.1 ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในงานวิจัยนี้ เป็นการสนับสนุนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่ใช้อยู่ให้มีความชัดเจนในการวิเคราะห์มากยิ่งขึ้น จึงต้องมีการศึกษาการประเมินที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อออกแบบการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งให้มีขั้นตอนในการดำเนินการประเมินเป็นกระบวนการและสามารถประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพและชัดเจนมาก

ขึ้น นอกจากนี้ในการออกแบบกระบวนการการประเมินนั้นจะต้องมีความสอดคล้องกับกฎหมายที่ใช้ในอ้างอิงในการศึกษาครั้งนี้ ตามข้อ 1.1 ในช่วงการศึกษาที่ 1

2.2 นำผลของการทบทวนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคเดลฟาย มาเชื่อมโยงกับการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง เพื่อให้ได้กระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการประเมินได้

2.3 ทำการเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามวิธีการวิเคราะห์มาตรฐานของคู่มือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่งเป็นของหน่วยงาน American Public Health Association, American Water Work Association และWater Environment Federation ร่วมกัน ในการสร้างวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เป็นมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา (พิมพ์ครั้งที่ 21 ปี 2012) เนื่องจากเป็นวิธีมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับและถูกกำหนดให้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ ของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากนิคมอุตสาหกรรม ตามที่ประกาศในกฎหมายที่เกี่ยวข้องทั้ง 2 ฉบับ และสำหรับวิธีการในการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่จะนำมาใช้เทียบกับการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งนั้น จะเป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งทั้งในลักษณะสีปรากฏและสีจริงรวมทั้งผลของการทบทวนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคเดลฟาย ซึ่งในการออกแบบกระบวนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งของการศึกษาครั้งนี้จะมีการใช้วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐาน 2 วิธี ดังนี้

(1) วิธีเปรียบเทียบทางสายตา (Visual Comparison Method) จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เป็นลักษณะสีปรากฏของตัวอย่างน้ำทิ้งที่อยู่ในขวดแก้วรูปชมพู่ (flask) แล้วนำมาเทียบกับระบบสีมันเซลล์ เพื่อบอกความพึงรังเกียจของตัวอย่างสีน้ำทิ้งและขอบเขตการยอมรับสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงเกียจจากระบบสีมันเซลล์ ที่ทำการประมาณการมองเห็นแถบสีน้ำทิ้งจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนในบริเวณใกล้แหล่งน้ำทิ้งที่ศึกษาและประชาชนทั่วไป (ในการออกแบบการศึกษาครั้งนี้ได้แนวความคิดมาจากหลักการการหาค่าความเข้มกลิ่น (odor concentration) คือ ค่าแสดงสภาพกลิ่นซึ่งเป็นอัตราส่วนการเจือจางตัวอย่างอากาศที่มีกลิ่นด้วยอากาศบริสุทธิ์จนเกือบจะไม่สามารถรับกลิ่นได้ โดยทำการวิเคราะห์กลิ่นด้วยการดม) (พระราชบัญญัติโรงงาน 2535)

(2) วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method เป็นการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เป็นลักษณะค่าสีจริงของตัวอย่างน้ำทิ้งที่ทำการศึกษาทางห้องปฏิบัติการ รวมทั้งค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและซีโอดี ที่เป็นผลจากการวิเคราะห์น้ำทิ้งทางห้องปฏิบัติการด้วย

3. ช่วงที่ 3 ดำเนินการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งตามที่ได้ออกแบบไว้ในการศึกษาช่วงที่ 2 ซึ่งมีการดำเนินกระบวนการ ดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาและเลือกแหล่งน้ำทิ้งตัวอย่างที่จะนำมาใช้เป็นกรณีศึกษา โดยการคัดเลือกโรงงานอุตสาหกรรมจากโรงงานที่เข้าร่วมในโครงการตาสับปะรดสิ่งแวดล้อม จ.สมุทรปราการ เนื่องจากเป็นโครงการที่มีโรงงานอุตสาหกรรมได้ให้ความร่วมมือในการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งผลจากแบบสอบถามเดลฟายของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงคัดเลือกเพียง 1 โรงงานที่มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะและมีประชาชนในบริเวณดังกล่าวให้ความร่วมมือในการสอบถามข้อมูล และทำการเปรียบเทียบกับแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมที่ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ในรัศมี 1.5 กิโลเมตร 1 แห่ง เพื่อเปรียบเทียบลักษณะสีน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น

3.2 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บน้ำทิ้งที่อาจส่งผลต่อค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ โดยทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสีน้ำทิ้งโดยการออกแบบการทดลองเบื้องต้นและทำการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานดังนี้

<u>สมมติฐาน</u> เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี ซึ่งสามารถแยกการตั้งสมมติฐานตามผลของเวลาที่มีต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าสี

$$H_0: \mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$$

เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมีผลต่อค่าสี

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \; ; \exists i,j \text{ (มีอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน)}$$

(2) เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าความขุ่น

$$H_0: \mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$$

เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมีผลต่อค่าความขุ่น

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \; ; \exists i,j \text{ (มีอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน)}$$

(3) เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าบีโอดี

$$H_0: \mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมีผลต่อค่าค่าบีโอดี

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$; $\exists i,j$ (มีอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน)

(4) เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าซีโอดี

H_0: $\mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$

เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าซีโอดี

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$; $\exists i,j$ (มีอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน)

ทดสอบโดยการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งใน 3 ช่วงเวลา คือ เวลา 8:00 น., 11:00 น. และ 14:00 น. ทำซ้ำเป็นเวลา 3 วัน ในตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานและแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

ในการเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับโรงงานจะเก็บที่ปลายท่อน้ำทิ้งของโรงงงานและสำหรับแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมจะเก็บที่จุดกึ่งกลางแหล่งน้ำ ซึ่งวิธีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 แห่ง จะเป็นไปตามวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำจากกรมควบคุมมลพิษ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2553)

3.3 ดำเนินการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเทียบกับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐาน โดยเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งแต่ละแห่งทั้งจากตัวอย่างน้ำทิ้งโรงงานและแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมปริมาตร 4,500 มล. แล้วนำมาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ตัวอย่างน้ำทิ้งปริมาตร 750 มล. จะนำมาใช้ในการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ ส่วนที่ 2 ตัวอย่างน้ำทิ้งปริมาตร 1,000 มล. และส่วนที่ 3 ตัวอย่างน้ำทิ้งปริมาตร 2,750 มล. จะนำมาใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่ (Flask) เพื่อใช้ในการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างของประชาชนเพื่อทำการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจ

ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างของประชาชนในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อนำมาทำการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจในกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งจะมีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างของประชาชนเป็น 2 กลุ่มในแต่ละพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

(1) กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งที่ทำการศึกษา หมายถึง กลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งที่ทำการศึกษาที่พัก

อาศัยอยู่บริเวณนั้นและให้ความร่วมมือในการทำการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจ โดยจะมีการคำนวณจำนวนตัวอย่างของประชาชน 2 กรณี คือ

(1.1) กรณีที่ทราบจำนวนประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งนั้น จะทำการเปิดตารางของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และที่ระดับความคลาดเคลื่อน ±5% ซึ่งในการศึกษาตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานนี้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้ามีจำนวน 1,600 คน (สอบถามจากผู้นำชุมชน) จึงได้ทำการสุ่มจำนวนตัวอย่างของประชาชนโดยการเปิดตารางของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และที่ระดับความคลาดเคลื่อน ±5% ซึ่งจากการเปิดตาราง พบว่า จะต้องทำการสุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้าจำนวน 319 คน

(1.2) กรณีที่ไม่ทราบจำนวนประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งนั้น จะทำการคำนวณจำนวนตัวอย่างจากสูตร Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจะกำหนดการสุ่มตัวอย่าง (P) เป็น 50% หรือ 0.50 จากประชากรทั้งหมด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Z=1.96) ซึ่งยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่ม (e) ได้ 5% หรือ 0.05 สามารถคำนวณได้จากสูตร ต่อไปนี้

$$n = [P(1-P)(Z)^2]/e^2$$

$$= [(0.50)(1-0.50)(1.96)^2]/(0.05)^2$$

$$= [(0.50)(0.50)(3.8416)]/0.0025$$

$$= 0.9604/0.0025 = 384.16 \text{ หรือ } = 384$$

ดังนั้น กรณีไม่ทราบจำนวนประชากรที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งนั้น จะมีการกำหนดสุ่มตัวอย่างของประชาชนเป็นจำนวน 384 คน ซึ่งในการศึกษาตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมนี้ พบว่า ไม่ทราบจำนวนประชาชนในบริเวณที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง จึงมีการคำนวณจำนวนตัวอย่างของประชาชนจากสูตรนี้ ซึ่งจะได้จำนวนในการสุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำสาธารณะควบคุมจำนวน 384 คน

หลังจากนั้นจะสุ่มตัวอย่างของประชาชนโดยการสอบถามตามที่พักอาศัย(บ้าน) และร้านค้าที่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งนั้น ซึ่งตัวอย่างของประชาชนที่นำมาทำการประมาณการมองเห็นต้องเป็นประชาชนที่อาศัยในบริเวณนั้น (บริเวณโรงงานและแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม) และมีคุณสมบัติตรงกับข้อกำหนดสำหรับผู้ที่จะมาทำการประเมิน (ภาคผนวก ข) ซึ่งต้องผ่านการทดสอบตาบอดสีด้วยวิธี Ishihara Color Test เป็นจำนวน 5 แผ่น (ธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์ 2550) หลังจากนั้นจะเริ่มดำเนินการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสี

มันเซลล์ใช้เวลาประมาณ 3 นาทีต่อคน และตามด้วยการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจจากขวดแก้วรูปชมพู่ใช้เวลาประมาณ 1 นาทีต่อคน

(2) กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป หมายถึง กลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปที่ไม่ได้อาศัยใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งที่ทำการศึกษา ซึ่งจะต้องเคยพบเห็นแหล่งน้ำสาธารณะและให้ความร่วมมือในการทำการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจได้ โดยจะมีการคำนวณจำนวนตัวอย่างจากสูตร Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กรณีที่ไม่ทราบจำนวนประชาชน โดยจะกำหนดการสุ่มตัวอย่าง (P) เป็น 50% หรือ 0.50 จากประชากรทั้งหมด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Z=1.96) ซึ่งยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่ม (e) ได้ 5% หรือ 0.05 สามารถคำนวณได้จากสูตร ต่อไปนี้

$$n = [P(1-P)(Z)^2]/e^2$$

$$= [(0.50)(1-0.50)(1.96)^2]/(0.05)^2$$

$$= [(0.50)(0.50)(3.8416)]/0.0025$$

$$= 0.9604/0.0025 = 384.16 \text{ หรือ } = 384$$

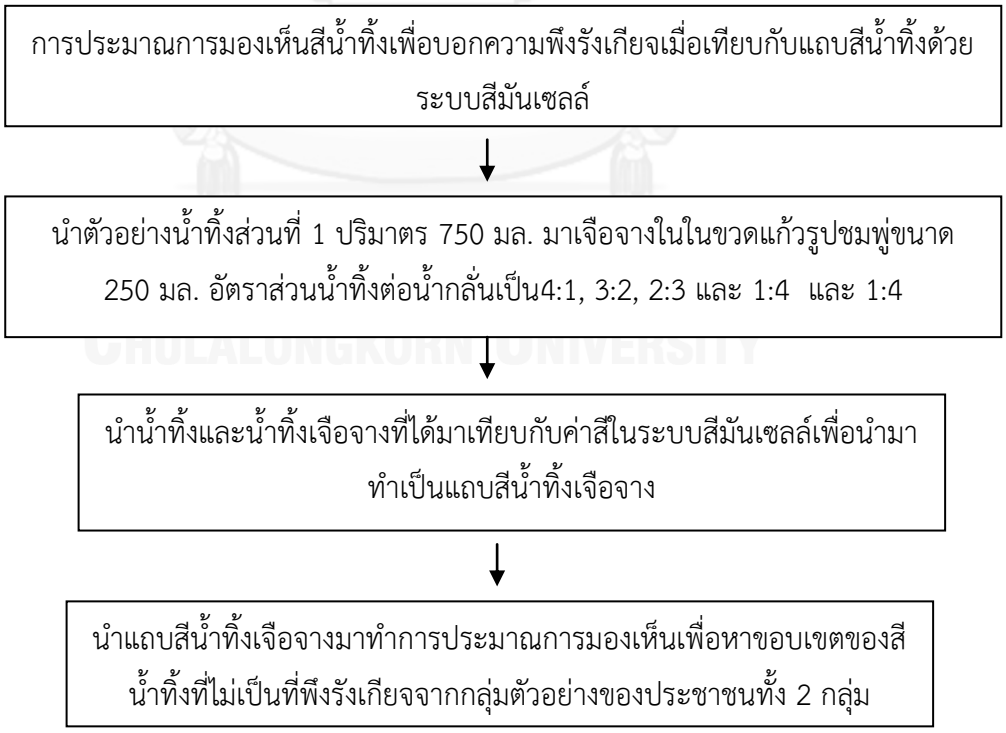
ดังนั้น กรณีไม่ทราบจำนวนประชากรทั่วไป จะมีการกำหนดสุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปเป็นจำนวน 384 คน

หลังจากนั้นจะสุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป ซึ่งกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปที่ทำการศึกษาสำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมนั้น จะทำการสุ่มตัวอย่างประชาชนห่างจากบริเวณเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งสาธารณะควบคุม 1.5 กิโลเมตร ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีแหล่งชุมชนที่ห่างจากบริเวณดังกล่าวจึงทำให้สะดวกในการสุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปเป็นจำนวน 384 คน และสำหรับกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปที่ทำการศึกษาสำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานนั้น จะทำการสุ่มตัวอย่างประชาชนห่างจากบริเวณเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำทิ้งโรงงาน 1.5 กิโลเมตร ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้เก็บตัวอย่างที่บริเวณท่าเรือ จำนวน 384 คนเช่นกัน ซึ่งการสุ่มตัวอย่างของประชาชนที่นำมาทำการประมาณการมองเห็นนั้นต้องเป็นประชาชนที่เคยพบเห็นแหล่งน้ำสาธารณะทั่วไปและมีคุณสมบัติตรงกับข้อกำหนดสำหรับผู้ที่จะมาทำการประเมิน (ภาคผนวก ข) และต้องผ่านการทดสอบตาบอดสีด้วยวิธี Ishihara Color Test เป็นจำนวน 5 แผ่น (ธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์ 2550) หลังจากนั้นจะดำเนินการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ใช้เวลาประมาณ 3 นาทีต่อคน และตามด้วยการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจจากขวดแก้วรูปชมพู่ใช้เวลาประมาณ 1 นาทีต่อคน

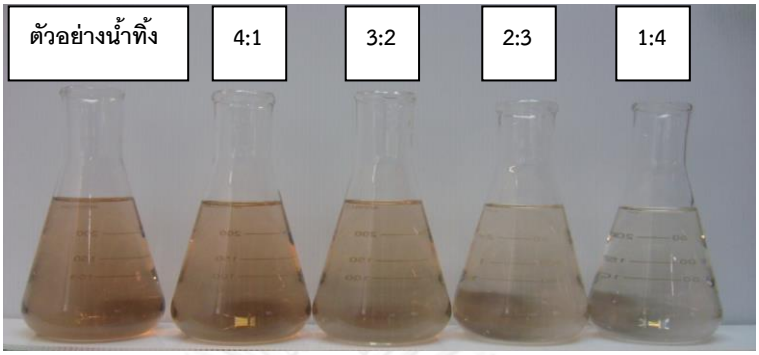
3.3.2 การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์

ดำเนินการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ แสดงตามภาพที่ 3.2 โดยจะนำตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ นำมาเทียบกับระบบสีมันเซลล์ ตามภาพที่ 3.3 หลังจากนั้นจะได้แถบสีน้ำทิ้งเจือจางแสดงดังภาพที่ 3.4 มาทำการประมาณการมองเห็นเพื่อหาขอบเขตของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณโรงงานกับกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป เพื่อศึกษาความแตกต่างของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งและความพึงรังเกียจสีน้ำทิ้งของประชาชนที่อาศัยต่างสภาพแวดล้อมกัน

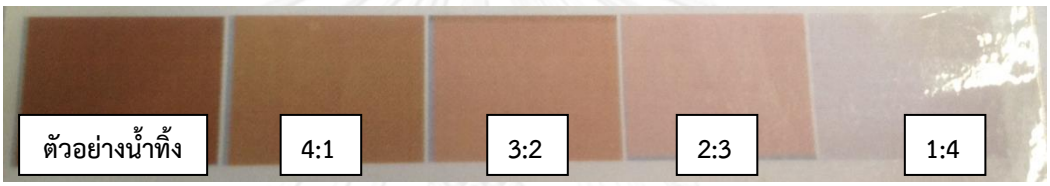
สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมจะทำการเจือจางน้ำทิ้งและเทียบกับระบบสีมันเซลล์เช่นกัน หลังจากนั้นนำแถบสีน้ำทิ้งเจือจางมาทำการประมาณการมองเห็นเพื่อหาขอบเขตของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมและกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป เพื่อศึกษาความแตกต่างของการประมาณการมองเห็นแถบสีน้ำทิ้งและความพึงรังเกียจสีน้ำทิ้งของประชาชนที่อาศัยต่างสภาพแวดล้อมกัน



ภาพที่ 3.2 การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์



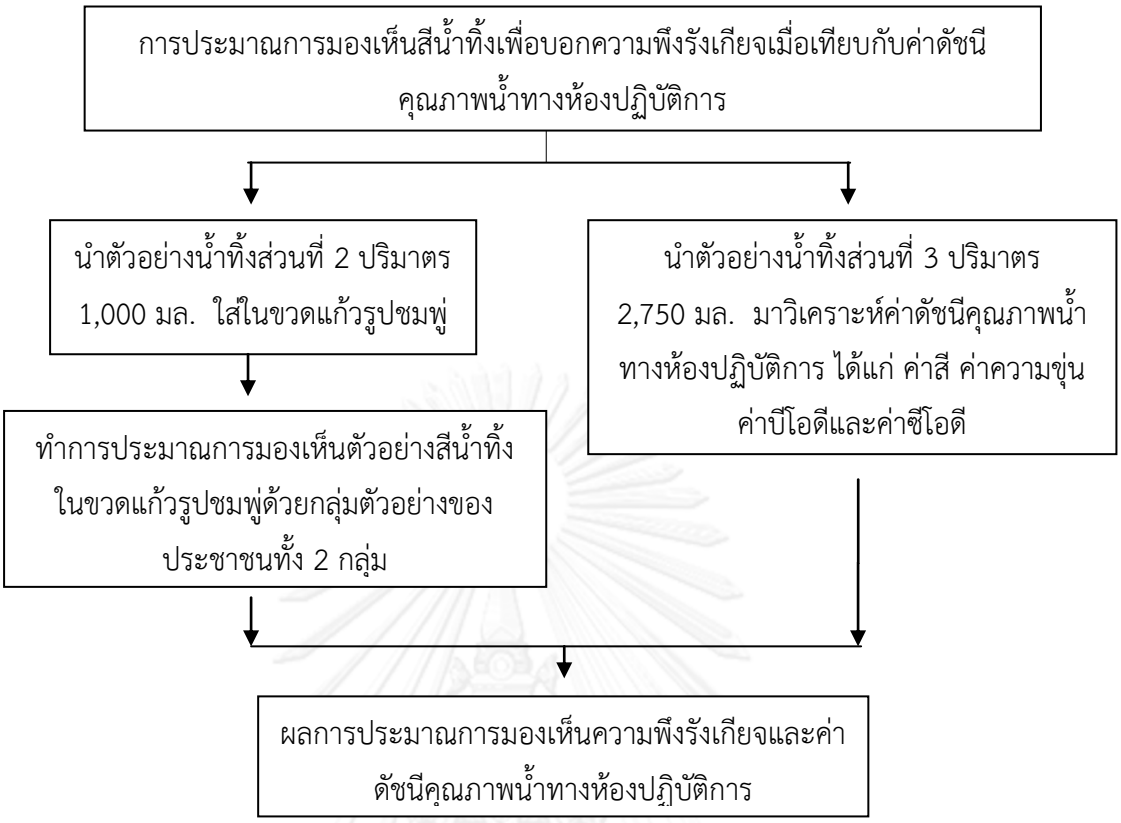
ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ



ภาพที่ 3. 4 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานด้วยระบบค่าสีมันเซลล์

3.3.3 การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ

การดำเนินการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ แสดงตามภาพที่ 3.5 โดยการนำตัวอย่างน้ำทิ้งส่วนที่ 2 ปริมาตร 1,000 มล. มาใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่แล้วนำมาทำการประมาณการมองเห็นตัวอย่างสีน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่จากกลุ่มตัวอย่างของประชาชน 2 กลุ่มเดิมจากการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งระบบสีมันเซลล์ในข้อ 3.3.2 คือ กลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณโรงงานกับกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป และสำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมก็ดำเนินการเหมือนกับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานเช่นกัน หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างน้ำทิ้งในส่วนที่ 3 ปริมาตร 2,750 มล. ของแต่ละแห่ง ทั้งจากตัวอย่างน้ำทิ้งโรงงานและแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม มาวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ค่าสี (Color) ค่าความขุ่น (Turbidity) ค่าบีโอดี (BOD) และค่าซีโอดี (COD) เพื่อศึกษาค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจในส่วนที่ 2



ภาพที่ 3.5 การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ

4. ช่วงที่ 4 ทำวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเทียบกับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

4.1 การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ โดยการศึกษาความสัมพันธ์ของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจกับค่าสีมันเซลล์ของน้ำทิ้งนั้น

4.2 การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ โดยนำค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 4 พารามิเตอร์ คือ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี ที่วิเคราะห์ได้ทางห้องปฏิบัติมาหาความสัมพันธ์กับการประมาณ

การมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจจากขวดแก้วรูปชมพู่ แล้วจึงนำค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจมาหาความสัมพันธ์ทางสถิติกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆ ทางห้องปฏิบัติการ ถ้าค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่มีความสัมพันธ์กัน จะส่งผลให้ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในรูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรงได้ ดังนั้น ถ้าผลจากการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการไม่มีความสัมพันธ์กัน จะต้องทำการศึกษาหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติค่าอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการศึกษาในครั้งแรก เพื่อหาความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจต่อไป แต่ถ้ามีความสัมพันธ์กันให้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในรูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรง โดยการสร้างสมการถดถอยแบบเส้นตรงเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าสีของสีน้ำทิ้งในการบ่งชี้ความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งนั้น ซึ่งจะนำผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 4 พารามิเตอร์ คือ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อคัดเลือกดัชนีคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการนำมาสร้างสมการ โดยศึกษาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient Correlation) คือ ค่า r ถ้าค่า r ของตัวแปรทั้ง 2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน เมื่อทราบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะทำให้ทราบความสัมพันธ์ของดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 4 พารามิเตอร์ แล้วจึงนำดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์กันมาทำการสร้างสมการถดถอยแบบเส้นตรงด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) และจะนำสมการดังกล่าวไปใช้ในการพยากรณ์ค่าสีของน้ำทิ้งเพื่อบ่งชี้ความพึงรังเกียจได้

5. ช่วงที่ 5 อภิปรายและสรุปผลงานวิจัย โดยการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้ด้วยวิธีทางสถิติและสรุปผลการศึกษา พร้อมทั้งข้อเสนอแนะและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการศึกษาครั้งนี้

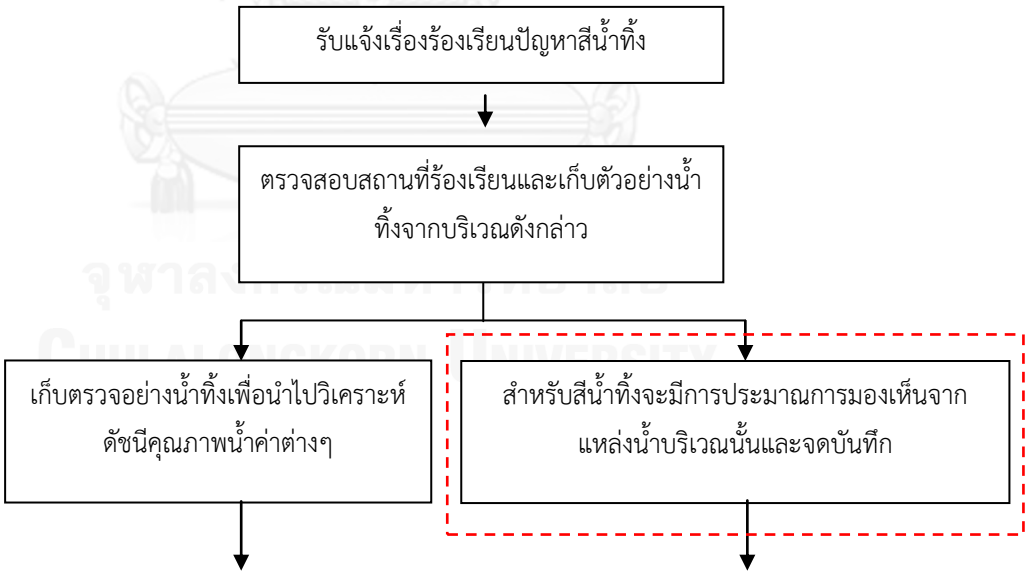
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง

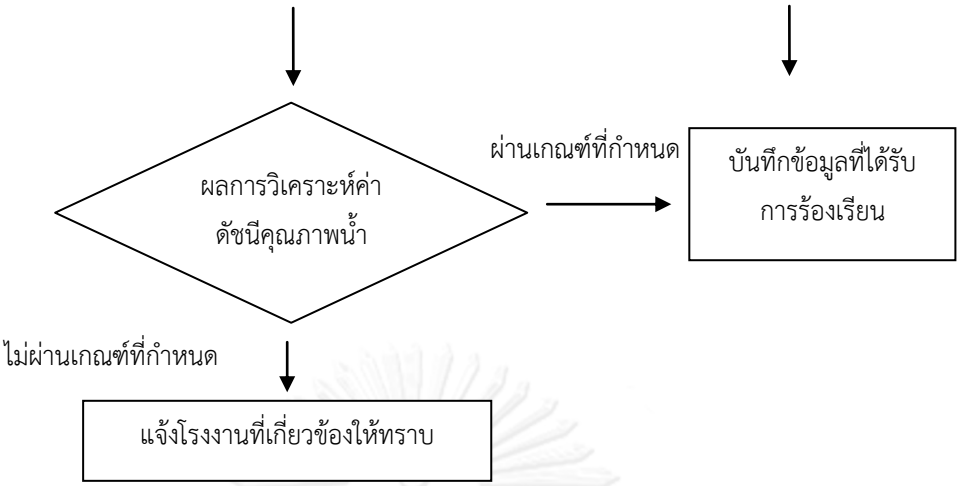
ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งครั้งนี้ ได้แนวทางในการออกแบบจากผลการศึกษาการดำเนินงานของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับสีน้ำทิ้ง เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบกระบวนการให้สอดคล้องกับการดำเนินงานที่ทำการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งและผลจากแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคเดลฟาย นำมาเชื่อมโยงกันและนำมาใช้ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาการดำเนินงานของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับสีน้ำทิ้ง

ในปัจจุบันการดำเนินงานของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับสีน้ำทิ้งมักเกิดขึ้นเมื่อมีข้อร้องเรียนจากประชาชน ซึ่งในการจัดการกับปัญหาข้อร้องเรียนนั้น พบว่า จะมีปัญหาร้องเรียนในเรื่องสีน้ำทิ้งตลอดทั้งปีแต่จะพบมากในช่วงฤดูฝน ซึ่งเมื่อได้รับปัญหาข้อร้องเรียนแล้วจะมีการจัดการปัญหาดังกล่าว ตามภาพที่ 4.1 เป็นข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ฝ่ายตรวจและบังคับการกรมควบคุมมลพิษ (สัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ วันจันทร์ที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2555)



ภาพที่ 4.1 แผนผังการดำเนินงานของหน่วยงานราชการเมื่อได้รับเรื่องร้องเรียน



ภาพที่ 4.1 แผนผังการดำเนินงานของหน่วยงานราชการเมื่อได้รับเรื่องร้องเรียน (ต่อ)

(1) เดินทางไปตรวจสอบแหล่งน้ำสาธารณะที่ถูกร้องเรียน เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำตามที่กำหนดไว้ โดยจะมีการเก็บน้ำ 2 จุด คือ จุดแรกจะเป็นบ่อที่พักน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะและจุดที่ 2 จะเป็นจุดในแหล่งน้ำสาธารณะที่ประชาชนร้องเรียน

(2) เมื่อทำการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆแล้ว ก็จะมีการจดบันทึกรายงานค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ตรวจสอบได้ ส่วนในเรื่องสีน้ำทิ้งนั้นจะทำการประมาณการมองเห็นจากแหล่งน้ำจริงและบันทึกผลลักษณะทางกายภาพเท่านั้น

(3) ถ้าผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำตัวใดที่เกินค่ามาตรฐานก็จะส่งข้อมูลกลับไปให้โรงงานที่มีการปล่อยน้ำทิ้งนั้นปรับปรุงแก้ไขต่อไป

จากการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหาข้อร้องเรียนเรื่องสีน้ำทิ้งของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับสีน้ำทิ้ง พบว่า ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งจะเป็นการประเมินทางด้านกายภาพของสีน้ำทิ้งและจะมีการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพียงเท่านั้น แล้วจึงบันทึกข้อมูลดังกล่าว ซึ่งลักษณะดังกล่าวยังไม่สามารถเป็นการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่บ่งชี้ความพึงรังเกียจได้อย่างชัดเจน ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงได้ทำการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งเพื่อสนับสนุนการประเมินคุณภาพสีที่มีการดำเนินอยู่ให้มีความชัดเจนและเป็นกระบวนการมากยิ่งขึ้น

4.2 ผลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในแบบสอบถามการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งด้วยเทคนิคเดลฟาย

ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในแบบสอบถามการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งด้วยเทคนิคเดลฟายนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องในเรื่องสีน้ำทิ้งจำนวน 16 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงานกรมคุมมลพิษ ส่วนน้ำเสียอุตสาหกรรม(3 ท่าน) และส่วนน้ำเสียชุมชน(3 ท่าน), ผู้เชี่ยวชาญจากกรมโรงงาน(3 ท่าน), ผู้เชี่ยวชาญจากอุตสาหกรรมจังหวัดสมุทรปราการ(1 ท่าน), ผู้เชี่ยวชาญจากศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม(1 ท่าน), ผู้เชี่ยวชาญจากห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต (3 ท่าน) รวมทั้งอาจารย์ที่เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย(2 ท่าน) ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูล รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลจากการตอบแบบสอบถามในรอบที่ 1 ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลสรุปจากแบบสอบถามความคิดเห็นด้วยเทคนิคเดลฟายรอบที่ 1 ในด้านปัจจัยที่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม มีดังนี้

(1) ประเภทของอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยสีน้ำทิ้งมากที่สุด 3 ลำดับ คือ

ลำดับที่ 1 อุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม

ลำดับที่ 2 อุตสาหกรรมเครื่องหนังและฟอกหนัง

ลำดับที่ 3 อุตสาหกรรมผลิตสีอื่นๆ ที่ระบุ เช่น ย้อมผ้า อุตสาหกรรมผลิตสีที่ไม่ใช่สีทาบ้าน

ผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่า ในอุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อมจะมีการใช้ปริมาณน้ำในกระบวนการผลิตย้อมผ้ามากและมีการใช้สีในกระบวนการผลิต ทำให้น้ำทิ้งมีสีเข้ม ซึ่งเกิดจากสีย้อมส่วนเกินหลังการย้อมถูกระบายออกมาและการบำบัดน้ำในปัจจุบันยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะบำบัดสีน้ำทิ้ง ซึ่งกระบวนการย้อมสีด้ายและผ้าจะมีสีน้ำทิ้งที่เป็นสีที่กำจัดได้ยาก

ซึ่งประเภทของอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยสีน้ำทิ้งน้อยที่สุด 3 ลำดับ คือ

ลำดับที่ 1 อุตสาหกรรมอิเลกทรอนิกส์

ลำดับที่ 2 อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

ลำดับที่ 3 อุตสาหกรรมยานยนต์

ผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่า ทั้ง 3 กระบวนการจะมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตค่อนข้างน้อยและไม่ค่อยใช้น้ำในการล้างชิ้นงาน สีน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาจึงมีไม่ค่อยมีสี

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงมีการจัดลำดับของประเภทอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยสีน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ดังนี้

ลำดับที่ 1 อุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม (พิมพ์ผ้า)

ลำดับที่ 2 อุตสาหกรรมเครื่องหนังและฟอกหนัง

ลำดับที่ 3 อุตสาหกรรมที่มีการผลิตสีอื่นๆ เช่น สีทาบ้าน ยกเว้นสีผง

ลำดับที่ 4 อุตสาหกรรมอิเลกทรอนิกส์

ลำดับที่ 5 อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

(2) สีน้ำทิ้งจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้

- ค่าสี จะมีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 100.00
- ค่าซีโอดี (ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำด้วยสารเคมี) จะมีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 87.50
- ค่าความขุ่น จะมีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 75.00
- ค่าบีโอดี (ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์) จะมีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 43.75
- ค่าอื่นๆ จะมีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 37.5 เช่น ค่า TDS (ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ) ค่าของแข็งแขวนลอยและโลหะหนักมีสี

ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่า ค่าสีเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้วัดค่าสีโดยตรง ความเข้มของสีอาจเปลี่ยนแปลงไปตามค่าสีที่เกิดขึ้น บางครั้งการตกตะกอนหรือการบำบัดทางชีวภาพไม่สามารถบำบัดได้หมด การบำบัดทางเคมีจะกำจัดสีออกได้บางส่วนแต่ไม่ทั้งหมด

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงมีการจัดลำดับดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจน ดังนี้

ลำดับที่ 1 ค่าสี (Color)

ลำดับที่ 2 ค่าความขุ่น (Turbidity)

ลำดับที่ 3 ค่าซีโอดี (ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำด้วยสารเคมี)

ลำดับที่ 4 ค่าบีโอดี (ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์)

ลำดับที่ 5 ค่า TDS (ปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ)

ลำดับที่ 6 ค่า pH (ความเป็นกรดด่าง)

(3) ฤดูกาล เช่น ฤดูร้อน ฤดูฝน หรือน้ำท่วม การขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาติและตะกอนใต้น้ำ จะส่งผลต่อสีน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

- ฤดูกาลจะมีผลต่อสีน้ำทิ้ง (เห็นด้วยร้อยละ 81.25) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่า ฤดูกาลจะมีผลต่อสีของแหล่งน้ำสาธารณะที่รองรับน้ำทิ้ง หน้าแล้งน้ำจะมีสีเข้มมากกว่าหน้าฝน ฤดูฝนจะช่วยเจือจางน้ำเสียก่อนการระบายลงสู่ธรรมชาติ ทำให้สีน้ำมีการเจือจางส่งผลให้สีน้ำอ่อนลง ในช่วงน้ำหลากหรือที่ฝนตกหนัก ตะกอนใต้น้ำที่มีสีตกตะกอนอยู่อาจถูกพัดพาให้ฟุ้งกระจายขึ้นมาผิวน้ำได้ ซึ่งฤดูร้อนจะส่งผลทำให้น้ำในแม่น้ำลดลงหรือน้อยทำให้เห็นความเข้มของสีน้ำมากขึ้น ซึ่งเกิดจากตะกอนใต้น้ำ ทำให้น้ำมีสีเข้มขึ้น ฤดูร้อนมีน้ำน้อยมีผลต่อความเข้มสี อาจส่งผลให้สีมีความเข้มขึ้น ฤดูฝนจะส่งผลต่อสีน้ำทิ้งทำให้มีการเจือจาง ปริมาณน้ำฝนทำให้เกิดการเจือจางของสีน้ำและความขุ่นของน้ำในลำคลอง และฤดูหนาวอาจจะมีผลต่อสีน้ำทิ้งซึ่งขึ้นกับปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นตามแหล่งน้ำธรรมชาติ

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงมีการจัดลำดับฤดูกาลที่ส่งผลสีน้ำทิ้ง ดังนี้

ลำดับที่ 1 ฤดูร้อน

ลำดับที่ 2 ฤดูฝน

ลำดับที่ 3 ฤดูหนาว

นอกจากนี้ พบว่า การขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาติ มีผลต่อสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะที่รองรับน้ำทิ้งเช่นเดียวกับฤดูกาล (เห็นด้วยร้อยละ 62.50) ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงสอบถามความคิดเห็นว่า เมื่อน้ำขึ้นจะส่งผลให้สีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะเจือจางลงและเมื่อน้ำลงจะส่งผลให้สีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะเข้มขึ้น

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ กล่าวว่า สีของน้ำทิ้งขณะระบายออกจากโรงงานนั้น ฤดูกาล การขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาติและตะกอนใต้น้ำไม่มีผลต่อสีของน้ำทิ้ง แต่ถ้าสนใจสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะที่รองรับน้ำทิ้ง ฤดูกาล การขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาติและตะกอนใต้น้ำจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะมากที่สุด เช่น ฤดูฝน สีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะจะเจือจาง การขึ้นลงของน้ำจะทำให้สีของน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะมีความเข้มอ่อนต่างกัน รวมทั้งตะกอนใต้น้ำ หากมีสีเข้มก็จะทำให้มองเห็นน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะเป็นสีเข้มด้วยเช่นกัน

4.2.2 ผลสรุปจากแบบสอบถามความคิดเห็นด้วยเทคนิคเดลฟายรอบที่ 1 ในด้านวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานในภาคอุตสาหกรรม มีดังนี้

(1) วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

- วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method จะเป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 68.75
- วิธีการเปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐาน จะเป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 37.50
- วิธีการเปรียบเทียบกับสารละลายพลาตินัม – โคบอลต์ จะเป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 37.50
- วิธีการสเปคโตรโฟโตเมตริก จะเป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 6.25
- วิธีการอื่นๆ ที่เสนอแนะ จะเป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 18.75

ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่า วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method สามารถวิเคราะห์ได้หลายเฉดสีและมีการวัดค่าการส่องผ่านของแสงด้วย จึงทำให้ได้ค่าสีที่แท้จริง มีความแม่นยำในการวัดค่าสีและใช้อย่างแพร่หลายและง่ายในการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีอยู่ในปัจจุบันและตรวจสอบสีของน้ำทิ้งได้หลากหลายกว่าวิธีการเปรียบเทียบกับสารละลายพลาตินัม– โคบอลต์ นอกจากนี้ วิธีการอื่นๆ ที่เสนอแนะ จะประกอบด้วย การมองด้วยสายตา เนื่องจากความพึงรังเกียจเป็นค่าความรู้สึกของคน จึงควรใช้สายตาคนช่วยบอกในเบื้องต้น และควรมีการศึกษาตัวชี้วัดโดยละเอียดเพิ่มเติมจากเอกสารต่างๆ เพราะอาจยังไม่มีวิธีการใดที่เหมาะสม

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงมีการเรียงลำดับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่มีความเหมาะสมในการประเมินสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมและมีความเชื่อถือได้ ดังต่อไปนี้

ลำดับที่ 1 วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method

ลำดับที่ 2 วิธีการเปรียบเทียบกับสารละลายพลาตินัม – โคบอลต์

ลำดับที่ 3 วิธีการเปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐาน

ลำดับที่ 4 วิธีการสเปคโตรโฟโตเมตริก

ลำดับที่ 5 วิธีการประมาณการมองเห็นของผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะนั้น

(2) ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมควรวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งจากค่าสีต่อไปนี้

- ค่าสีจริง (True color) คือ สีของน้ำที่วัดได้หรือมองเห็นหลังจากที่แยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไปแล้ว จะเป็นค่าสีที่ควรวิเคราะห์ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 56.25
- ค่าสีปรากฏ (Apparent color) คือ สีของน้ำที่วัดได้หรือมองเห็นจริงๆ ในตัวอย่างน้ำโดยไม่มีการแยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไป จะเป็นค่าสีที่ควรวิเคราะห์ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 31.25
- ทั้ง 2 ค่าสี จะเป็นค่าสีที่ควรวิเคราะห์ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 31.25

ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่า ค่าสีจริงจะเป็นค่าสีที่วัดได้จากน้ำทิ้งโดยแยกสารแขวนลอยออกแล้ว หากไม่มีการแยกเอาสารแขวนลอยออกไปจะทำให้ไม่สามารถรู้ค่าสีหรือมองเห็นสีน้ำทิ้งที่แท้จริงได้ หรือควรนำทั้ง 2 ค่ามาประกอบกัน ซึ่งค่าสีจริงสามารถแยกเอาสารแขวนลอยออกเพื่อวิเคราะห์หาค่าสีด้วยการดูดกลืนคลื่นแสงจะได้ค่าสีจริง แต่ค่าสีปรากฏนั้นจะเป็นความรู้สึกของผู้ประเมิน

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงมีการเรียงลำดับค่าสีที่มีความเหมาะสมในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม ดังต่อไปนี้

ลำดับที่ 1 ค่าสีจริง (True color)

ลำดับที่ 2 ค่าสีปรากฏ (Apparent color)

ลำดับที่ 3 ทั้ง 2 ค่าประกอบกัน

เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากความคิดเห็นในรอบที่ 1 การวิเคราะห์ค่าสีปรากฏและการวิเคราะห์ค่าสีทั้ง 2 ค่านั้น มีความเห็นที่เท่ากัน จึงยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน

(3) ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องในเรื่อง การกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงงาน พ.ศ. 2535 นั้น มีการกำหนดว่าสีน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาต้อง “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” จากข้อกำหนดนี้ จะมีวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่สามารถใช้ในการบ่งบอกสีน้ำทิ้งว่า “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” ดังต่อไปนี้

จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จะพบว่า มีความเห็นที่หลากหลายในการเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้ง เช่น การ ใช้วิธีการวัดโดยแผ่นสีมาตรฐาน เพราะการที่กำหนดว่า “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” ใช้หลักการพื้นฐานมาจากการมองเห็น ดังนั้น หากน้ำทิ้งที่มีสีเกินกว่าสีมาตรฐานที่กำหนดก็อาจจะเป็นสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจได้ ซึ่งการใช้แผ่นสีมาตรฐานอาจจะใช้บอกสีได้เบื้องต้น นอกจากนี้ ยังมีวิธีการทำประชามติ เนื่องจากการประเมินสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ เป็นนามธรรมขึ้นกับสังคมกลุ่มประชากรในแต่ละพื้นที่ที่มีความรู้สึกกับการยอมรับมาใช้ตัดสิน และดูค่าควบคู่กับค่าทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงทำการสรุปวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่มีความเหมาะสมและสามารถใช้ในการบ่งบอกสีน้ำทิ้งว่า “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” ดังต่อไปนี้

- วิธีการประมาณการมองเห็นของประชาชนที่อยู่ในบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะนั้น
- วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับและวิเคราะห์ค่าสีและความเข้มสีได้ เช่น วิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method, การเทียบกับสารละลายพลาตินัม – โคบอลต์ และสเปคโตรโฟโตเมตริก
- วิธีเทียบสีน้ำที่ได้จากแหล่งอุตสาหกรรมให้มีสีใกล้เคียงกับสีน้ำตามธรรมชาติมากที่สุดและไม่มีกลิ่น
- วิธีการเทียบด้วยแถบสีมาตรฐาน
- นำวิธีจากข้อ 1 – 4 มาประกอบกัน ในการพิจารณาสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะ

(4) วิธีการประมาณการมองเห็นสีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะกับจากตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ ที่เก็บมาจากแหล่งน้ำเดียวกันและเวลาเดียวกันจะมีสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกัน มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 62.50

จากความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า การมองภาพในวัตถุแคบ คือ ขวดแก้วรูปชมพู่เทียบกับสีน้ำทิ้งจริงๆ อาจทำให้สายตาการมองเห็นสีน้ำแตกต่างกัน ประกอบกับณ ขณะเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งความเข้มข้นของตะกอนใต้น้ำจากแหล่งธรรมชาติกับในขวดแก้วรูปชมพู่อาจไม่เท่ากัน และเกิดความแตกต่างของสีน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น เนื่องมาจากถ้าน้ำทิ้งมีสีอ่อน เก็บตัวอย่างขึ้นมาก็จะอ่อนกว่าเดิม แต่ในกรณีสีน้ำทิ้งที่เข้ม เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมาจะมีสีน้ำทิ้งที่ไม่แตกต่างมากนัก และขวดแก้วรูปชมพู่ที่ใช้

ไปนานๆ อาจมีสีเหลืองปนเข้าไปในเนื้อแก้ว เนื่องจากถูกกรดหรืออนุภาคสารจากน้ำทิ้งเกาะในเนื้อแก้ว ส่งผลให้การมองเห็นสีผิดไปจากเดิม

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงสอบถามความคิดเห็นในเรื่อง วิธีการประมาณการมองเห็นสีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะกับจากตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ ที่เก็บมาจากแหล่งน้ำเดียวกันและเวลาเดียวกันจะมีสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

(5) จากข้อ (4) วิธีการประเมินดังกล่าวจะส่งผลต่อระดับสีที่พึงรังเกียจเหมือนกับได้ประเมินจากแหล่งน้ำสาธารณะจริง มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 37.50

จากความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ในขวดแก้วรูปชมพู่มีปริมาณน้ำน้อยและมีแสงสว่างผ่านได้มาก อาจเห็นจางกว่า ทำให้ความพึงรังเกียจแตกต่างจากการมองเห็นในปริมาณน้ำทิ้งที่มาก แต่ในกรณีสีน้ำทิ้งที่เข้ม เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมาจะมีสีน้ำทิ้งที่ไม่แตกต่างมากนัก ทำให้ความพึงรังเกียจเหมือนเดิม หรือถ้าใช้การตรวจวิเคราะห์ค่าสีจริงที่แยกสารแขวนลอยออกแล้วอาจจะมีความพึงรังเกียจที่ไม่แตกต่างกันและขึ้นอยู่กับผู้ประเมินผลว่าเป็นบุคคลเดียวกันหรือไม่ เพราะถ้าบุคคลต่างกันอาจจะมีทัศนะคติและการมองเห็นที่ต่างกันด้วย

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงสอบถามความคิดเห็นในเรื่อง จากข้อ (4) วิธีการดังกล่าว จะส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกับการประเมินจากแหล่งน้ำสาธารณะจริง เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากความคิดเห็นในรอบที่ 1 มีค่าน้อยเกินกว่าที่จะสรุปได้อย่างชัดเจน

(6) วิธีการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง นอกจากจะประเมินจากสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำจริงแล้ว เราสามารถประเมินจากแถบสีมาตรฐานที่เทียบกับตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ ที่เก็บมาจากแหล่งน้ำและเวลาเดียวกันได้ มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 31.25

จากความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า เป็นการวิเคราะห์ได้เพียงเบื้องต้น ซึ่งจะขึ้นกับสายตาและการเทียบค่าสีที่ได้จะเกิดจากการยอมรับหรือความคิดเห็นของผู้ที่ประเมิน

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงสอบถามความคิดเห็นในเรื่อง วิธีการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง นอกจากจะประเมินจากสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำจริงแล้ว เราสามารถประเมินจากแถบสีมาตรฐานที่เทียบกับตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดรูปชมพู่ ที่เก็บมาจากแหล่งน้ำและเวลาเดียวกันได้ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากความคิดเห็นในรอบที่ 1 มีค่าน้อยเกินกว่าที่จะสรุปได้อย่างชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.3 ผลสรุปจากแบบสอบถามความคิดเห็นด้วยเทคนิคเดลฟายรอบที่ 1 ในด้านการหารูปแบบของการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจในภาคอุตสาหกรรม ดังต่อไปนี้

(1) จากคำถามเรื่อง สีน้ำทิ้งใดที่มีสีที่พึงรังเกียจและสีที่พึงรังเกียจนั้นควรอยู่ในระดับความเข้มสีใดนั้น ไม่สามารถสรุปผลได้ว่าสีน้ำทิ้งและระดับความเข้มสีใดที่ส่งผลต่อความพึงรังเกียจได้อย่างชัดเจน เนื่องจากว่า เป็นการตัดสินส่วนบุคคล ซึ่งจะมีความพึงรังเกียจในสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกันไป ดังนั้น จึงได้มีการกำหนดสีน้ำทิ้งที่เป็นที่พึงรังเกียจในแบบสอบถามรอบที่ 2 ดังต่อไปนี้ สีดำ สีน้ำตาล สีขาวขุ่น สีม่วง สีแดง สีฟ้า สีเหลือง สีเขียว สีที่มีความแตกต่างจากสีน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น และเป็นสีที่ขึ้นกับความคิดเห็นส่วนบุคคล เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

(2) จากข้อ (1) จะมีการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจในรูปแบบระดับสีที่พึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมี 5 ระดับ มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 50.00

จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ในการกำหนดเป็นระดับสีที่พึงรังเกียจนั้นค่อนข้างยาก เพราะบางทีความเข้มสีที่มองเห็นต่างกันแต่ค่าสีออกมาไม่แตกต่างกันมาก และได้มีการเสนอแนะการกำหนดรูปแบบระดับที่พึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งในแบบอื่นๆ เช่น วิธีตามมาตรฐานสากลที่มีอยู่แล้วหรือใช้ค่ามาตรฐานที่วิเคราะห์ด้วยห้องปฏิบัติการ

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงกำหนดระดับสีที่พึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งในรูปแบบดังต่อไปนี้

- รูปแบบค่ามาตรฐานที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ
- รูปแบบบอกเป็นค่าสีตามวิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method (หน่วยเป็น ADMI)
- รูปแบบการประเมินจากหลายๆ บุคคล
- รูปแบบเป็นระดับแถบสีที่พึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมี 5 ระดับ ไล่ระดับจากสีเข้มไปสีอ่อน

(3) ระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งนั้นจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำที่ตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

- ค่าสี จะมีความสัมพันธ์กับระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 81.25
- ค่าความขุ่น จะมีความสัมพันธ์กับระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 75.00

- ค่าบีโอดี (ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์) จะมีความสัมพันธ์กับระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 56.25
- ค่าซีโอดี (ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำด้วยสารเคมี) จะมีความสัมพันธ์กับระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 50.00
- ค่าอื่นๆ จะมีความสัมพันธ์กับระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง ที่มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 37.50 เช่น ค่า pH ค่าของแข็งแขวนลอยและโลหะหนักมีสี

ผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่า ค่าสีที่ตรวจวัดได้สามารถบ่งชี้ความพึงรังเกียจได้ เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับการมองเห็นและค่าสีที่แตกต่างกันส่งผลต่อความพึงรังเกียจที่ต่างกันด้วย

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงมีการจัดลำดับดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนมาก ดังนี้

ลำดับที่ 1 ค่าสี (Color)
ลำดับที่ 2 ค่าความขุ่น (Turbidity)
ลำดับที่ 3 ค่าบีโอดี (ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์)
ลำดับที่ 4 ค่าซีโอดี (ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำด้วยสารเคมี)
ลำดับที่ 5 ค่าพีเอช (pH)
ลำดับที่ 6 ค่าโลหะหนัก
ลำดับที่ 7 ค่า TDS (ปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ)

(4) คนที่อยู่ต่างสภาพแวดล้อมกัน จะมีผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกัน มีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยร้อยละ 68.75

ผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่า ความพึงรังเกียจจะขึ้นกับความเคยชินกับสีน้ำทิ้งที่พบหรือความเคยชินที่เห็นสีน้ำทิ้งนั้นปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำนั้น การวัดความรู้สึกคนไม่มีอะไรเป็นมาตรฐานที่เท่าเทียมกัน

ดังนั้น ในการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 จึงสอบถามความคิดเห็นในเรื่อง คนที่อยู่ต่างสภาพแวดล้อมกันจะมีผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลังจากนั้นจึงได้ทำการออกแบบสอบถามในรอบที่ 2 และเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งสามารถสรุปผลจากการตอบแบบสอบถามในรอบที่ 2 ที่ประกอบด้วยประเด็นที่เกี่ยวข้อง 3 ประเด็น ดังนี้

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นด้วยเทคนิคเดลฟายรอบที่ 2 ในด้านปัจจัยที่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม แสดงร้อยละความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ร้อยละของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านปัจจัยที่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 2

ความคิดเห็น	**ร้อยละความเห็นด้วย**
1.อุตสาหกรรมที่มีการปล่อยสีน้ำทิ้งที่ส่งผลกระทบต่อสีของแหล่งน้ำสาธารณะมีดังต่อไปนี้	
- อุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม (พิมพ์ผ้า) มีการปล่อยสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 1	75.00
- อุตสาหกรรมเครื่องหนังและฟอกหนัง มีการปล่อยสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 2	68.75
- อุตสาหกรรมที่มีการผลิตสีอื่นๆ เช่น สีทาบ้าน ยกเว้นสีผง มีการปล่อยสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 3	93.75
- อุตสาหกรรมอิเลกทรอนิกส์ มีการปล่อยสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 4	56.25
- อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า มีการปล่อยสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 5	56.25
2. สีน้ำทิ้งจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำ ดังนี้	
- ค่าสี (Color) มีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 1	87.50
- ค่าความขุ่น (Turbidity) มีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 2	68.75
- ค่าซีโอดี (COD) มีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 3	43.75
- ค่าบีโอดี(BOD) มีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 4	43.75
- ค่าทีดีเอส (TDS) มีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 5	31.25
- ค่าพีเอช (pH) มีความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 6	43.75

ตารางที่ 4.1 ร้อยละของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านปัจจัยที่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 2 (ต่อ)

ความคิดเห็น	ร้อยละความเห็นด้วย
3. ฤดูกาลส่งผลต่อความเข้มสีของสีน้ำทิ้ง ดังนี้	
- ฤดูร้อน ส่งผลต่อความเข้มสีของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 1	62.50
- ฤดูหนาว ส่งผลต่อความเข้มสีของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 2	50.00
- ฤดูฝน ส่งผลต่อความเข้มสีของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 3	50.00
4. ผลของการขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาตินั้น จะส่งผลต่อความเข้มสีของน้ำทิ้งดังต่อไปนี้ 1) เมื่อน้ำขึ้นจะส่งผลให้สีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะเจือจางลง 2) เมื่อน้ำลงจะส่งผลให้สีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะเข้มมากขึ้น	75.00

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมประกอบด้วย

(1) ประเภทของอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยสีน้ำทิ้งที่ส่งผลกระทบต่อสีของแหล่งน้ำสาธารณะจากที่สุด คือ อุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม (พิมพ์ผ้า) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะว่าอุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อมจะมีการปล่อยน้ำทิ้งที่มีผลกระทบต่อสีน้ำทิ้งมากที่สุด เนื่องมาจากมีการใช้น้ำมากและใช้สีในกระบวนการผลิต จึงทำให้มีสีน้ำทิ้งที่มีสีเข้มซึ่งมาจากสีย้อม ปัจจุบันบ่อบำบัดยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะบำบัดสีน้ำทิ้งได้และสีย้อมที่เกิดขึ้นมักจะกำจัดได้ยาก ซึ่งในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมในการศึกษาครั้งนี้ ได้ตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม (พิมพ์ผ้า) ที่จัดเป็นประเภทอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยสีน้ำทิ้งมากที่สุด

(2) จากความสัมพันธ์ของสีน้ำทิ้งกับดัชนีคุณภาพน้ำ ได้ผลสรุปความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญว่า สีน้ำทิ้งจะมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าสี (Color) มากที่สุด รองลงมา คือ ค่าความขุ่น ค่าซีโอดีและค่าบีโอดี ตามลำดับ นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญยังให้ข้อเสนอแนะว่ากระบวนการผลิตของแต่ละประเภทของอุตสาหกรรมและปริมาณการผลิตที่แตกต่างกันก็จะส่งผลกระทบต่อสีน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาด้วย ดังนั้น ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสี

น้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมในการศึกษาครั้งนี้ จะมีการนำดัชนีคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับสีน้ำทิ้งที่ได้จากแบบสอบถามมาใช้ในการศึกษา คือ ค่าสี (Color), ค่าความขุ่น, ค่าซีโอดีและค่าบีโอดี

(3) จากความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องฤดูกาลที่ส่งผลต่อสีของสีน้ำทิ้ง สรุปได้ว่า ฤดูกาลต่างๆ จะส่งผลต่อสีน้ำของแหล่งน้ำสาธารณะมากกว่าสีน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ซึ่งสีน้ำทิ้งในโรงงานที่ถูกปล่อยออกมาจะไม่เกี่ยวข้องกับฤดูกาลแต่จะขึ้นกับกำลังการผลิตในช่วงนั้นๆ ของโรงงาน ถ้าในช่วงฤดูร้อนมีน้ำน้อยและมีกำลังการผลิตสูงก็ส่งผลให้น้ำในแหล่งน้ำสาธารณะที่รองรับน้ำทิ้งมีสีเข้ม แต่ถ้าในช่วงฤดูฝนที่มีน้ำมากและมีกำลังการผลิตสูงก็อาจจะส่งผลให้น้ำในแหล่งน้ำสาธารณะที่รองรับน้ำทิ้งมีสีที่เจือจางกว่าฤดูร้อน เนื่องจากมีการเจือจางของแหล่งน้ำสาธารณะอยู่ก่อนแล้ว ดังนั้น ฤดูกาลจะไม่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมแต่จะส่งผลต่อแหล่งน้ำสาธารณะนั้น ซึ่งในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมนี้ จึงไม่ได้ทำการศึกษาผลของฤดูกาลต่อสีน้ำทิ้ง เนื่องจากเป็นการศึกษาน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยตรง ฤดูกาลจึงไม่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งที่ศึกษา

(4) ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องการขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาติที่จะส่งผลต่อความเข้มสีน้ำทิ้ง คือ เมื่อน้ำขึ้นจะส่งผลให้สีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะเจือจางลงแต่เมื่อน้ำลงจะส่งผลให้สีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะเข้มมากขึ้น ได้รับความเห็นด้วยจากผู้เชี่ยวชาญร้อยละ 75 ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะว่า เนื่องจากการขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาติจะมีกระแสน้ำเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วย ไม่ใช่ปริมาณน้ำอย่างเดียว กรณีปล่อยน้ำทิ้งไปสู่แหล่งน้ำ เช่น บึง จะมีการเจือจางได้ทั้งหมด ไม่ว่าน้ำขึ้นหรือลงก็เจือจางได้เช่นกัน ซึ่งลักษณะการขึ้นลงของน้ำจะมีผลต่อสีของน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะที่รองรับน้ำทิ้งเช่นเดียวกับกรณีของฤดูกาล ซึ่งจะไม่เกี่ยวข้องกับสีน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมนี้ จึงไม่ได้ทำการศึกษาผลของน้ำขึ้นน้ำลง เนื่องจากเป็นการศึกษาน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยตรง ผลของการขึ้นลงของน้ำจึงไม่มีผลต่อสีน้ำทิ้ง

4.2.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นด้วยเทคนิคเดลฟายรอบที่ 2 ในด้านวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานในภาคอุตสาหกรรม แสดงร้อยละความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 2

ความคิดเห็น	ร้อยละความเห็นด้วย
1. วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่มีความเหมาะสมในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมและมีความเชื่อถือได้ มีดังนี้	
- วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method เป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่มีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 1	68.75
- วิธีการเปรียบเทียบกับสารละลายพลาตินัม–โคบอลต์ เป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่มีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือมากเป็นลำดับที่ 2	56.25
- วิธีการเปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐาน เป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่มีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 3	43.75
- วิธีการสเปคโตรโฟโตเมตริก เป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่มีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 4	43.75
- วิธีการประมาณการมองเห็นของผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะนั้น เป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่มีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 5	68.75
2. ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมควรวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งจากค่าสีต่อไปนี้	
- ค่าสีจริง (สีของน้ำที่วัดได้หรือมองเห็นหลังจากที่แยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไปแล้ว) เป็นค่าสีที่เหมาะสมในการนำมาใช้ประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมมากเป็นลำดับที่ 1	75.00
ค่าสีปรากฏ (สีของน้ำที่วัดได้หรือมองเห็นจริงๆ ในตัวอย่างน้ำโดยไม่มีการแยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไป) เป็นค่าสีที่เหมาะสมในการนำมาใช้ประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมมากเป็นลำดับที่ 2	75.00

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 2 (ต่อ)

ความคิดเห็น	ร้อยละความเห็นด้วย
- ทั้ง 2 ค่าสีพร้อมกัน เป็นค่าสีที่เหมาะสมในการนำมาใช้ประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมมากเป็นลำดับที่ 3	87.50
3. ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง มีการกำหนดว่าสีน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาต้อง “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” จากข้อกำหนดนี้ สามารถใช้วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งใดที่สามารถใช้งานได้จริงและน่าเชื่อถือ ในการตรวจสอบข้อความดังกล่าวได้ดังต่อไปนี้	
- วิธีการประมาณการมองเห็นของประชาชนที่อยู่ในบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะนั้น เป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่สามารถใช้ตรวจสอบข้อความตามกฎหมายว่าสีน้ำทิ้งต้อง “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” ที่เหมาะสมมากเป็นลำดับที่ 1	43.75
- วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับและวิเคราะห์ค่าสีและความเข้มสีได้ เช่น วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method, การเทียบกับสารละลายพลาตินัม – โคบอลต์ และสเปคโตรโฟโตเมตริก เป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่สามารถใช้ตรวจสอบข้อความตามกฎหมายว่าสีน้ำทิ้งต้อง “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” ที่เหมาะสมมากเป็นลำดับที่ 2	75.00
- วิธีเทียบสีน้ำที่ได้จากแหล่งอุตสาหกรรมให้มีสีใกล้เคียงกับสีน้ำตามธรรมชาติมากที่สุดและไม่มีกลิ่น เป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่สามารถใช้ตรวจสอบข้อความตามกฎหมายว่าสีน้ำทิ้งต้อง “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” ที่เหมาะสมมากเป็นลำดับที่ 3	31.25
- วิธีการเทียบด้วยแถบสีมาตรฐาน เป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่สามารถใช้ตรวจสอบข้อความตามกฎหมายว่าสีน้ำทิ้งต้อง “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” ที่เหมาะสมมากเป็นลำดับที่ 4	50.00
- นำวิธีจากข้อ 1 – 4 มาประกอบกัน ในการพิจารณาสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะเป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่สามารถใช้ตรวจสอบข้อความตามกฎหมายว่าสีน้ำทิ้งต้อง “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” ที่เหมาะสมมากเป็นลำดับที่ 5	50.00

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 2 (ต่อ)

ความคิดเห็น	ร้อยละความเห็นด้วย
4. วิธีการประมาณการมองเห็นสีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะกับจากตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ (Flask) ที่เก็บมาจากแหล่งน้ำเดียวกันและเวลาเดียวกันจะมีสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกัน	100.00
5. จากข้อ 4 วิธีการดังกล่าว จะส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกับการประเมินจากแหล่งน้ำสาธารณะจริง	93.75
6. วิธีการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง นอกจากจะประเมินจากสีน้ำ ทิ้งในแหล่งน้ำจริงแล้ว เราสามารถประเมินจากแถบสีมาตรฐานที่เทียบกับตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ (Flask) ที่เก็บมาจากแหล่งน้ำและเวลาเดียวกันได้	56.25

จากตารางที่ 4.2 จะพบว่า วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานในภาคอุตสาหกรรมประกอบด้วย

(1) ผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่า วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method เป็นวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่มีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือที่นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีความคิดเห็นว่าวิธีการสเปคโตรโฟโตเมตริกน่าจะมีความน่าเชื่อถือและมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมมากกว่าการเปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐาน เนื่องจากแถบสีอาจส่งผลกระทบต่อการมองเห็นสีของผู้ประเมิน นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังให้ความเห็นว่า วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในแต่ละวิธีจะมีข้อจำกัดและเงื่อนไขในวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน อาจจะต้องมีการนำวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งหลายวิธีมาประกอบกัน เมื่อมีปัญหาควรจะใช้วิธีการตั้งคณะกรรมการขึ้นมาพิจารณาประกอบเป็นแต่ละกรณี และต้องพิจารณาในเรื่องค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งด้วย ดังนั้น ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมนี้ จึงมีการเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งด้วยวิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method เนื่องมาจากเป็นวิธีการที่ได้รับความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญมากที่สุดในการนำมาวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งและเป็นวิธีมาตรฐานสากล

(2) จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าสีจริงและค่าสีปรากฏจะมีความเห็นที่เท่ากันในการนำมาใช้ประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม นอกจากนี้ ถ้ามีการประเมินค่าสี

ปรากฏแล้วไม่เป็นที่พึงรังเกียจก็ไม่ต้องดูจากค่าสีจริงหรือควรใช้ทั้ง 2 วิธีประกอบกันเพื่อผลการประเมินที่แม่นยำ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีการวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งจากทั้งค่าสีจริงปละสีปรากฏสำหรับในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม

(3) ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่สามารถใช้ในการตรวจสอบข้อความในการกำหนดสีน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาว่า “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องที่สามารถใช้งานได้จริงและน่าเชื่อถือ พบว่า วิธีมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับและวิเคราะห์ค่าสีได้ ดังนี้วิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method, การเทียบกับสารละลายพลาตินัม – โคบอลต์ และสเปคโตรโฟโตเมตริก มีความน่าเชื่อถือและสามารถใช้ได้จริงมากที่สุด นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมว่า การเลือกวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งอย่างใดอย่างหนึ่งจะมีข้อจำกัดที่ไม่เหมือนกัน ควรใช้หลายวิธีประกอบกันและใช้การพิจารณาโดยตั้งคณะกรรมการเป็นกรณีไป ในการนำเสนอทางวิชาการ ถ้าค่าสีที่วิเคราะห์มีค่าสูงแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ก็อาจจะทำให้ประชาชนมีความพึงรังเกียจหรือไม่พึงรังเกียจก็ได้ ดังนั้นในการนำเสนอนั้น จะขึ้นกับการแสดงผลในทางวิทยาศาสตร์หรือทางกายภาพ ซึ่งวิธีการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งของประชาชนที่อยู่ในบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะนั้นเหมาะสำหรับใช้กับประชาชนเพื่อทราบความพึงรังเกียจ ส่วนวิธีมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับและวิเคราะห์ค่าสีและความเข้มสีได้ เช่น วิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method, การมองเทียบกับสีพลาตินัม – โคบอลต์ และสเปคโตรโฟโต และวิธีการวัดด้วยแถบสีมาตรฐานหรือการนำหลายวิธีมาประกอบกัน จะเหมาะกับภาครัฐที่จะนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบและกำหนดค่าสีน้ำทิ้ง ดังนั้น ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมนี้ จึงได้ทำการออกแบบการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง 2 วิธีการ คือ

(3.1) การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ เพื่อแสดงค่าสีน้ำทิ้งในเชิงคุณภาพ

(3.2) การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ (วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method) สำหรับการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำทิ้งเพื่อแสดงค่าสีน้ำทิ้งในเชิงปริมาณ

(4) ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ในเรื่องวิธีการประมาณการมองเห็นสีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะกับจากตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ ที่เก็บมาจากแหล่งน้ำเดียวกันและเวลาเดียวกันจะมีสีที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่า การมองเห็นสีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะย่อมมีความเข้มมากกว่าเนื่องจากมีพื้นของแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมเข้ามาเป็นตัวแปร และน้ำทิ้งที่เก็บใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่เป็นแค่บางส่วนเท่านั้น สีที่เห็นจริงอาจเกิดจากตะกอนใต้ท้องน้ำด้วย

ความทึบแสงแตกต่างกันจะส่งผลให้สีที่เห็นแตกต่างกัน และเมื่อใช้ขวดแก้วรูปชมพู่หลายครั้งจะส่งผลให้ขวดแก้วมีสีเหลือง ซึ่งอาจส่งผลต่อการมองเห็นสีน้ำที่เปลี่ยนไปจากเดิมที่เป็นอยู่ได้ ดังนั้น ในการศึกษาต่อไป อาจจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับจำนวนครั้งของขวดแก้วรูปชมพู่ที่ใช้ในการประเมินสีน้ำทิ้งด้วย

(5) ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับวิธีการในข้อ 4 จะส่งผลต่อระดับสีที่พึงรังเกียจแตกต่างกับการประเมินจากแหล่งตัวอย่างจริง ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่า ปริมาณน้ำที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อการมองเห็นสีน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น จึงส่งผลให้ระดับความพึงรังเกียจที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันด้วย จากการศึกษาเบื้องต้นในการใช้ขวดแก้วรูปชมพูในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง พบว่า ขวดแก้วรูปชมพู่จะเหมาะสำหรับการประเมินสีน้ำทิ้งที่มีสีเข้ม เนื่องจากจะไม่มีความแตกต่างของสีน้ำทิ้งที่เก็บมาจากแหล่งน้ำจริง แต่ขวดแก้วรูปชมพู่ยังไม่เหมาะสมกับน้ำทิ้งที่มีสีอ่อนหรือใส เพราะปริมาณน้ำที่น้อยย่อมส่งผลต่อความเข้มสีของน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่และมีความแตกต่างจากแหล่งน้ำจริง ซึ่งจะส่งผลต่อความพึงรังเกียจได้

(6) ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องวิธีการประเมินสีน้ำทิ้ง นอกจากจะดูจากแหล่งน้ำทิ้งในแหล่งน้ำจริงแล้ว เราสามารถประเมินจากการเทียบด้วยแถบสีมาตรฐานในตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ที่เก็บมาจากแหล่งและเวลาเดียวกันได้ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่าสามารถทำการประเมินจากการเทียบด้วยแถบสีมาตรฐานในตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ได้ แต่ควรมีมาตรวัดที่กำหนดไว้อย่างชัดเจนในการประเมินผลดังกล่าว และควรระวังในเรื่องของปริมาณน้ำที่อาจส่งผลต่อการเทียบแถบสีมาตรฐานและการมองเห็น ดังนั้น ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมนี้ จึงมีการออกแบบกระบวนการการประเมินสีน้ำทิ้งโดยการเปรียบเทียบสีน้ำทิ้งกับระบบสีมันเซลล์ เพื่อใช้เป็นแถบสีมาตรฐานในการบ่งชี้สีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ซึ่งระบบสีมันเซลล์เป็นระบบสีมาตรฐานที่มีการนำมาใช้ในการเปรียบเทียบสีน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะ

4.2.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นด้วยเทคนิคเดลฟายรอบที่ 2 ในด้านการหารูปแบบของการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจในภาคอุตสาหกรรม แสดงร้อยละความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 4.3

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.3 ร้อยละของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านการหารูปแบบของการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 2

ความคิดเห็น	**ร้อยละความเห็นด้วย**
1. เรียงลำดับสีน้ำทิ้งที่เป็นสีที่พึงรังเกียจจากมากไปน้อย ดังต่อไปนี้ 1) สีดำ 2) สีน้ำตาล 3) สีขาวขุ่น 4) สีม่วง 5) สีแดง 6) สีฟ้า 7) สีเหลือง 8) สีเขียว 9) สีที่มีความแตกต่างจากสีน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น 10) เป็นสีที่ขึ้นกับความคิดเห็นส่วนบุคคล	ไม่สามารถสรุปผลได้ เนื่องจากสีน้ำทิ้งในแต่ละสีจะมีความพึงรังเกียจในแต่ละบุคคลต่างกัน เพราะสีน้ำทิ้งแต่ละสีเป็นอิสระต่อกัน
2. จากข้อ 1 การกำหนดระดับสีที่พึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งในรูปแบบ ดังต่อไปนี้	
- รูปแบบค่ามาตรฐานที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ เป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการกำหนดระดับสีที่พึงรังเกียจมากเป็นลำดับที่ 1	37.50
- รูปแบบบอกเป็นค่าสีตามวิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method (หน่วยเป็น ADMI) เป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการกำหนดระดับสีที่พึงรังเกียจมากเป็นลำดับที่ 2	31.25
- รูปแบบการประเมินจากหลายๆ บุคคล เป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการกำหนดระดับสีที่พึงรังเกียจมากเป็นลำดับที่ 3	18.75
- รูปแบบเป็นระดับแถบสีที่พึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมี 5 ระดับ ไล่ระดับจากสีเข้มไปสีอ่อน เป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการกำหนดระดับสีที่พึงรังเกียจมากเป็นลำดับที่ 4	12.50

ตารางที่ 4.3 ร้อยละของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านการหารูปแบบของการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 2 (ต่อ)

ความคิดเห็น	ร้อยละความเห็นด้วย
3. ระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งนั้นจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำที่ดังต่อไปนี้	
- ค่าสี (Color) มีความสัมพันธ์กับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 1	37.50
- ค่าความขุ่น (Turbidity) มีความสัมพันธ์กับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 2	25.00
- ค่าบีโอดี (BOD) มีความสัมพันธ์กับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 3	18.75
- ค่าซีโอดี (COD) มีความสัมพันธ์กับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 4	25.00
- ค่าพีเอช (pH) มีความสัมพันธ์กับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 5	25.00
- ค่าโลหะหนัก มีความสัมพันธ์กับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 6	18.75
- ค่าทีดีเอส (TDS) มีความสัมพันธ์กับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 7	18.75
4. คนที่อยู่ต่างสภาพแวดล้อมกัน จะมีผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกัน	100.00
5. ฤดูกาลจะส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง ดังนี้	
- ฤดูร้อน ส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 1	6.25
- ฤดูหนาว ส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 2	12.50
- ฤดูฝน ส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมากเป็นลำดับที่ 3	6.25

จากตารางที่ 4.3 ในการหารูปแบบระดับของสีน้ำทิ้งที่มีความพึงรังเกียจในภาคอุตสาหกรรม ได้ข้อคิดเห็นว่า

(1) ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องสีน้ำทิ้งที่เป็นสีที่พึงรังเกียจจากมากไปน้อยดังกล่าว ไม่สามารถสรุปผลได้ เนื่องจากสีน้ำทิ้งในแต่ละสีจะมีความพึงรังเกียจในแต่ละบุคคลต่างกัน

และผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นว่า การเรียงลำดับสีที่พึงรังเกียจเป็นเรื่องยาก เพราะแต่ละบุคคลมีทัศนะคติต่อสีที่แตกต่างกัน จึงไม่ควรนำมาใช้เรียงความพึงพอใจเพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบ นอกจากนี้ กลุ่มน้ำทิ้งสีดำ, สีม่วง, สีแดงและสีฟ้า มักเกิดจากสารเคมีที่ทำให้เกิดสีและกลุ่มสีดำ, สีน้ำตาล, สีเหลืองและสีเขียว อาจเกิดจากค่าบีโอดีและค่าซีโอดีที่แตกต่างกัน

(2) ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในการกำหนดรูปแบบระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจนั้น ผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่า รูปแบบการประเมินที่มีการใช้ความรู้สึกหรือดุลยพินิจควรนำมาใช้ในการพิจาณาในการประเมินครั้งสุดท้าย ซึ่งวิธีการประเมินจากบุคคลจะมีความผิดพลาดได้ ดังนั้น รูปแบบค่ามาตรฐานที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการและรูปแบบแสดงเป็นค่าสีตามวิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method (หน่วยเป็น ADMI) จะมีความน่าเชื่อถือมากกว่ารูปแบบระดับสีที่พึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมี 5 ระดับกับรูปแบบการประเมินจากหลายๆ บุคคล ดังนั้น ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมนี้ จึงทำการออกแบบรูปแบบการกำหนดสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจให้อยู่ในค่าเชิงปริมาณ คือ ค่าสีที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method (หน่วยเป็น ADMI) ตามผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

(3) จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญสำหรับความสัมพันธ์ของระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งกับดัชนีคุณภาพน้ำสามารถสรุปได้ว่า ระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งจะมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีคุณภาพ คือ ค่าสี (Color) มากที่สุด ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะว่า ค่าสี (Color) จะส่งผลต่อความพึงรังเกียจของน้ำทิ้ง ดังนั้น ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมนี้ จึงมีการศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีคุณภาพน้ำ 4 ลำดับแรกที่ได้มาจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คือ ค่าสี, ค่าความขุ่น, ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี ว่ามีความสัมพันธ์ความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งหรือไม่

(4) ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องคนที่อยู่ต่างสภาพแวดล้อมกันจะมีผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกัน ซึ่ง ผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่า ความรู้สึกพึงรังเกียจของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ถ้าคนที่อยู่ในชุมชนที่ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรม น้ำในแหล่งน้ำสาธารณะนั้นก็จะสะอาดกว่าชุมชนที่มีโรงงาน การยอมรับของสีน้ำทิ้งก็จะแตกต่างกัน ดังนั้น ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมนี้ จึงมีการศึกษาความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งน้ำทิ้งกับประชาชนทั่วไป ว่ามีความแตกต่างในความคิดเห็นความพึงรังเกียจของตัวอย่างน้ำทิ้งเป็นอย่างไร

(5) ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องฤดูกาลที่ส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง พบว่า ในฤดูร้อนปริมาณน้ำน้อย สีน้ำที่เห็นส่วนใหญ่จะเป็นสีจากตะกอนน้ำ ซึ่งเป็นสีเข้มแต่

ถ้าในฤดูฝนปริมาณน้ำมาก สีที่เห็นจะเป็นสีที่อ่อนกว่าและส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีในแหล่งน้ำสาธารณะที่รองรับน้ำจากน้ำทิ้งของชุมชนหรือโรงงานมากกว่าสีน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยมาจากโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้น ฤดูกาลจะไม่ส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจากการปล่อยของโรงงานอุตสาหกรรมแต่จะส่งผลต่อแหล่งน้ำสาธารณะที่รองรับน้ำทิ้งนั้น ดังนั้น ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมนี้ จึงมีไม่มีการศึกษาในเรื่องผลของฤดูกาลที่เกิดขึ้น

นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากแบบสอบถาม ดังนี้

(1) ในเบื้องต้นขณะนี้ยังไม่มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมมากนัก ควรใช้วิธีกำหนดแนวทางเบื้องต้นไว้ก่อน แล้วจึงตั้งคณะกรรมการขึ้นมาเพื่อประเมินผลและสรุปเป็นประเด็นต่างๆ และเมื่อมีข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้นแล้วก็จะสามารถช่วยกำหนดแนวทางที่ชัดเจนในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งได้ดีขึ้น

(2) ให้ช่วยกันผลักดันให้มีมาตรฐานในการกำหนดค่าสีน้ำทิ้ง เพื่อจะได้ควบคุมดูแลได้ง่าย ซึ่งการใช้ดุลยพินิจหรือความรู้สึกในการชี้วัดหรือตัดสินใจย่อมเกิดข้อขัดแย้งกันไม่สิ้นสุด

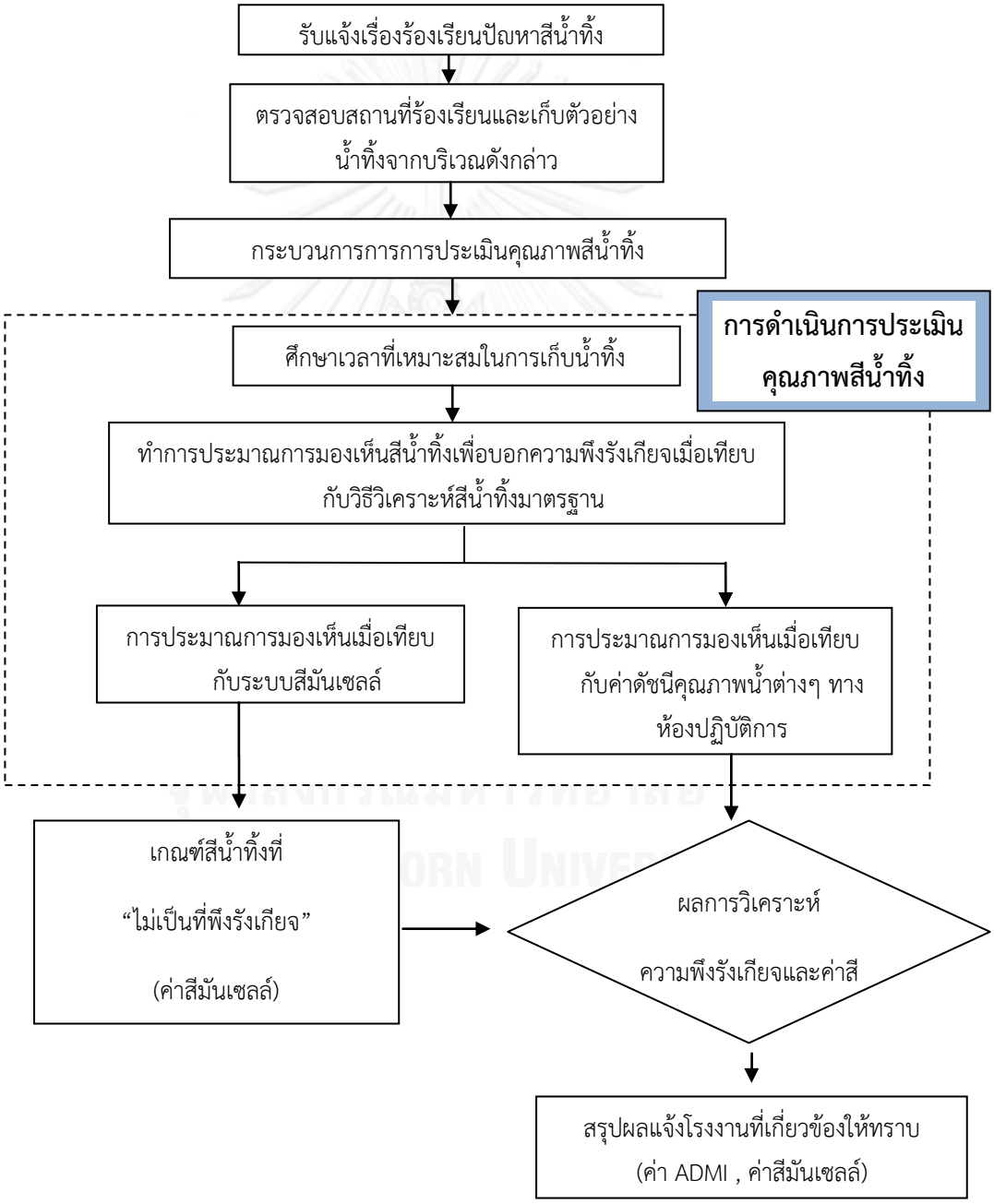
(3) ระวังเรื่องเจตนารมณ์ของกฎหมาย เช่น ให้ชาวบ้านสามารถร้องเรียนได้ โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นพนักงานของรัฐจึงเข้าไปตรวจสอบ โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากชาวบ้านอาจจะยังไม่มีความรู้และความเข้าใจในการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ จึงต้องการให้มีช่องว่างในการร้องเรียนได้

(4) ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมนั้นควรมีการระบุความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่ชัดเจนว่าพึงรังเกียจในด้านใด ทางเคมีหรือทางกายภาพและเพราะอะไรถึงมีความพึงรังเกียจ

4.3 ผลการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง

จากกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่มีการดำเนินการเมื่อมีปัญหาร้องเรียนในเรื่องสีน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นนั้น ตามภาพที่ 4.1 พบว่า การดำเนินงานดังกล่าวยังไม่มีความชัดเจนในการประเมินสีน้ำทิ้ง ที่สามารถใช้อ้างอิงตามที่กฎหมายกำหนดว่าสีน้ำทิ้งนั้นต้อง “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ”ดังนั้น เพื่อให้การประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งนั้นมีความชัดเจน ในงานวิจัยนี้ จึงทำการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งเพื่อใช้ในการสนับสนุนการประเมินแบบเดิมให้มีความชัดเจน โดยมีการอ้างอิงตามกฎหมายและผลที่ได้จากแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคเดลฟาย พบว่า วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐานที่เหมาะสมนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม คือ วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐาน ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method ซึ่ง

เป็นวิธีการที่ใช้ในการวัดค่าสีจริง นอกจากนี้ ยังสามารถนำแผ่นสีมาตรฐานมาใช้ในการเปรียบเทียบสีน้ำทิ้งเพื่อให้ได้ลักษณะของสีปรากฏของสีน้ำทิ้งในรูปของค่าสีมาตรฐานของระบบมันเซลล์ เพื่อให้ได้ผลการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ จากผลสรุปของข้อมูลทั้งหมดสามารถนำมาออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งโดยสนับสนุนการดำเนินการและการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับสีน้ำทิ้ง ได้ตามภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แผนผังผลการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งเมื่อได้รับเรื่องร้องเรียน

จากภาพที่ 4.2 สามารถแสดงรายละเอียดของกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งเมื่อได้รับข้อร้องเรียน ดังต่อไปนี้

(1) เดินทางไปตรวจสอบแหล่งน้ำสาธารณะที่ถูกร้องเรียน เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำตามที่กำหนดไว้ โดยจะมีการเก็บน้ำที่ปลายท่อของโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ใกล้จุดแหล่งน้ำสาธารณะที่ทำการร้องเรียน

(2) ทำการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บน้ำทิ้ง ซึ่งเวลาอาจจะส่งผลต่อความเข้มสีของน้ำทิ้งได้

(3) ทำการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเทียบเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ โดยการเปรียบเทียบตัวอย่างสีน้ำทิ้งและน้ำทิ้งเจือจางกับระบบสีมันเซลล์ เพื่อหาสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ เป็นการกำหนดขอบเขตของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจแล้วจึงนำมาทำการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนในบริเวณนั้นด้วยขนาดกลุ่มตัวอย่างตามหลักสถิติ เพื่อนำมาทำเป็นเกณฑ์ของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

(4) ทำการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆ ทางห้องปฏิบัติการ และหาความพึงรังเกียจของตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจในขวดแก้วรูปชมพู่ ด้วยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนกลุ่มเดิมกับข้อ (3)

(5) ผลของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์และเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆ ทางห้องปฏิบัติการ จะมีความสัมพันธ์กันเพื่อบ่งชี้ความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

(5.1) ถ้าการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งไม่เป็นที่พึงรังเกียจและอยู่ในเกณฑ์สีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ก็จะเป็นการยืนยันผลสรุปของน้ำทิ้งได้ว่า สีน้ำทิ้งนั้นไม่เป็นที่พึงรังเกียจ รวมทั้งบันทึกค่าสีน้ำทิ้งที่วิเคราะห์ได้ทางห้องปฏิบัติการ

(5.2) ถ้าการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งมีความพึงรังเกียจและอยู่นอกเกณฑ์สีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ก็จะเป็นการยืนยันผลสรุปของน้ำทิ้งได้ว่า สีน้ำทิ้งนั้นมีความพึงรังเกียจ และจะรายงานผลของค่าสีน้ำทิ้งในหน่วย ADMI และค่าสีมันเซลล์ของน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจ รวมทั้งมีการแสดงเกณฑ์ของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจด้วย เพื่อช่วยในการแก้ไขสีน้ำทิ้งเบื้องต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(6) สรุปผลการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่ได้ รวมทั้งบันทึกค่าสีน้ำทิ้งที่วิเคราะห์ได้ทางห้องปฏิบัติการ ถ้าสีน้ำทิ้งนั้นมีความพึงรังเกียจ ก็ดำเนินการแจ้งให้โรงงานและประชาชนที่ร้องเรียนรับทราบและให้โรงงานปรับปรุงสีน้ำทิ้ง

(7) ในการหาความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง ควรมีการหาความสัมพันธ์ของค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ เพื่อนำมาสร้างสมการพยากรณ์ค่าสีที่สามารถบ่งชี้ความพึงรังเกียจได้ และช่วยลดขั้นตอนในการประเมินในอนาคตต่อไป

4.4 ผลการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งสำหรับกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในการศึกษาครั้งนี้กับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานสากล

จากการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มีการนำการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งโดยทำการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจมาใช้ประเมินควบคู่กับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามวิธีการมาตรฐานของคู่มือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง American Public Health Association, American Water Work Association และWater Environment Federation ของสหรัฐอเมริกา (พิมพ์ครั้งที่ 21 ปี 2012) หรือที่เรียกว่า AWWA, 2012 ซึ่งได้มีการคัดเลือกวิธีมาตรฐานดังกล่าวมา 2 วิธีการเพื่อนำมาใช้ควบคู่กับการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจ ดังนี้

(1) การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ (เป็นวิธีเปรียบเทียบทางสายตา, Visual Comparison Method) เพื่อแสดงค่าสีน้ำทิ้งในเชิงคุณภาพ โดยการเทียบตัวอย่างสีน้ำทิ้งกับแถบสีของระบบสีมันเซลล์ แล้วแสดงค่าสีของน้ำทิ้งในรูปแบบค่าสีมันเซลล์

(2) การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ (วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method) สำหรับการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำทิ้ง เพื่อแสดงค่าสีน้ำทิ้งในเชิงปริมาณ ที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งทางห้องปฏิบัติการแล้วแสดงค่าสีของน้ำทิ้งด้วยหน่วย ADMI

จากทั้ง 2 วิธีที่ได้เลือกมาใช้ในการวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งเพื่อหาความสัมพันธ์กับการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจนั้น วิธีการวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งดังกล่าว ยังมีความสอดคล้องกับวิธีการวิเคราะห์มาตรฐานน้ำทิ้งของ ISO7887:201 ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งสำหรับกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในการศึกษาครั้งนี้กับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานสากล

วิธีวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในการศึกษาครั้งนี้	**วิธีการวิเคราะห์สีทิ้งตามมาตรฐาน**	
	AWWA, 2012	**ISO 7887:2011**
1.ทำการเทียบตัวอย่างสีน้ำทิ้งกับแถบสีของระบบสีมันเซลล์ แล้วแสดงค่าสีของน้ำทิ้งในรูปแบบค่าสีมันเซลล์	วิธีการ AWWA, 2012(2120B) (Visual Comparison Method) ทำการเปรียบเทียบลักษณะสีปรากฏของตัวอย่างน้ำทิ้ง โดยการเทียบตัวอย่างสีน้ำทิ้งกับสารละลายสีมาตรฐานที่ทราบค่า เช่น สารละลายแพลตินัมโคบอลล์	วิธีการ A (Visual examination) ทำการเปรียบเทียบลักษณะสีปรากฏของตัวอย่างน้ำทิ้ง โดยการใช้ขวดแก้วเก็บตัวอย่างน้ำและบอกลักษณะของสีน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นในขวดแก้วตัวอย่าง เช่น สีเหลือง สีแดง
2. ทำการวิเคราห์สีน้ำทิ้งทางห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method	วิธีการ AWWA, 2012 (2120F) (ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method) เป็นการวิเคราห์ค่าสีจริงของตัวอย่างน้ำทิ้ง โดยการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร (nm) ด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ซึ่งจะทำให้ได้ค่าสีออกมาเป็นหน่วย ADMI	วิธีการ B (Determination of the true color using optical instrument) เป็นการวิเคราะห์ค่าสีจริง โดยนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 3 ความยาวคลื่น คือ 1) ที่ความยาวคลื่น 436 นาโนเมตร 2) ที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตรและ 3) ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) หรือเครื่องฟิลเตอร์โฟโตมิเตอร์ (Filter photometer) แล้วนำไปคำนวณเพื่อรายงานค่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงที่ได้จากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.4 พบว่า วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่นำมาใช้ควบคู่กับการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจจะมีความสอดคล้องกับวิธีการมาตรฐานของคู่มือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง American Public Health Association, American Water Work Association และWater Environment Federation ของสหรัฐอเมริกา (พิมพ์ครั้งที่ 21 ปี 2012) หรือที่เรียกว่า AWWA, 2012 และ ISO 7887:2011 ด้วย ซึ่งสามารถเป็นการยืนยันได้ว่ากระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่ได้ออกแบบในการศึกษานี้ มีวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เป็นวิธีมาตรฐานสากล สามารถนำไปใช้ในการสนับสนุนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่ดำเนินการในปัจจุบันให้มีความชัดเจน สามารถบ่งชี้สีน้ำทิ้งที่เป็นพึงรังเกียจและสามารถหาความสัมพันธ์ของความพึงรังเกียจกับดัชนีคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
ผลการดำเนินการออกแบบกระบวนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง

จากการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในการศึกษาครั้งนี้ ได้มีการดำเนินการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งมีรายละเอียดผลการดำเนินการตามกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

5.1 ผลการคัดเลือกโรงงานที่ใช้ในกรณีศึกษา

จากการศึกษาการคัดเลือกโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อนำมาใช้ในกรณีศึกษาครั้งนี้ ทำการคัดเลือกโรงงานอุตสาหกรรมจากโรงงานที่เข้าร่วมในโครงการตาสับปะรดสิ่งแวดล้อม จ.สมุทรปราการ เนื่องจากเป็นโครงการที่มีโรงงานอุตสาหกรรมได้ให้ความร่วมมือในการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และผลจากแบบสอบถามเดลฟายของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า อุตสาหกรรมที่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งมากที่สุด คือ อุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม ซึ่งจากการติดต่อขอความร่วมมือจากโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ในเครือข่ายโครงการตาสับปะรด ก็ได้รับความร่วมมือจากโรงงานย้อมผ้าแห่งหนึ่งที่จังหวัดสมุทรปราการ ที่มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะและมีประชาชนในบริเวณดังกล่าวให้ความร่วมมือในการสอบถามข้อมูลและทำการเปรียบเทียบกับแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมที่ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ในรัศมี 1.5 กิโลเมตร จำนวน 1 แห่ง คือ คลองมหาสวัสดิ์ตรงบริเวณสะพานกรุงนนท์ ซอยสวนผัก 32 ที่ละติจูด 13.80° และลองจิจูด 100.44° เพื่อเปรียบเทียบลักษณะสีน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น

บริเวณที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งสำหรับโรงงานย้อมผ้าจะอยู่ที่ด้านหลังของโรงงานและจะเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งตรงปลายท่อน้ำทิ้งของโรงงงานตามภาพที่ 5.1 และบริเวณที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งสำหรับแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมจะอยู่ที่คลองมหาสวัสดิ์ ตามภาพที่ 5.2 และจะเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่จุดกึ่งกลางของแหล่งน้ำตามภาพที่ 5.3 ซึ่งวิธีในการเก็บน้ำจะเป็นไปตามวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำจากกรมควบคุมมลพิษ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2553)

ภาพที่ 5.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่บริเวณปลายท่อน้ำทิ้งของโรงงานย้อมผ้า จังหวัดสมุทรปราการ

ภาพที่ 5.2 บริเวณที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

ภาพที่ 5.3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

5.2 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บน้ำทิ้งที่อาจส่งผลต่อค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ

ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บน้ำทิ้งที่อาจส่งผลต่อค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ โดยการออกแบบการทดลองเบื้องต้น เพื่อทดสอบสมมติฐานดังต่อไปนี้

<u>สมมติฐาน</u> เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี

5.2.1 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บน้ำทิ้งที่อาจส่งผลต่อค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

ผลการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งใน 3 ช่วงเวลา คือ เวลา 8:00 น. 11:00 น. และ 14:00 น. ทำซ้ำเป็นเวลา 3 วัน ในตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมตามจุดเก็บน้ำในภาพที่ 5.3 ที่มีการเก็บน้ำที่จุดกึ่งกลางแม่น้ำ และได้ผลวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการตามตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ 3 ช่วงเวลาของแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม
(เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในเดือนมกราคม พ.ศ. 2556)

วันที่	เวลา	ค่าสี	ค่าความขุ่น	ค่าบีโอดี	ค่าซีโอดี
1	8:00	79.50	70.00	2.4	57
	11:00	68.00	39.50	1.6	44
	14:00	64.50	48.50	1.4	49

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ 3 ช่วงเวลาของแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม (ต่อ)
(เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในเดือนมกราคม พ.ศ. 2556)

วันที่	เวลา	ค่าสี	ค่าความขุ่น	ค่าบีโอดี	ค่าซีโอดี
2	8:00	77.00	55.50	1.6	57
	11:00	63.50	66.50	1.0	42
	14:00	79.50	62.00	1.6	44
3	8:00	86.00	78.00	1.6	57
	11:00	66.50	72.50	1.6	49
	14:00	48.50	43.00	1.2	51

หมายเหตุ : ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมาจากศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต มาตรฐานคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025: 2005 (ภาคผนวก ค)

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในตารางที่ 5.1 มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยความแปรปรวนด้วยวิธี One way anova จะสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS18 เพื่อทดสอบสมติฐาน ดังต่อไปนี้

(1) H_0: $\mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าสี)

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$; $\exists i,j$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมีผลต่อค่าสี)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในตารางที่ 5.1 มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยความแปรปรวนด้วยวิธี One way anova จะสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม (เวลากับค่าสี)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Color	Between Groups	501.17	2	250.58	2.81	0.14
	Within Groups	534.33	6	89.06		
	Total	1035.50	8			

จากตารางที่ 5.2 พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าสี จะมีค่า p-value(0.14) > α(0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าสี จึงสามารถเก็บน้ำที่เวลาใดก็ได้ตามความเหมาะสมในการเก็บ

(2) H_0: $\mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าความขุ่น)

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$; $\exists i,j$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมีผลต่อค่าความขุ่น)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในตารางที่ 5.1 มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยความแปรปรวนด้วยวิธี One way anova จะสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม (เวลากับค่าความขุ่น)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Turbidity	Between Groups	416.67	2	208.333	1.17	0.37
	Within Groups	1069.33	6	178.222		
	Total	1486.00	8			

จากตารางที่ 5.3 พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าความขุ่น จะมีค่า p-value(0.37) > α(0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าความขุ่น จึงสามารถเก็บน้ำที่เวลาใดก็ได้ตามความเหมาะสมในการเก็บ

(3) H_0: $\mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าบีโอดี)

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$; $\exists i,j$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมีผลต่อค่าค่าบีโอดี)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในตารางที่ 5.1 มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยความแปรปรวนด้วยวิธี One way anova จะสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 5.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.4 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม (เวลากับค่าบีโอดี)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
BOD	Between Groups	0.44	2	0.22	1.75	0.25
	Within Groups	0.75	6	0.12		
	Total	1.18	8			

จากตารางที่ 5.4 พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าบีโอดี จะมีค่า p-value(0.25) > α(0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าบีโอดี จึงสามารถเก็บน้ำที่เวลาใดก็ได้ตามความเหมาะสมในการเก็บ

(4) H_0: $\mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าซีโอดี)

H_1: $\mu_i \neq \mu_j ; \exists i,j$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าซีโอดี)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในตารางที่ 5.1 มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยความแปรปรวนด้วยวิธี One way anova จะสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม (เวลากับค่าซีโอดี)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
COD	Between Groups	234.00	2	117.00	13.50	0.01
	Within Groups	52.00	6	8.67		
	Total	286.00	8			

จากตารางที่ 5.5 พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าซีโอดี จะมีค่า p-value(0.01) < α(0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมีผลต่อค่าซีโอดี ดังนั้น การเก็บน้ำที่เวลาต่างกันอาจส่งผลให้มีค่าซีโอดีที่แตกต่างกันด้วย

เพราะฉะนั้น ผลการทดสอบสมมติฐานในการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บน้ำทิ้งที่อาจส่งผลต่อค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ สำหรับแหล่งน้ำสาธารณควบคุม สรุปได้ว่า เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ จึงสามารถเก็บน้ำที่เวลาใดก็ได้ตามความเหมาะสมในการเก็บ แต่เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจะมีผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าซีโอดีที่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีการเก็บน้ำทิ้งที่เวลา 8:00 น. 11:00 น.และ14:00 น. เป็นเวลา 3 วัน ซึ่งผลการทดสอบได้มีการยืนยันแล้วว่าเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง คือ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดี ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีความสนใจในเรื่องค่าสี ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่า เวลาในการเก็บไม่ส่งผลต่อค่าสี และเนื่องจากสีปรากฏของน้ำทิ้งของแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน จึงได้มีการนำน้ำทิ้งในช่วงเวลา 11:00 น. ไปใช้ในการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง ซึ่งเป็นเวลากลางวันเพื่อสะดวกในการมองเห็นและปลอดภัยในการดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง

5.2.2 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บน้ำทิ้งที่อาจส่งผลต่อค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า

ผลการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งใน 3 ช่วงเวลา คือ เวลา 8:00 น. 11:00 น. และ 14:00 น. ทำซ้ำเป็นเวลา 3 วัน ในตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า ตามจุดเก็บน้ำตามภาพที่ 5.1 ที่มีการเก็บน้ำตรงปลายท่อปล่อยน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า และได้ผลวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการตามตารางที่ 5.6 ซึ่งค่าสีที่มีเครื่องหมาย * หมายถึง ค่าสีของตัวอย่างน้ำทิ้งที่มีการเจือจางด้วยน้ำกลั่น 2.5 เท่า เนื่องจากมีความเข้มของสีมากเกินความสามารถที่เครื่องสามารถทดสอบสูงสุดได้ที่ 260 ADMI จึงทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่นก่อนแล้วจึงนำไปวัดค่าสีและนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นค่าสีของตัวอย่างน้ำทิ้งนั้นอีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำใน 3 ช่วงเวลาของโรงงานย้อมผ้า
(เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2556)

วันที่	เวลา	ค่าสี	ค่าความขุ่น	ค่าบีโอดี	ค่าซีโอดี
1	8:00	305.00*	23.00	21	160
	11:00	290.00*	20.00	15	173
	14:00	240.00	13.00	13	179
2	8:00	322.00*	23.00	9	144
	11:00	320.00*	22.00	68	167
	14:00	302.00*	21.00	56	164

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำใน 3 ช่วงเวลาของโรงงานย้อมผ้า (ต่อ)
(เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2556)

วันที่	เวลา	ค่าสี	ค่าความขุ่น	ค่าบีโอดี	ค่าซีโอดี
3	8:00	220.00	8.00	13	168
	11:00	268.00*	25.00	36	143
	14:00	598.00*	14.00	43	146

หมายเหตุ : ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมาจากศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต มาตรฐานคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 : 2005 (ภาคผนวก ค)

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในตารางที่ 5.6 มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยความแปรปรวนด้วยวิธี One way anova จะสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS18 เพื่อทดสอบสมติฐาน ดังต่อไปนี้

(1) H_0: $\mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าสี)

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$; $\exists i,j$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมีผลต่อค่าสี)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในตารางที่ 5.6 มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยความแปรปรวนด้วยวิธี One way anova จะสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า (เวลากับค่าสี)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Color	Between Groups	17272.67	2	8636.33	0.64	0.56
	Within Groups	80543.33	6	13423.89		
	Total	97816.00	8			

จากตารางที่ 5.7 พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าสี จะมีค่า p-value(0.56) > α(0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าสี จึงสามารถเก็บน้ำที่เวลาใดก็ได้ตามความเหมาะสมในการเก็บ

(2) H_0: $\mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าความขุ่น)

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$; $\exists i,j$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมีผลต่อค่าความขุ่น)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในตารางที่ 5.6 มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยความแปรปรวนด้วยวิธี One way anova จะสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า (เวลากับค่าความขุ่น)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Turbidity	Between Groups	196.22	2	98.11	3.33	0.11
	Within Groups	176.67	6	29.44		
	Total	372.89	8			

จากตารางที่ 5.8 พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าความขุ่น จะมีค่า p-value(0.11) > α(0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าความขุ่น จึงสามารถเก็บน้ำที่เวลาใดก็ได้ตามความเหมาะสมในการเก็บ

(3) H_0: $\mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าบีโอดี)

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$; $\exists i,j$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งมีผลต่อค่าค่าบีโอดี)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในตารางที่ 5.6 มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยความแปรปรวนด้วยวิธี One way anova จะสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 5.9

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.9 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า (เวลากับค่าบีโอดี)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
BOD	Between Groups	989.56	2	494.78	1.43	0.31
	Within Groups	2080.00	6	346.67		
	Total	3069.56	8			

จากตารางที่ 5.9 พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าบีโอดี จะมีค่า p-value(0.31) > α(0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าบีโอดี จึงสามารถเก็บน้ำที่เวลาใดก็ได้ตามความเหมาะสมในการเก็บ

(4) H_0: $\mu_{8:00} = \mu_{11:00} = \mu_{14:00}$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าซีโอดี)

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$; $\exists i,j$ (เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าซีโอดี)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในตารางที่ 5.6 มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยความแปรปรวนด้วยวิธี One way anova จะสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ผลการทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า (เวลากับค่าซีโอดี)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
COD	Between Groups	73.56	2	36.78	0.16	0.86
	Within Groups	1367.33	6	227.89		
	Total	1440.89	8			

จากตารางที่ 5.10 พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าซีโอดี จะมีค่า p-value(0.86) > α(0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าซีโอดี จึงสามารถเก็บน้ำที่เวลาใดก็ได้ตามความเหมาะสมในการเก็บ

เพราะฉะนั้น ผลการทดสอบสมมติฐานในการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บน้ำทิ้งที่อาจส่งผลต่อค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ สำหรับโรงงานย้อมผ้า สรุปได้ว่า เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่

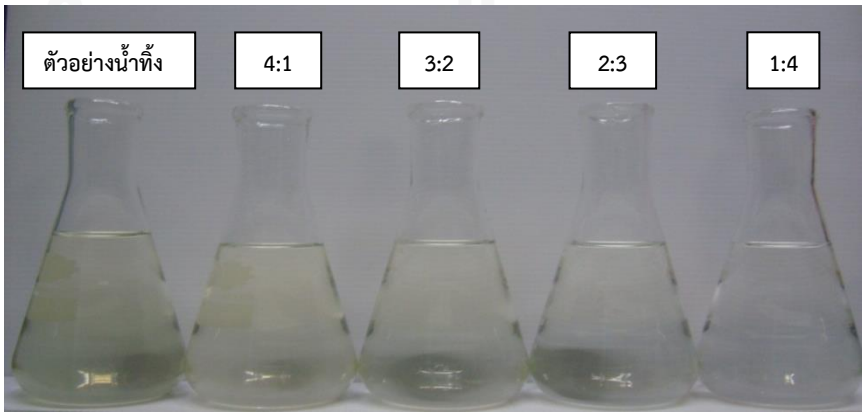
มีผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ จึงสามารถเก็บน้ำที่เวลาใดก็ได้ตามความเหมาะสมในการเก็บ ซึ่งในการทดสอบสมมติฐานครั้งนี้จะมีการเก็บน้ำทิ้งที่เวลา 8:00 น. 11:00 น.และ14:00 น. เป็นเวลา 3 วัน ซึ่งผลการทดสอบได้มีการยืนยันแล้วว่าเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่มีผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 4 ค่า และเนื่องจากสีน้ำทิ้งในแต่ละวันมีความแตกต่างกัน จึงได้มีการดำเนินเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งต่ออีก 7 วัน ในช่วงเวลา 11:00 น. เพื่อสะดวกในการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งซึ่งควรเก็บในเวลากลางวันเพื่อการมองเห็นและปลอดภัยในการดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง

5.3 ผลการดำเนินการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์

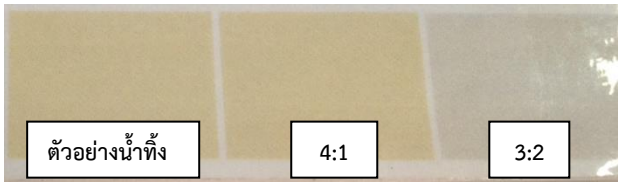
จากการดำเนินการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ จากแหล่งน้ำทิ้งสาธารณะควบคุมและจากโรงงานย้อมผ้า มีรายละเอียดผลการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

5.3.1 ผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ ในแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

จากการนำตัวอย่างสีน้ำทิ้งมาเปรียบเทียบกับระบบสีมันเซลล์ แล้วจึงนำมาทำการเจือจางน้ำทิ้งด้วยน้ำกลั่นที่อัตราส่วนต่างๆ ตามภาพที่ 5.4 แล้วจึงนำมาเทียบกับระบบสีมันเซลล์อีกครั้งดังภาพที่ 5.5 เพื่อนำไปทำการประมาณการมองเห็นการยอมรับสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมกับกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป พบว่าค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างสีน้ำทิ้งจะมีสีเหลือง(Y) ในทุกตัวอย่างน้ำทิ้งที่เก็บมาและจะได้ค่าสีมันเซลล์ที่มีค่าเหมือนกันทั้ง 3 วัน คือ 10Y8/6 ซึ่งหมายความว่า สีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมมีสีเหลือง (Yellow) มีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 8 และมีค่าความอิ่มตัวของสีในตำแหน่งที่ 6



ภาพที่ 5.4 ตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ



ภาพที่ 5.5 แถบสีของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมด้วยระบบสีมันเซลล์

ตารางที่ 5.11 ผลการประมาณการมองเห็นแถบสีของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

วันที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง	**ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง**	**ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง**			
		อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น (น้ำทิ้งเจือจาง)			
		4:1	**3:2**	**2:3**	**1:4**
1 - 3	10Y8/6	10Y8/4	10Y9/2	ไม่สามารถเทียบกับค่าสีมันเซลล์ได้	
	21.61	34.38	44.53		

หมายเหตุ : ☐ หมายถึง ร้อยละจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่ยอมรับแถบสีน้ำทิ้งว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

จากการเจือจางน้ำทิ้งในตารางที่ 5.11 พบว่า เมื่อเทียบค่าสีมันเซลล์กับน้ำทิ้งเจือจางที่อัตราส่วนการเจือจาง 4:1 และ 3:2 ได้ผลค่าสีมันเซลล์ดังนี้ ค่าสีมันเซลล์ 10Y8/4 และ 10Y9/2 ซึ่งที่อัตราส่วนการเจือจาง 3:2 จะมีการยอมรับจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมจำนวน 384 คน ส่วนใหญ่ร้อยละ 44.53 ว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ซึ่งการเจือจางน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมจะสามารถเจือจางได้เพียงในอัตราส่วน 3:2 เท่านั้น เนื่องมาจากสีน้ำทิ้งมีสีใสหลังจากการเจือจางที่อัตราส่วน 2:3 และ 1:4 ซึ่งไม่สามารถเทียบค่าสีจากระบบสีมันเซลล์ได้ นอกจากนี้ ค่าสีมันเซลล์ที่ได้จากสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมทั้ง 3 วันจะมีค่าสีมันเซลล์ที่ได้เหมือนกัน ดังนั้น จึงทำการประมาณการมองเห็นจากแถบสีมันเซลล์เพียงแถบสีน้ำทิ้งเดียว ซึ่งสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ จะมีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 9 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของค่าน้ำหนักของสี ในขณะที่ค่าความอิ่มตัวของสีจะอยู่ในตำแหน่งที่ 2 ซึ่งจะมีค่าความอิ่มตัวต่ำ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า เกณฑ์ของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจสำหรับน้ำทิ้งของแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม จากการประมาณการมองเห็นส่วนใหญ่ร้อยละ 44.53 จากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม อยู่ที่ค่าสีมันเซลล์ 10Y9/2 ที่อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น 3:2

ตารางที่ 5.12 ผลการประมาณการมองเห็นแถบสีของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป

วันที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง	ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง	ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง			
		อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น (น้ำทิ้งเจือจาง)			
		4:1	3:2	2:3	1:4
1-3	10Y8/6	10Y8/4	10Y9/2	ไม่สามารถเทียบกับค่าสีระบบมันเซลล์	
	20.31	49.22	30.47		

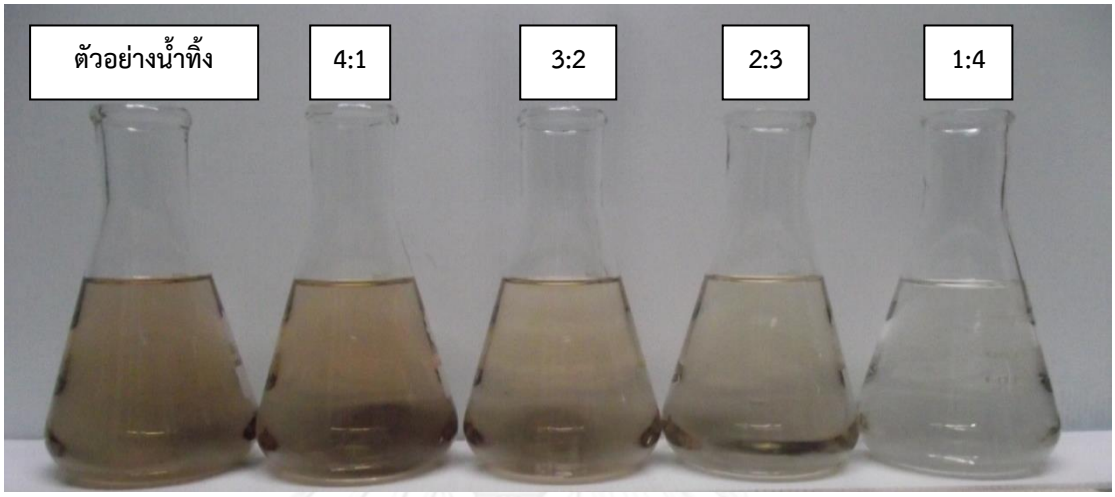
หมายเหตุ : ☐ หมายถึง ร้อยละจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่ยอมรับแถบสีน้ำทิ้งว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

สำหรับการประมาณการมองเห็นจากประชาชนทั่วไป ตามตารางที่ 5.12 พบว่า การเจือจางน้ำทิ้งที่อัตราส่วน 4:1 จะมีการยอมรับจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปจำนวน 384 คน ส่วนใหญ่ร้อยละ 49.22 ว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ซึ่งการยอมรับอัตราส่วนการเจือจางของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจจะแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม และเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ที่อัตราส่วนการเจือจาง 4:1 และ 3:2 จะได้เป็นดังนี้ 10Y8/4 และ10Y9/2 ซึ่งพบว่า สีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ จะมีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 8 และมีค่าความอิ่มตัวของสีในตำแหน่งที่ 4 ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า เกณฑ์ของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจสำหรับน้ำทิ้งของแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมจากการประมาณการมองเห็นส่วนใหญ่ร้อยละ 49.22 จากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป อยู่ที่ค่าสีมันเซลล์ 10Y8/4 ที่อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น 4:1 ซึ่งค่าสีมันเซลล์ที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปจะแตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

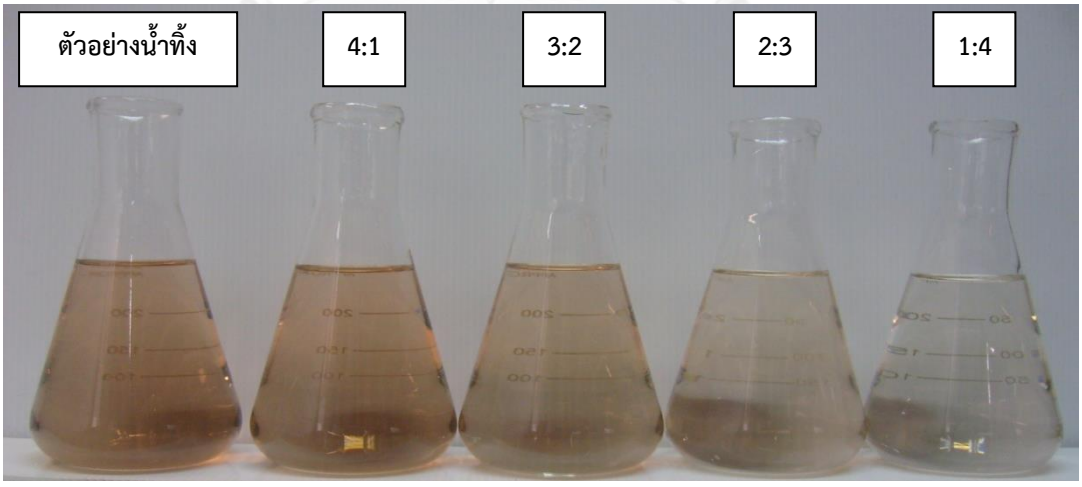
5.3.2 ผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า

จากการนำตัวอย่างสีน้ำทิ้งมาเปรียบเทียบกับระบบค่าสีมันเซลล์ แล้วจึงนำมาทำการเจือจางน้ำทิ้งด้วยน้ำกลั่นที่อัตราส่วนต่างๆ ตามภาพที่ 5.6 – 5.14 แล้วจึงนำมาเทียบกับระบบค่าสีมันเซลล์อีกครั้ง ตามภาพที่ 5.15 – 5.23 เพื่อนำไปทำการประมาณการมองเห็นการยอมรับสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้าจำนวน 319 คน และกลุ่มตัวอย่างประชาชนทั่วไปจำนวน 384 คน พบว่า จากการเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 10 วัน จะมีตัวอย่างสีน้ำทิ้งที่หลากสี เนื่องมาจากการย้อมผ้าในกระบวนการผลิตแต่ละวันจะมีการผลิตสีที่แตกต่างกันตามรายการผลิตที่ถูกกำหนดขึ้น แต่ในการเจือจางค่าสีน้ำทิ้งนี้จะมีการเจือจางค่าสีน้ำทิ้งเพียง 9 วันเท่านั้น เนื่องจากได้ตัดตัวอย่างน้ำทิ้งในวันที่ 2 ที่มีค่าสีที่เกินเครื่องวัดที่ 260 ADMI เพื่อ

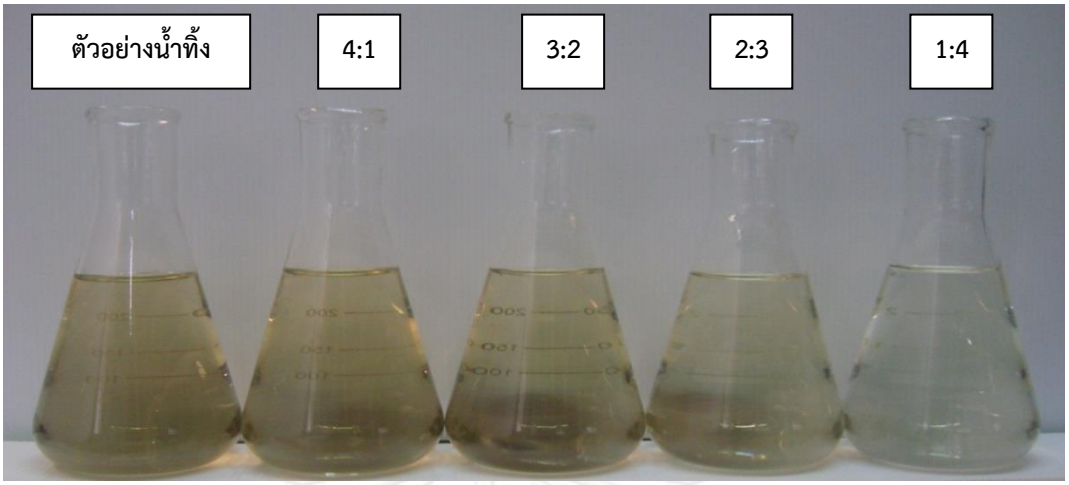
ป้องกันการผิดพลาดและความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการประมาณการมองเห็นเมื่อเทียบกับแถบสีมันเซลล์และค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ จึงแสดงการเจือจางของตัวอย่างน้ำทิ้งเพียง 9 วันเท่านั้น



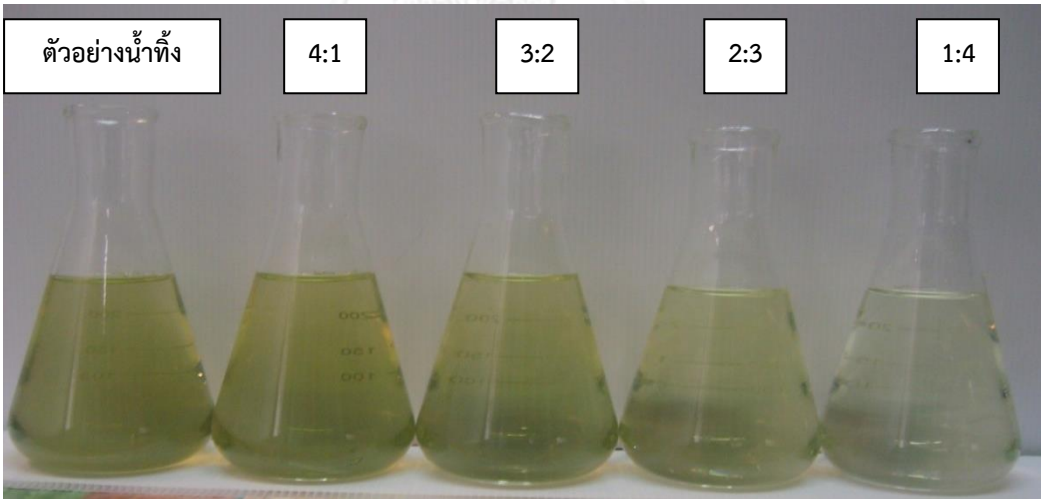
ภาพที่ 5.6 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 1



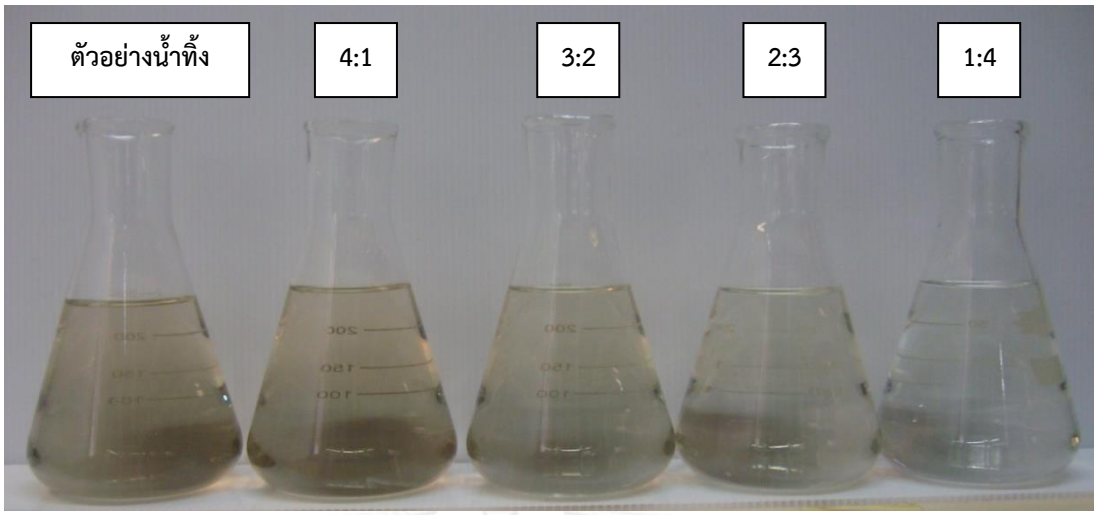
ภาพที่ 5.7 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 2



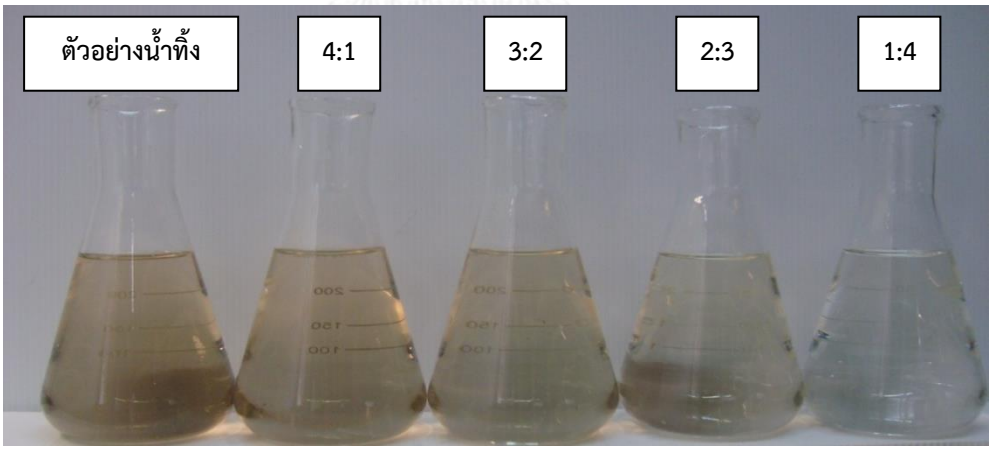
ภาพที่ 5.8 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 3



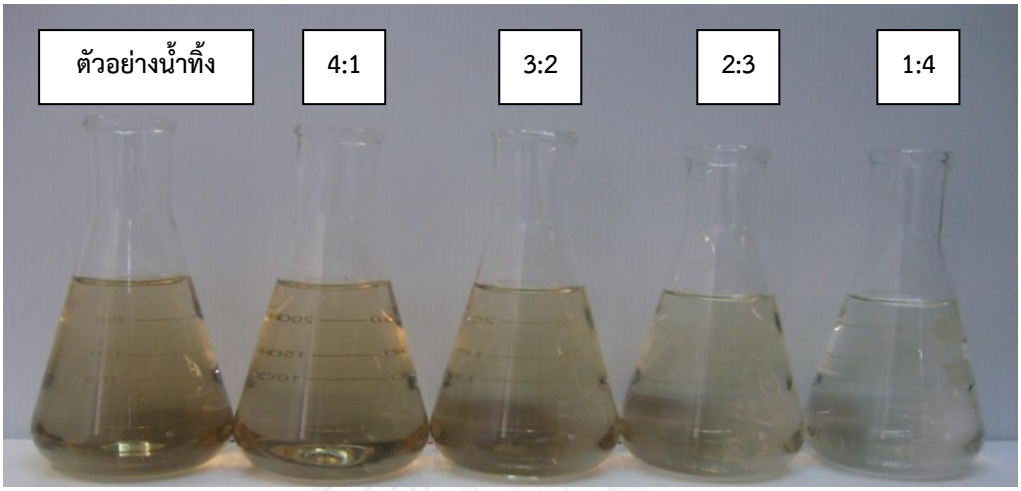
ภาพที่ 5.9 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 4



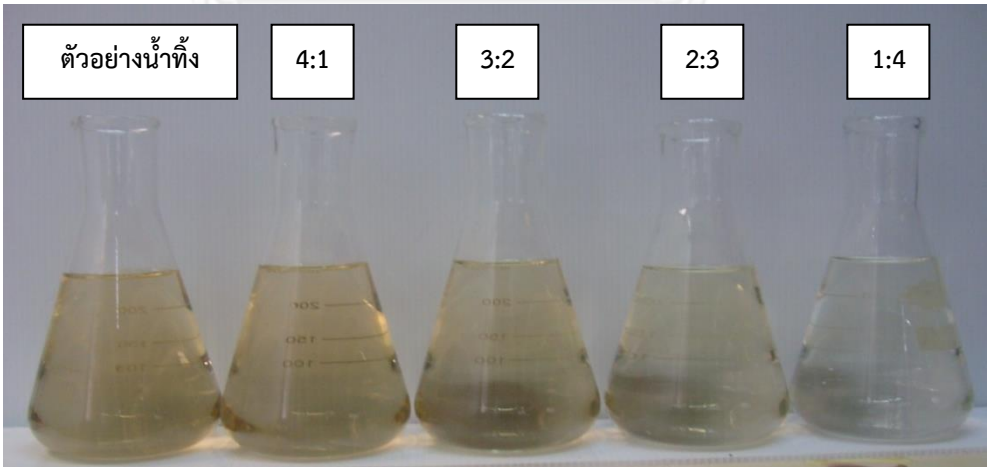
ภาพที่ 5.10 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 5



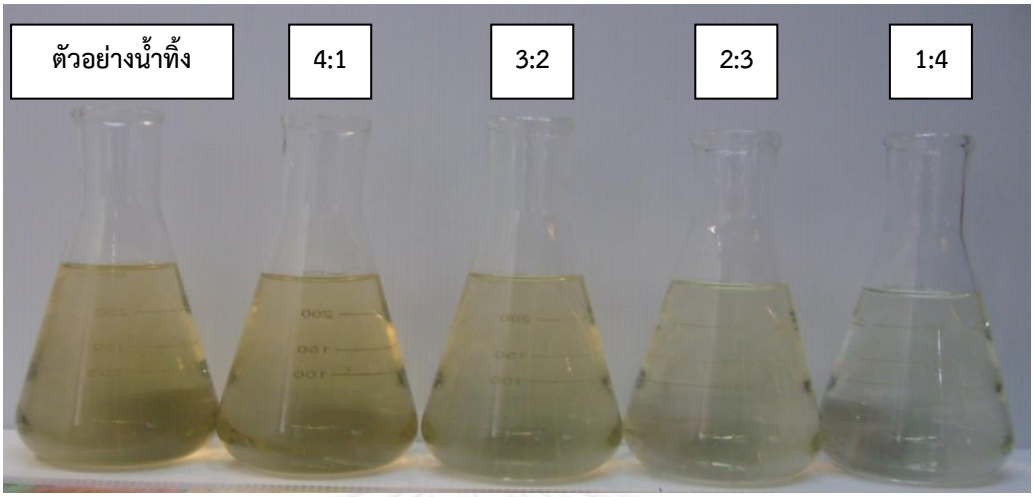
ภาพที่ 5.11 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 6



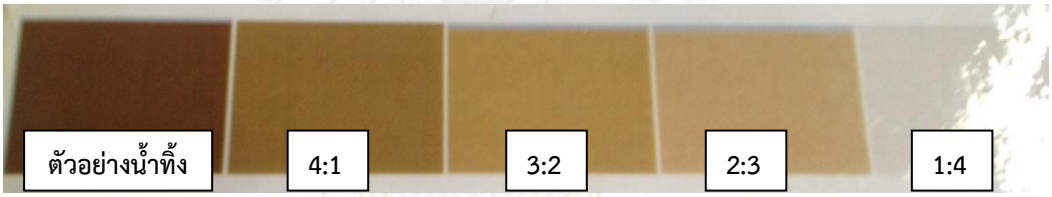
ภาพที่ 5.12 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 7



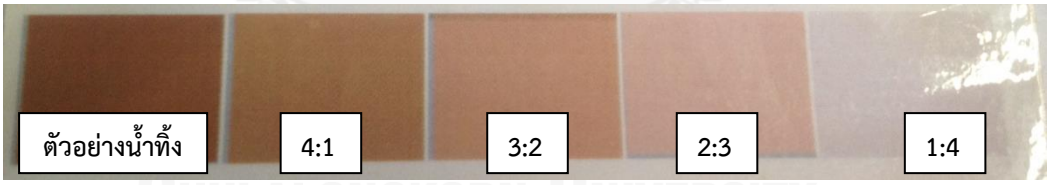
ภาพที่ 5.13 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 8



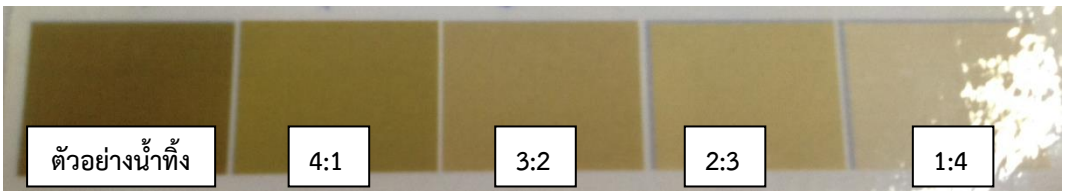
ภาพที่ 5.14 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ วันที่ 9



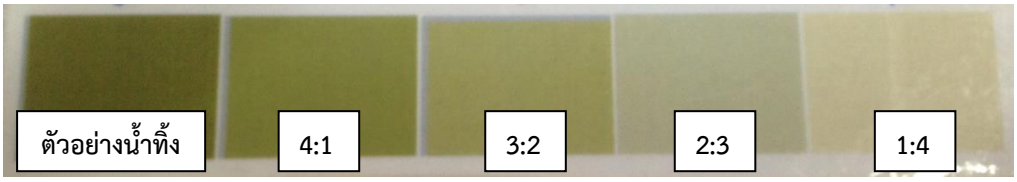
ภาพที่ 5.15 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบสีมันเซลล์ วันที่ 1



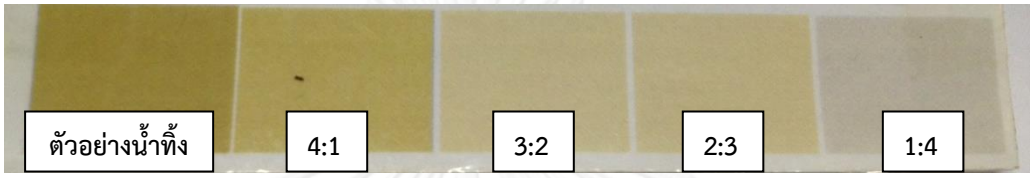
ภาพที่ 5.16 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 2



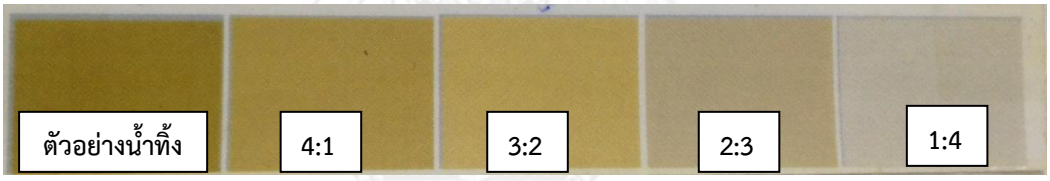
ภาพที่ 5.17 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 3



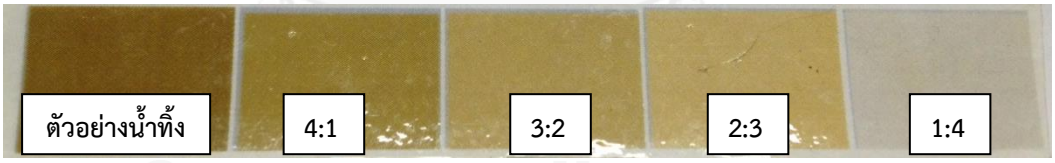
ภาพที่ 5.18 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 4



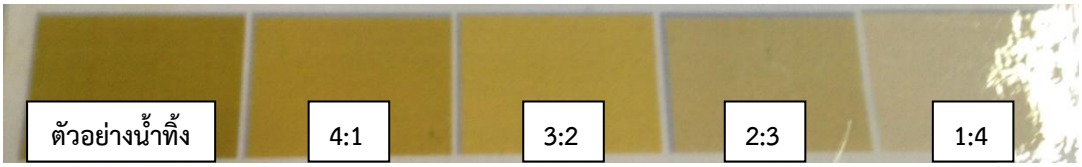
ภาพที่ 5.19 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 5



ภาพที่ 5.20 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 6

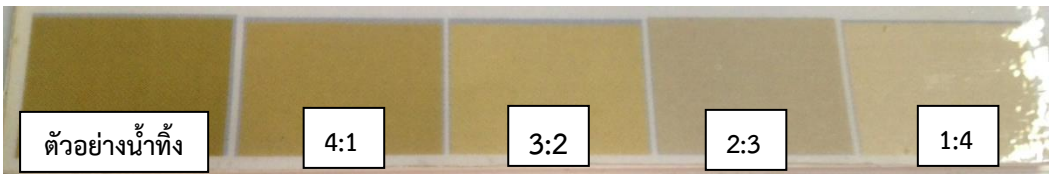


ภาพที่ 5.21 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 7



ภาพที่ 5.22 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 8

Chulalongkorn University



ภาพที่ 5.23 แถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าด้วยระบบค่าสีมันเซลล์ วันที่ 9

เมื่อนำแถบสีน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าไปทำการประมาณการมองเห็นจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า จะได้ผลการประมาณการมองเห็นและค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจาง แสดงดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ผลการประมาณการมองเห็นแถบสีของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

วันที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง	**ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง**	**ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น (น้ำทิ้งเจือจาง)**			
		4:1	**3:2**	**2:3**	**1:4**
1	10YR3/6 0	2.5Y5/6 0	2.5Y6/6 0	2.5Y7/6 0.94	2.5Y9/2 99.06
2	5YR5/6 0	5YR6/6 0	5YR7/6 0	5YR7/4 1.57	5YR9/2 98.43
3	7.5Y5/6 0	7.5Y6/6 0	7.5Y7/6 0	7.5Y8/6 0.63	7.5Y9/4 99.37
4	2.5GY7/6 0	2.5GY6/6 0	2.5GY7/6 0.63	2.5GY8/4 1.88	2.5GY9/4 97.49
5	7.5Y5/6 0	7.5Y8/6 0	7.5Y9/6 1.57	7.5Y9/4 4.08	7.5Y9/2 94.36
6	5Y6/6 0	5Y7/6 0	5Y8/6 0	5Y8/4 2.51	5Y9/2 97.49
7	5Y5/6 0	5Y6/6 0	5Y7/6 0	5Y8/6 1.88	5Y9/2 98.12

ตารางที่ 5.13 ผลการประมาณการมองเห็นแถบสีของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง	ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง	ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง			
		อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น (น้ำทิ้งเจือจาง)			
		4:1	3:2	2:3	1:4
8	7.5Y6/8	7.5Y7/8	7.5Y8/8	7.5Y8/6	7.5Y9/4
	0	0	0	1.57	98.43
9	7.5Y6/6	7.5Y7/6	7.5Y8/6	7.5Y8/4	7.5Y9/4
	0	0	0	2.82	97.18

หมายเหตุ : ☐ หมายถึง ร้อยละจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่ยอมรับแถบสีน้ำทิ้งว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

จากตารางที่ 5.13 พบว่า ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าจะมีสีเหลือง (Y) ผสมอยู่ในทุกตัวอย่างน้ำทิ้งที่เก็บมา ซึ่งสามารถอ่านค่าสีที่เกิดขึ้นได้ เช่นวันที่ 2 คือ 5YR5/6 หมายความว่า เป็นสีเหลืองแดง(Yellow-Red) มีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 5 และมีค่าความอิ่มตัวของสีในตำแหน่งที่ 6 เป็นต้น เมื่อพิจารณาถึงค่าสีมันเซลล์ของน้ำทิ้งทั้ง 9 วัน พบว่า ส่วนใหญ่จะค่าสีมันเซลล์เริ่มต้นที่ 5Y ขึ้นไปและเป็นค่าสีมันเซลล์ของน้ำทิ้งที่มีความพึงรังเกียจ ยกเว้นตัวอย่างน้ำทิ้งในวันที่ 4 ที่มีค่าสีมันเซลล์ คือ 2.5GY5/6 หมายความว่า เป็นสีเขียวเหลือง (Green-Yellow) มีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 5 และค่าความอิ่มตัวของสีในตำแหน่งที่ 6 ก็ยังเป็นค่าสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจเช่นกัน

จากการเจือจางน้ำทิ้งที่อัตราส่วน 1:4 จะมีการยอมรับจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนส่วนใหญ่ร้อยละ 97 ขึ้นไปที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้าว่า เป็นสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ และเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ของน้ำทิ้งเจือจางที่อัตราส่วน 1:4 ได้เป็นดังนี้ 2.5Y9/2, 5YR9/2, 7.5Y9/4, 2.5GY9/4, 7.5Y9/2, 5Y9/2, 7.5Y9/4 และ7.5Y9/4 ซึ่งพบว่า ค่าน้ำหนักและค่าความอิ่มตัวของสีที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจจะมีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 9 เป็นค่าสูงสุดของค่าน้ำหนักสี ในขณะที่ค่าความอิ่มตัวของสีจะอยู่ในตำแหน่งที่ 2 ถึง 4 ซึ่งจะมีค่าความอิ่มตัวต่ำ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าเกณฑ์ของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ สำหรับน้ำทิ้งของโรงงานย้อมผ้า จากการประมาณการมองเห็นของกลุ่มตัวอย่างของประชาชนส่วนใหญ่ร้อยละ 97 ขึ้นไป ที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า จะมีค่าสีมันเซลล์ในแถบสีเจือจางที่อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น 1:4

สำหรับการประมาณการมองเห็นจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป ในการยอมรับสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจด้วยแถบสีน้ำทิ้งเจือจางแสดงตามตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 ผลการประมาณการมองเห็นแถบสีของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางจากโรงงานย้อมผ้าเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป

วันที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง	ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง	ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น (น้ำทิ้งเจือจาง)			
		4:1	3:2	2:3	1:4
1	10YR3/6	2.5Y5/6	2.5Y6/6	2.5Y7/6	2.5Y9/2
	0	4.43	2.34	8.85	84.38
2	5YR5/6	5YR6/6	5YR7/6	5YR7/4	5YR9/2
	0	4.43	2.34	8.85	84.38
3	7.5Y5/6	7.5Y6/6	7.5Y7/6	7.5Y8/6	7.5Y9/4
	0	4.43	0	8.85	86.72
4	2.5GY7/6	2.5GY6/6	2.5GY7/6	2.5GY8/4	2.5GY9/4
	0	4.43	0	6.77	88.80
5	7.5Y5/6	7.5Y8/6	7.5Y9/6	7.5Y9/4	7.5Y9/2
	0	4.43	10.94	15.10	69.53
6	5Y6/6	5Y7/6	5Y8/6	5Y8/4	5Y9/2
	0	4.17	8.59	10.94	76.30
7	5Y5/6	5Y6/6	5Y7/6	5Y8/6	5Y9/2
	0	0	6.51	8.85	84.64
8	7.5Y6/8	7.5Y7/8	7.5Y8/8	7.5Y8/6	7.5Y9/4
	0	0	11.20	2.08	86.72
9	7.5Y6/6	7.5Y7/6	7.5Y8/6	7.5Y8/4	7.5Y9/4
	0	2.08	8.85	4.43	84.64

หมายเหตุ : ☐ หมายถึง ร้อยละจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่ยอมรับแถบสีน้ำทิ้งว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

จากตารางที่ 5.14 พบว่า น้ำทิ้งเจือจางที่อัตราส่วน 1:4 จะมีการยอมรับจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปส่วนใหญ่ร้อยละ 69.53 ขึ้นไป ว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ซึ่งค่าร้อยละของการยอมรับจะมีค่าน้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า และเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ของน้ำทิ้งเจือจางที่อัตราส่วน 1: 4 จะได้เป็นดังนี้ 2.5Y9/2, 5YR9/2,

7.5Y9/4, 2.5GY9/4, 7.5Y9/2, 5Y9/2, 7.5Y9/4 และ7.5Y9/4 ซึ่งพบว่า ค่าน้ำหนักและค่าความอิ่มตัวของสีที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ จะมีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 9 เป็นค่าสูงสุดของค่าน้ำหนักสี ในขณะที่ค่าความอิ่มตัวของสีจะอยู่ในตำแหน่งที่ 2 ถึง 4 ซึ่งจะมีค่าความอิ่มตัวต่ำเช่นเดียวกันกับค่าสีมันเซลล์ที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า แต่สำหรับค่าสีมันเซลล์ของวันที่ 3 และ 4 นั้น ที่อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น 4:1 และ 3:2 พบว่า ที่อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น 4:1 นั้นจะมีการยอมรับเป็นสีที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจมากกว่าอัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น 3:2 เนื่องจากค่าสีที่ได้มีความใกล้เคียงกันแตกต่างกันเพียงค่าน้ำหนักของสี 1 ตำแหน่ง จึงอาจทำให้ไม่มีความแตกต่างของแถบสีน้ำทิ้งที่ได้อย่างชัดเจนมากนัก ซึ่งอาจจะต้องเพิ่มความละเอียดของอัตราส่วนของน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่นที่อยู่ระหว่าง 4:1 กับ 3:2 ให้ละเอียดขึ้นหรือทำการเพิ่มจำนวนตัวอย่างของประชาชนที่ทำการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งในช่วงค่าดังกล่าว เพื่อสามารถไล่ระดับหาการยอมรับสีน้ำทิ้งได้อย่างชัดเจน ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าเกณฑ์ของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ สำหรับน้ำทิ้งของโรงงานย้อมผ้า จากการประมาณการมองเห็นจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป ส่วนใหญ่ร้อยละ 69.53 ขึ้นไป จะมีค่าสีมันเซลล์ในแถบสีเจือจางที่อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น 1:4

5.4 ผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ

การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะและจากโรงงานย้อมผ้า แสดงผลดังต่อไปนี้

5.4.1 ผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

ผลการประมาณการมองเห็นตัวอย่างสีน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่แสดงดังภาพที่ 5.24 จะได้ผลจากการประมาณการมองเห็นตัวอย่างสีน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมทั้ง 3 วัน ตามตารางที่ 5.15

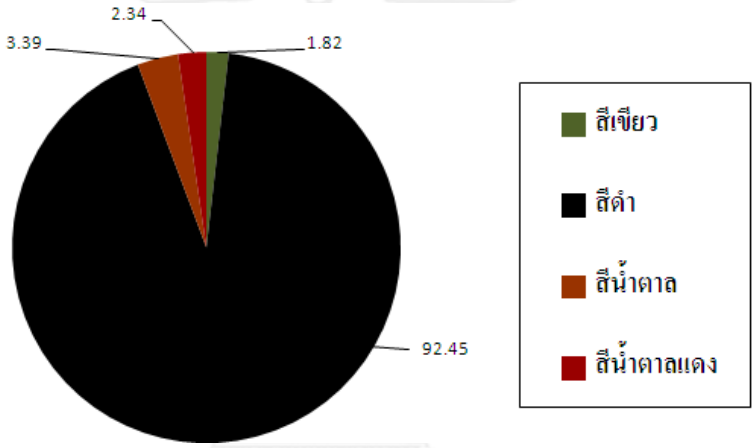
ภาพที่ 5.24 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมในขวดแก้วรูปชมพู่

ตารางที่ 5.15 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำและร้อยละการประมาณการมองเห็นเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมและกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม
(เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในเดือนมกราคม พ.ศ. 2556)

วันที่เก็บ	ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ				ร้อยละความพึงรังเกียจของกลุ่มตัวอย่าง		ลักษณะของสีน้ำทิ้ง
	ค่าสี (ADMI)	ค่าความขุ่น (NTU)	ค่าบีโอดี (มก/ล.)	ค่าซีโอดี (มก/ล.)	ประชาชนในบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม	ประชาชนทั่วไป	
1	68.00	39.50	1.6	44	0	0	สีเหลืองใส
2	63.50	66.50	1.0	42	0	0	สีเหลืองใส
3	66.50	72.50	1.6	49	0	0	สีเหลืองใส

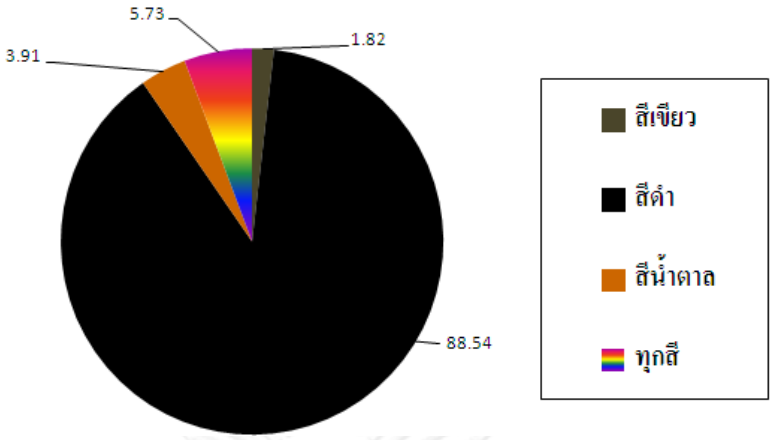
หมายเหตุ : ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมาจากศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต มาตรฐานคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 : 2005 (ภาคผนวก ค)

จากตารางที่ 5.15 พบว่า การประมาณการมองเห็นจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมและกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป ส่วนใหญ่มีร้อยละความพึงรังเกียจเป็น 0 เช่นเดียวกัน หมายความว่า การประมาณการมองเห็นจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความพึงรังเกียจต่อตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม เมื่อนำตัวอย่างน้ำทิ้งดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางห้องปฏิบัติการ พบว่า จะมีค่าสีระหว่าง 63.5 – 68.0 ADMI ค่าความขุ่นระหว่าง 39.5 – 72.5 NTU ค่าบีโอดีระหว่าง 1.0 - 1.6 มก/ล. และค่าซีโอดีระหว่าง 42.0 – 49.0 มก/ล. ลักษณะสีน้ำทิ้งของแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมจะมีสีเหลืองใสและมีตะกอนเหมือนกันทั้ง 3 วัน



ภาพที่ 5.25 ลักษณะสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

นอกจากนี้จากในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการสอบถามเพิ่มเติมในเรื่องสีน้ำทิ้งที่มีความพึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมกลุ่มเดิมในตอนต้น ตามภาพที่ 5.25 พบว่า ร้อยละ 92.45 (355 คน) มีความพึงรังเกียจสีดำมากที่สุด รองลงมาคือ สีน้ำตาล 3.39 (13 คน) สีน้ำตาลแดง 2.34 (9 คน) และสีเขียว 1.82 (7 คน)



ภาพที่ 5.26 ลักษณะสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป
(สำหรับแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม)

สำหรับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปกลุ่มเดิมในตอนต้น ตามภาพที่ 5.26 พบว่า ร้อยละ 88.54 (340 คน) มีความพึงรังเกียจสีดำมากที่สุด รองลงมาคือ ทุกสี 5.73 (22 คน) สีน้ำตาล 3.91 (15 คน) และสีเขียว 1.82 (7 คน)

5.4.2 ผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า

จากผลการประมาณการมองเห็นตัวอย่างสีน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ตาม ภาพที่ 5.27 สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า เมื่อนำตัวอย่างน้ำทิ้งดังกล่าวทั้ง 9 วัน ไปทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางห้องปฏิบัติการ จะแสดงตามตารางที่ 5.16

ภาพที่ 5.27 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าในขวดแก้วรูปชมพู่

วันที่ 4 วันที่ 5 วันที่ 6

ภาพที่ 5.27 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าในขวดแก้วรูปชมพู่ (ต่อ)

วันที่ 7 วันที่ 8 วันที่ 9

ภาพที่ 5.27 ตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าในขวดแก้วรูปชมพู่ (ต่อ)

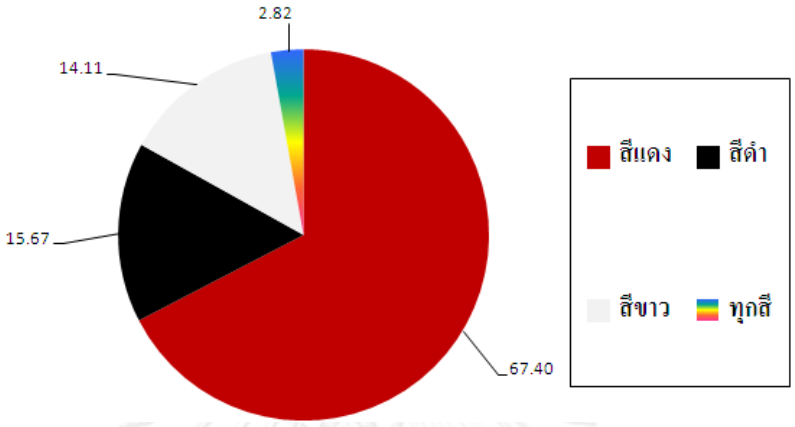
ตารางที่ 5.16 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำและร้อยละการประมาณการมองเห็นเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้าและกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า
(เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2556)

วันที่เก็บ	**ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ**				**ร้อยละความพึงรังเกียจของกลุ่มตัวอย่าง**		**ลักษณะของสีน้ำทิ้ง**
	ค่าสี (ADMI)	**ค่าความขุ่น (NTU)**	**ค่าบีโอดี (มก/ล.)**	**ค่าซีโอดี (มก/ล.)**	**ประชาชนในบริเวณโรงงานย้อมผ้า**	**ประชาชนทั่วไป**	
1	240.00	13.00	13	179	100.00	100.00	มีสีน้ำตาลขุ่น
2	220.00	8.00	14	168	100.00	96.61	มีสีแดงปนส้มขุ่น
3	250.00	14.00	52	130	98.43	98.70	มีสีแดงปนส้มอ่อน
4	169.00	17.00	27	103	95.3	85.58	มีสีเหลืองขุ่น
5	134.00	7.00	7	85	1.57	85.27	มีสีเหลืองใส
6	163.00	7.00	5	121	95.61	76.80	มีสีเหลืองขุ่น
7	182.00	6.00	5	127	95.92	88.40	มีสีเหลืองขุ่น
8	177.00	8.00	5	105	96.55	69.59	มีสีเหลืองขุ่น
9	194.00	10.00	24	122	96.57	70.85	มีสีเหลืองขุ่น

หมายเหตุ : ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมาจากศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต มาตรฐานคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 : 2005 (ภาคผนวก ค)

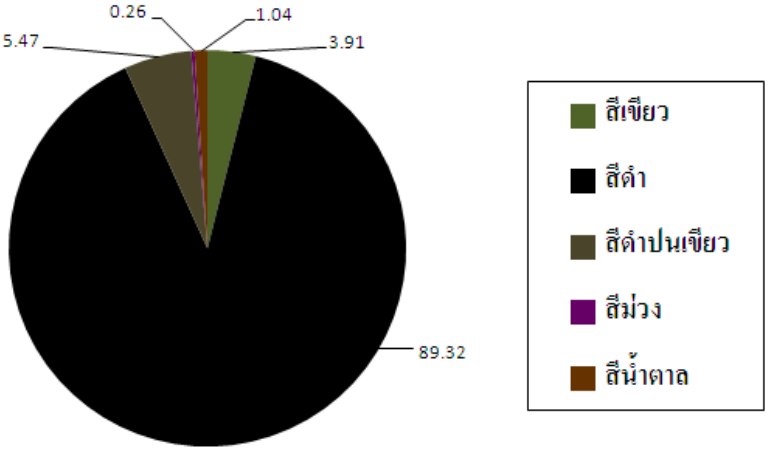
จากตารางที่ 5.16 พบว่า ในตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าจะมีค่าสีระหว่าง 134 – 250 ADMI ค่าความขุ่นระหว่าง 6 – 17 NTU ค่าบีโอดีระหว่าง 5 – 52 มก/ล. และค่าซีโอดีระหว่าง 85 - 179 มก/ล. และมีการประมาณการมองเห็นจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้าที่มีความพึงรังเกียจส่วนใหญ่ร้อยละ 95 ขึ้นไป ที่ค่าสีมากกว่า 163 ADMI ยกเว้นในวันที่ 5 มีค่าสี 134 ADMI ที่พบว่า การประมาณการมองเห็นจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนดังกล่าวมีความพึงรังเกียจต่อตัวอย่างสีน้ำทิ้งเพียงร้อยละ 1.57 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ที่ค่าสี 134 ADMI เป็นค่าสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

สำหรับการประมาณการมองเห็นจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป พบว่า มีการประมาณการมองเห็นตัวอย่างสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าว่ามีความพึงรังเกียจส่วนใหญ่ร้อยละ 76 ขึ้นไป โดยจะเริ่มมีความพึงรังเกียจสีน้ำทิ้งที่ค่าสีมากกว่า 134 ADMI ขึ้นไป ซึ่งจะมีความแตกต่างจากการประมาณการมองเห็นที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า



ภาพที่ 5.28 ลักษณะสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

นอกจากนี้ ได้ทำการสอบถามเพิ่มเติมถึงสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้ากลุ่มเดิมในตอนต้น ตามภาพที่ 5.28 พบว่า ร้อยละ 67.40 (215 คน) มีความพึงรังเกียจสีแดงมากที่สุด รองลงมาคือ สีดำ 15.67 (50 คน) สีขาว 14.11 (45 คน) และทุกสี 2.82 (9 คน)



ภาพที่ 5.29 ลักษณะสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป (สำหรับโรงงานย้อมผ้า)

สำหรับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปกลุ่มเดิมในตอนต้น ตามภาพที่ 5.29 พบว่า ร้อยละ 89.32 (343 คน) มีความพึงรังเกียจสีดำมากที่สุด รองลงมาคือ สีดำปนเขียว 5.47 (21 คน) สีเขียว 3.91 (15 คน) สีน้ำตาล 1.04 (4 คน) และสีม่วง 0.26 (1 คน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับกับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้ง

จากผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งทั้ง 2 วิธีนั้น สามารถนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้ง ดังต่อนี้

6.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมและจากโรงงานย้อมผ้า

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ทั้งของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมและจากโรงงานย้อมผ้า พบว่า ระบบสีมันเซลล์จะประกอบด้วยค่าฮิว ค่าน้ำหนักสี ค่าความอิ่มตัวของสี (วัฒนาพร เขื่อนสุวรรณ 2553) เมื่อค่าฮิวของสีมีค่าแตกต่างกันอาจจะไม่ส่งต่อความพึงรังเกียจ แต่เมื่อค่าน้ำหนักสีและค่าความอิ่มตัวของสีที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สีน้ำทิ้งไม่เป็นที่พึงรังเกียจได้ เช่น สีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจของน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมจะอยู่ที่การเจือจางอัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น 3:2 จะมีค่าสีมันเซลล์ 10Y9/2 ซึ่งจะมีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 9 เป็นค่าสูงสุดของค่าน้ำหนักของสี ในขณะที่ค่าความอิ่มตัวของสีจะอยู่ในตำแหน่งที่ 2 เป็นค่าความอิ่มตัวต่ำ ซึ่งอัตราส่วนการเจือจางจะมีการเจือจางได้แค่อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น 3:2 เท่านั้น เนื่องจากน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมมีสีเหลืองอ่อนและใส เมื่อมีการเจือจางน้ำกลั่นมากขึ้นจะทำให้ไม่สามารถเทียบกับค่าสีในระบบสีมันเซลล์ได้ และสำหรับสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจของน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า จะมีค่าสีมันเซลล์ที่มีการเจือจางอัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น 4:1 จะมีค่าสีมันเซลล์ 2.5Y9/2, 5YR9/2, 7.5Y9/4, 2.5GY9/4, 7.5Y9/2, 5Y9/2, 7.5Y9/4 และ7.5Y9/4 ซึ่งจะมีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 9 เป็นค่าสูงสุดของค่าน้ำหนักสีและมีค่าความอิ่มตัวของสีอยู่ในตำแหน่งที่ 2 ถึง 4 เป็นค่าความอิ่มตัวต่ำเช่นเดียวกับค่าน้ำหนักและค่าความอิ่มตัวที่พบจากตัวอย่างน้ำทิ้งของแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า สีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจจึงมีความสัมพันธ์กับค่าน้ำหนักสีและค่าความอิ่มตัวของสีในระบบสีมันเซลล์ ซึ่งระบบสีมันเซลล์สามารถใช้เป็นค่าสีที่บ่งบอกสีของน้ำทิ้งในลักษณะทางกายภาพหรือค่าสีปรากฏของน้ำทิ้งได้ (Robert J. Davies-Colley 1997)

6.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ คือ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี จากการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจของตัวอย่างน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม พบว่า สีน้ำทิ้งนั้นไม่เป็นที่พึงรังเกียจทั้งหมด

ตารางที่ 6.1 ผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการจากตัวอย่างน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

		Color	Turbidity	BOD	COD
Color	Pearson Correlation	1	0.61	0.61	0.44
	Sig. (2-tailed)		0.08	0.08	0.24
	N	9	9	9	9

ซึ่งเมื่อนำค่าสีมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางสถิติกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอื่นๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามตารางที่ 6.1 พบว่า

(1) ค่าสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับค่าความขุ่น r = 0.61 ซึ่งเป็นค่าบวก เข้าใกล้ 1 ไม่มาก แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยแต่มีทิศทางเดียวกัน ดังนั้น ค่าสีจะมีความสัมพันธ์กับค่าความขุ่นน้อย

(2) ค่าสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับค่าบีโอดี r = 0.61 ซึ่งเป็นค่าบวก เข้าใกล้ 1 ไม่มาก แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยแต่มีทิศทางเดียวกัน ดังนั้น ค่าสีจะมีความสัมพันธ์กับค่าบีโอดีน้อยเช่นกัน

(3) ค่าสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับค่าซีโอดี r = 0.44 ซึ่งเป็นค่าบวกแต่เข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยมากหรือเกือบไม่มีเลย ดังนั้น ค่าสีจะมีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดีน้อยมากหรือเกือบไม่มีเลย

สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม ค่าสีของตัวอย่างน้ำทิ้งดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับค่าความขุ่นและค่าบีโอดีเล็กน้อยเท่านั้นและไม่มีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดี ดังนั้น อาจสรุปได้ว่า ความพึงรังเกียจของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุมมีความสัมพันธ์กับค่าสี ซึ่งค่าสีจะมีความสัมพันธ์กับค่าความขุ่นและค่าบีโอดีเล็กน้อยด้วย ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ดัชนีคุณภาพน้ำค่าสี ค่าความขุ่นและค่าบีโอดี อาจจะส่งผลต่อความพึงรังเกียจของตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

Chulalongkorn University

6.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ คือ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี จากตัวอย่างน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า แสดงดังตารางที่ 6.2

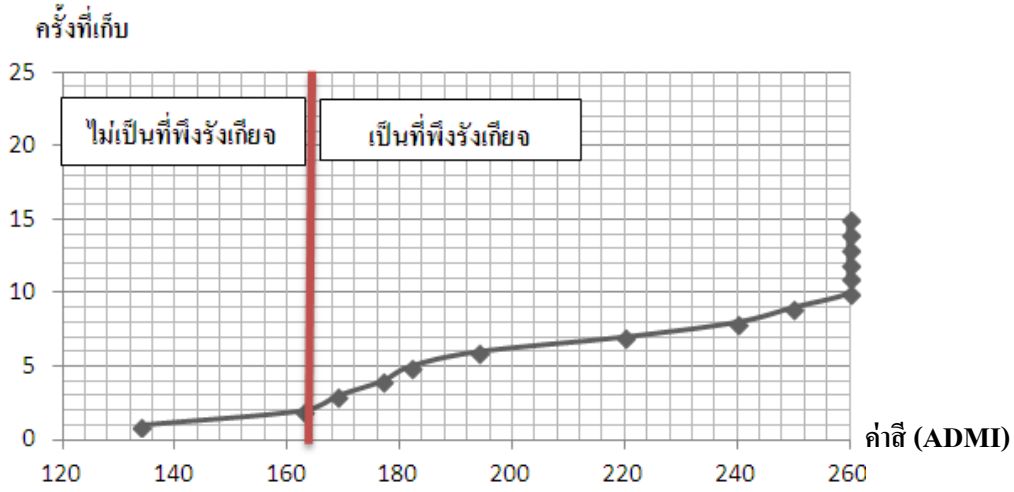
ตารางที่ 6.2 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำและการประมาณการมองเห็นเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งโดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า
(เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2556)

ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ				**ความพึงรังเกียจสีน้ำทิ้งของกลุ่มตัวอย่างประชาชนในบริเวณโรงงานย้อมผ้า**
ค่าสี (ADMI)	**ค่าความขุ่น (NTU)**	**ค่าบีโอดี (มก/ล.)**	**ค่าซีโอดี (มก/ล.)**	
240	13	13	179	เป็นที่พึงรังเกียจ
220	8	14	168	เป็นที่พึงรังเกียจ
250	14	52	130	เป็นที่พึงรังเกียจ
169	17	27	103	เป็นที่พึงรังเกียจ
134	7	7	85	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
163	7	5	121	เป็นที่พึงรังเกียจ
182	6	5	127	เป็นที่พึงรังเกียจ
177	8	5	105	เป็นที่พึงรังเกียจ
194	10	24	122	เป็นที่พึงรังเกียจ

หมายเหตุ : ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมาจากศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต มาตรฐานคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 : 2005

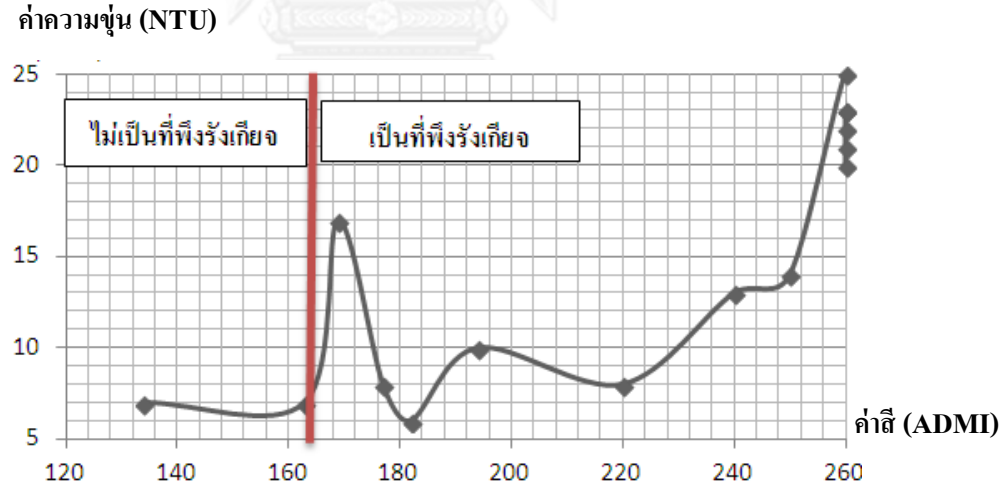
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 6.2 จากการประมาณการมองเห็นเพื่อบอกความพึงรังเกียจของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า พบว่า ตัวอย่างน้ำทิ้งที่มีค่าสี 134 ADMI จะเป็นค่าสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ และเมื่อค่าสีน้ำทิ้งมีค่าสีมากกว่า 163 ADMI ขึ้นไป จะเป็นสีน้ำทิ้งที่เป็นที่พึงรังเกียจ ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 4 ค่ากับการประมาณการมองเห็นเพื่อบอกความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง โดยกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า ดังภาพที่ 6.1 – 6.4

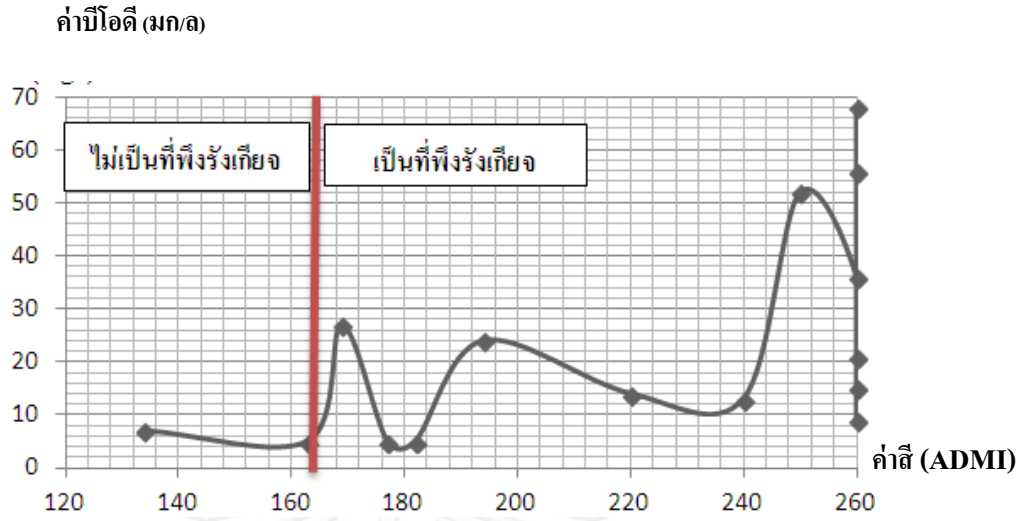


ภาพที่ 6.1 กราฟผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจกับค่าสี

จากภาพที่ 6.1 พบว่า เมื่อค่าสีเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้สีน้ำทิ้งมีความพึงรังเกียจ (เครื่องวิเคราะห์ค่าสีวิเคราะห์ได้ไม่เกิน 260 ADMI) ซึ่งความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งจะเริ่มที่ค่าสี 163 ADMI ขึ้นไป ดังนั้น ค่าสีจึงมีความสัมพันธ์กับความพึงรังเกียจ เมื่อมีค่าสีเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้สีน้ำทิ้งนั้นเป็นที่พึงรังเกียจ ดังนั้น ค่าสีอาจจะใช้เป็นตัวบ่งชี้ความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งได้

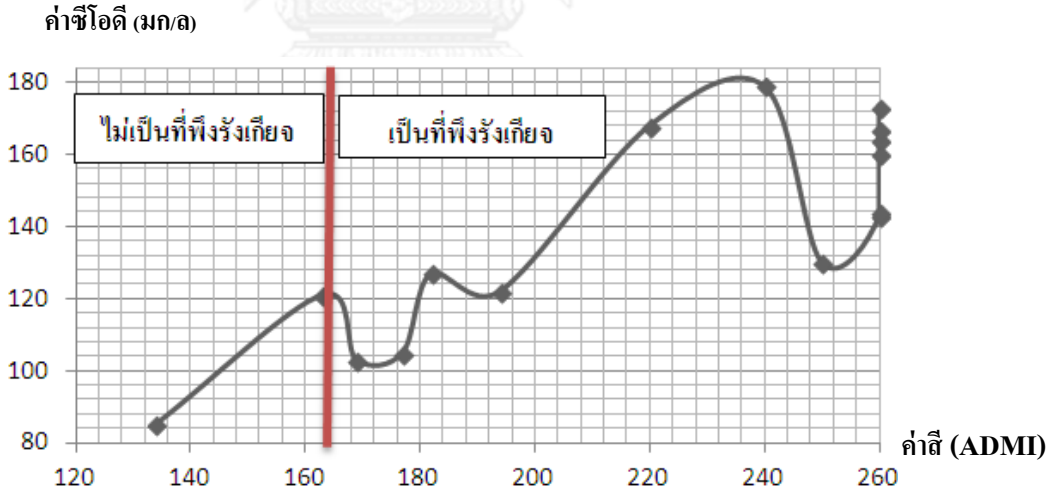


ภาพที่ 6.2 กราฟผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจกับค่าสีและค่าความขุ่น



ภาพที่ 6.3 กราฟผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจกับค่าสีและค่าบีโอดี

จากภาพที่ 6.2 – 6.3 เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าสีกับค่าความขุ่นและค่าบีโอดี พบว่า เมื่อมีค่าสีเพิ่มมากขึ้น ค่าความขุ่นและค่าบีโอดีในบางจุดของกราฟยังมีค่าเท่ากับในช่วงสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ไม่สามารถแยกช่วงความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งจากค่าความขุ่นและค่าบีโอดีได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 6.4 กราฟผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจกับค่าสีและค่าซีโอดี

จากภาพที่ 6.4 เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าสีกับซีโอดี พบว่า เมื่อค่าสีเพิ่มมากขึ้นจะมีค่าซีโอดีเพิ่มขึ้นในบางจุด ซึ่งส่งผลให้สีน้ำทิ้งเป็นที่พึงรังเกียจด้วยเช่นกัน ซึ่งในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการกำจัดสีในน้ำทิ้ง (M.F. Sevimli and C Kinaci 2002, Georgiou 2003) จะพบว่า เมื่อมีค่าสีที่ลดลงจากการกำจัดสีของน้ำทิ้งจะทำให้ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งลดลงตามด้วย ซึ่งผลจากงานวิจัยและจาก

การศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าค่าสีมีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดีเช่นกัน ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าค่าซีโอดีจะมีผลต่อความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งควบคู่กับค่าสีของน้ำทิ้งด้วย

ตารางที่ 6.3 ผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการจากตัวอย่างน้ำทิ้งของโรงงานย้อมผ้า

		Color	Turbidity	BOD	COD
Color	Pearson Correlation	1	0.42	0.59	0.80
	Sig. (2-tailed)		0.26	0.10	0.10
	N	9	9	9	9

เมื่อนำค่าสีมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางสถิติกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอื่นๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามตารางที่ 6.3 พบว่า

(1) ค่าสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับค่าความขุ่น r = 0.42 ซึ่งเป็นค่าบวกแต่เข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยมากหรือเกือบไม่มีเลย ดังนั้น ค่าสีจะมีความสัมพันธ์กับค่าความขุ่นน้อยมากหรือเกือบไม่มีเลย

(2) ค่าสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับค่าบีโอดี r = 0.59 ซึ่งเป็นค่าบวก เข้าใกล้ 1 ไม่มาก แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อย ดังนั้น ค่าสีจะมีความสัมพันธ์กับค่าบีโอดีน้อย

(3) ค่าสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับค่าซีโอดี r = 0.80 ซึ่งเป็นค่าบวก เข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันสูงและมีทิศทางเดียวกัน ดังนั้น ค่าสีจะมีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดีสูง

สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า ค่าสีของตัวอย่างน้ำทิ้งจะมีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดีสูงเท่านั้น มีความสัมพันธ์กับค่าบีโอดีน้อยและไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความขุ่น ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าค่าสีมีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดี และอาจสามารถใช้ในการบ่งบอกระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งได้ เพราะเมื่อทั้ง 2 ค่า มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้สีน้ำทิ้งมีความพึงรังเกียจ ซึ่งการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำทิ้งทางห้องปฏิบัติการ เป็นการวิเคราะห์ค่าสีจริงและค่าซีโอดีเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในน้ำทิ้ง ซึ่งสีย้อมผ้าจะเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ (ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข 2555) ดังนั้น ค่าซีโอดีที่วิเคราะห์ได้จึงมาจากค่าสีจริงที่เป็นสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง เมื่อมีค่าสีเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้มีค่าซีโอดีเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และเมื่อมีค่าสีมากขึ้นจะส่งผลให้น้ำทิ้งมีความพึงรังเกียจ เพราะฉะนั้นทั้งค่าสีและค่าซีโอดี จึงสามารถใช้บ่งชี้ในการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งที่บ่งชี้ความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งได้

6.4 ผลการสร้างความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการในรูปสมการถดถอยแบบเส้นตรง สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า

จากผลการสร้างความสัมพันธ์ของการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจกับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งกับดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆ ทางห้องปฏิบัติการสำหรับโรงงานย้อมผ้า จะพบว่า ความพึงรังเกียจจะมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าสี เมื่อนำค่าสีมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางสถิติกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอื่นๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ค่าสีจะมีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดี (r = 0.80) มากกว่าค่าความขุ่น (r= 0.42) และค่าบีโอดี (r= 0.59) ดังนั้น ในการคัดเลือกดัชนีคุณภาพน้ำเพื่อนำมาใช้ในการสร้างสมการถดถอยแบบเส้นตรงเพื่อพยากรณ์ค่าสีน้ำทิ้งในการบ่งชี้ความพึงรังเกียจ จึงมีแค่เพียงค่าสีกับค่าซีโอดีเท่านั้น เพราะทั้ง 2 ค่ามีความสัมพันธ์กันทางสถิติมากที่สุด จึงได้นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตามภาพที่ 6.5

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.797[a]	.636	.584	24.47201

a. Predictors: (Constant), COD

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7322.735	1	7322.735	12.227	.010[a]
	Residual	4192.154	7	598.879		
	Total	11514.889	8			

a. Predictors: (Constant), COD

b. Dependent Variable: Color

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	65.056	37.239		1.747	.124
	COD	1.003	.287	.797	3.497	.010

a. Dependent Variable: Color

ภาพที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าสี

จากผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าสี จะสามารถสร้างสมการได้ดังต่อไปนี้

$$C = 65.10 + COD \qquad \text{สมการที่ 6.1}$$

โดยที่ ค่า C หมายถึง ค่าสี (Color) ที่วิเคราะห์ได้ทางห้องปฏิบัติการ มีหน่วยเป็น ADMI

ค่า COD หมายถึง ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD) ที่วิเคราะห์ได้ทางห้องปฏิบัติการ มีหน่วยเป็น มก/ล.

ซึ่งจะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ คือ R^2 = 0.64 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น สีน้ำทิ้งที่มีความพึงรังเกียจในการศึกษาครั้งนี้ จะมีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำค่าสีและค่าซีโอดี ซึ่งสามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ค่าสีเพื่อบ่งชี้ความพึงรังเกียจได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 7
อภิปรายและสรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะและข้อจำกัด

7.1 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การศึกษาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรม สามารถอภิปรายและสรุปผล ได้ดังต่อไปนี้

(1) สรุปผลการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรม ดังนี้

(1.1) ในการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในการศึกษาครั้งนี้ มีการออกแบบกระบวนการโดยการใช้การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งควบคู่กับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐาน เพื่อสนับสนุนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในปัจจุบันให้มีกระบวนการที่ชัดเจนและสามารถบ่งชี้ความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งได้ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่ออกแบบนั้น จะมีความสอดคล้องกับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งมาตรฐานของ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง American Public Health Association, American Water Work Association และWater Environment Federation ของสหรัฐอเมริกา (พิมพ์ครั้งที่ 21 ปี 2012) หรือที่เรียกว่า AWWA, 2012 และ ISO7887:2011 โดยแสดงการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่ใช้ในการออกแบบกระบวนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในการศึกษาครั้งนี้ ตามตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่ใช้ในการออกแบบกระบวนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม

วิธีวิเคราะห์สีน้ำทิ้งในการศึกษาครั้งนี้	**วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐาน**			
	AWWA, 2012		**ISO7887:2011**	
	2120A	**2120F**	**Method A**	**Method B**
1.ทำการเทียบตัวอย่างสีน้ำทิ้งกับแถบสีของระบบสีมันเซลล์ แล้วแสดงค่าสีของน้ำทิ้งในรูปแบบค่าสีมันเซลล์	/	—	/	—
2. ทำการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งทางห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method	—	/	—	/

ซึ่งจากกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่ได้ออกแบบไว้ สามารถนำกระบวนการดังกล่าวไปพัฒนาให้เหมาะสมกับประเภทอุตสาหกรรมอื่นๆ เพื่อสามารถใช้เป็นกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งต่อไป

(1.2) การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจ สามารถบ่งชี้สีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจได้ โดยความพึงรังเกียจดังกล่าวจะมาจากการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำทิ้งนั้นเป็นผู้ประเมิน เพราะจะได้สามารถบ่งชี้สีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจได้ชัดเจนมากกว่ากลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไป ที่ไม่ได้อาศัยอยู่บริเวณดังกล่าวและมีความเคยชินหรือทัศนะคติในสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกัน

(2) สรุปผลจากการดำเนินการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งสำหรับภาคอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า

(2.1) ผลจากการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับแถบสีน้ำทิ้งด้วยระบบสีมันเซลล์ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า พบว่า เมื่อมีการกำหนดเกณฑ์การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้าและจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปร้อยละ 70 ขึ้นไป จะมีการยอมรับสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจในแถบสีน้ำทิ้ง ที่มีอัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่นเจือจาง 1:4 ซึ่งจะมีค่าสีมันเซลล์ที่มีค่าฮิวเป็นสีเหลืองและมีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่ 9 ($V = 9$) กับมีค่าความอิ่มตัวของสีในตำแหน่งที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 ($C \leq 4$) ดังนั้น สีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจจึงมีความสัมพันธ์กับค่าน้ำหนักและค่าความอิ่มตัวของสีในระบบสีมันเซลล์

(2.2) ผลจากการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า พบว่า เมื่อมีการกำหนดเกณฑ์การประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้าและจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนทั่วไปร้อยละ 70 ขึ้นไป จะมีความพึงรังเกียจสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า โดยสีน้ำทิ้งดังกล่าวจะมีค่าสีมันเซลล์ที่มีค่าฮิวเป็นสีเหลือง (Y) มีค่าน้ำหนักของสีในตำแหน่งที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 7 ขึ้นไป ($V \leq 7$ ขึ้นไป) และมีค่าความอิ่มตัวของสีในตำแหน่งที่มากกว่าหรือเท่ากับ 6 ขึ้นไป ($C \geq 6$ ขึ้นไป) ซึ่งความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าจะมีความสัมพันธ์กับค่าสี (Color) และค่าซีโอดี (COD) ที่เป็นผลการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ที่สามารถหาความสัมพันธ์ได้ทางสถิติ ($r = 0.80$) ดังนั้น สีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำ คือ ค่าสีและค่าซีโอดี

(2.3) จากความสัมพันธ์ของสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการสำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้า พบว่า ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าความขุ่นและค่าบีโอดีไม่สามารถบ่งชี้ความพึงรังเกียจของตัวอย่างน้ำทิ้งได้อย่างชัดเจน

(2.4) จากความสัมพันธ์ของสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำคือ ค่าสีและค่าซีโอดี สามารถนำมาสร้างความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการถดถอยเส้นตรงโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) เพื่อใช้ในการพยากรณ์สีน้ำทิ้งสำหรับกรณีศึกษาโรงงานย้อมผ้าจะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ คือ R^2 = 0.64 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนี้ C = 65.10 + COD

(3) ผลจากการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งด้วยการเปรียบเทียบสีน้ำทิ้งกับระบบสีมันเซลล์จะเหมาะสำหรับลักษณะปรากฏของสีน้ำทิ้งและสามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการหาสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจได้ แต่ควรคำนึงถึงการมองเห็นสีของผู้ประเมินด้วยและในวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งควรจะมีการใช้วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งกับดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆ ทางห้องปฏิบัติการควบคู่กันเพื่อใช้ในการบ่งชี้ความพึงรังเกียจในเชิงปริมาณได้

(4) ความแตกต่างของแหล่งที่อยู่อาศัยส่งผลต่อการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจจากกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่อยู่อาศัยบริเวณแหล่งน้ำทิ้งโรงงานกับประชาชนทั่วไปจะมีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากความเคยชินของสีน้ำทิ้งในชีวิตประจำวันและทัศนะคติความชอบที่แตกต่างกัน ดังนั้น สีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจในแต่ละแหล่งน้ำทิ้งจึงมีความแตกต่างกัน

ทั้งนี้ สมการพยากรณ์สีน้ำทิ้งและการยอมรับค่าสีมันเซลล์ที่ได้นี้จะเหมาะสมสำหรับกรณีศึกษาโรงงานย้อมผ้านี้เท่านั้น ซึ่งสามารถนำวิธีการสร้างสมการพยากรณ์สีน้ำทิ้งดังกล่าว ไปขยายผลกับแหล่งอุตสาหกรรมอื่นๆ และอาจจะมีการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีคุณภาพน้ำจากห้องปฏิบัติการค่าอื่นๆกับความพึงรังเกียจเพิ่มเติม เพื่อความแม่นยำในการพยากรณ์และความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งเป็นการประเมินทางทัศนะคติ ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันตามแหล่งที่อยู่อาศัยและสภาพแวดล้อม ซึ่งอาจจะส่งผลให้ได้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำจากห้องปฏิบัติการที่มีความสัมพันธ์กับความพึงรังเกียจและการยอมรับสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจแตกต่างกันไปตามแหล่งน้ำนั้น

7.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะในการนำงานวิจัยไปใช้เป็นต้นแบบเพื่อขยายผลไปสู่การกำหนดเกณฑ์หรือมาตรฐานของลักษณะสีน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

(1) ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป ควรเพิ่มความละเอียดของอัตราส่วนของน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่นที่อยู่ระหว่าง 4:1 กับ 3:2 และ 2:3 กับ 1:4 เช่น อัตราส่วน 3:7 หรือทำการเพิ่มจำนวนตัวอย่างของประชาชนที่ทำการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งในช่วงค่าดังกล่าว เพื่อสามารถไล่ระดับหาการยอมรับสสีน้ำทิ้งได้ละเอียดขึ้น ซึ่งจะนำไปเป็นเกณฑ์ในการกำหนดลักษณะของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจได้อย่างชัดเจน

(2) ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ค่าสีมีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดี ซึ่งในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการกำจัดสีในน้ำทิ้ง (M.F. Sevimli and C Kinaci 2002, Georgiou 2003) ได้แสดงความสัมพันธ์ของค่า

สีและค่าซีโอดีที่สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ แต่ไม่พบความสัมพันธ์ของค่าสีและค่าบีโอดีอย่างชัดเจน ดังนั้นในการขยายผลต่อไป ควรทำการศึกษาถึงเหตุผลหรือปัจจัยที่ทำให้ไม่พบความชัดเจนดังกล่าว

(3) ในการดำเนินการตามกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่ออกแบบในการศึกษาครั้งนี้ จะมีการประมาณค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งที่ได้รับการร้องเรียนต่อ 1 แห่ง เป็นจำนวนเงิน 7,600 บาท ตามตารางที่ 7.2 ซึ่งได้รวมระยะเวลาในการสำรวจและดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งรวมทั้งการเก็บผลการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจจากแหล่งน้ำทิ้งที่ได้รับการร้องเรียนเป็นเวลา 5 วัน และรอผลจากการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งจะต้องใช้เวลาทั้งหมดในการสรุปผลการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งเมื่อได้รับข้อร้องเรียนเป็นเวลา 3 สัปดาห์

ตารางที่ 7.2 การประมาณค่าใช้จ่ายในการสำรวจ ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติเมื่อได้รับข้อร้องเรียน

รายการ	จำนวน	ราคา (บาท)	รวม (บาท)
ค่าวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ 1 ชุดการวิเคราะห์ (ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี)	11 ชุดการวิเคราะห์ (ชุดละ 600 บาท)	11 x 600	6,600
ค่าการดำเนินดำเนินกระบวนการในการประเมิน (ค่าเดินทางและค่าอื่นๆ)	เดินทาง 5 วัน (วันละ 1,000 บาท)	5 x 1,000	5,000
รวมทั้งหมด			**7,600**

(4) ในการออกแบบการทดสอบสมมติฐานในการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่อาจส่งผลต่อค่าสีกับดัชนีคุณภาพน้ำค่าอื่นๆ สำหรับการศึกษานี้ ต้องการศึกษาเพียงเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเท่านั้นและมีข้อจำกัดในการทำซ้ำ จึงใช้การทดสอบความแปรปรวนด้วย One way anova ซึ่งในการศึกษาครั้งต่อไป อาจจะมีการเก็บตัวอย่างในการทำซ้ำมากขึ้นและมีการศึกษาในเรื่องของวันหรือค่าอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำได้ ซึ่งอาจจะมีการทดสอบความแปรปรวนในรูปแบบ เช่น Two way anova

7.3 ข้อจำกัด

(1) โรงงานและแหล่งชุมชนที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำสาธารณะที่เป็นจุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานหลายแห่ง ไม่ให้ความร่วมมือในการสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสีน้ำทิ้งของโรงงาน จึงทำให้ต้องใช้เวลานานในการค้นหาโรงงานและแหล่งชุมชนที่ให้ความร่วมมือในการสอบถามความคิดเห็น

(2) การส่งแบบสอบถามตอบกลับของผู้เชี่ยวชาญใช้เวลาในการส่งกลับเกินเวลาที่กำหนด ทำให้มีความล่าช้าในการประมวลผลและการสร้างแบบสอบถามในรอบต่อไป

(3) การศึกษาครั้งนี้ มีข้อจำกัดในด้านปริมาณน้ำทิ้งและการทำซ้ำ ดังนั้นหากหน่วยงานราชการหรือผู้ที่สนใจจะนำไปพัฒนาต่อควรมีการทำซ้ำและพิจารณาถึงประเภทของอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่มีการปล่อยน้ำทิ้งด้วย

(4) สำหรับสมการพยากรณ์ค่าสีน้ำทิ้งที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ซึ่งเป็นการพยากรณ์ค่าสีน้ำทิ้งเบื้องต้นที่แสดงหน่วย ADMI สำหรับแหล่งน้ำทิ้งกรณีศึกษานี้เท่านั้น ในการขยายผลต่อไป อาจจะมีการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมในรูปแบบของสมการที่ใช้พยากรณ์ค่าสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำทิ้งของอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

American Public Health Association (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Color. Washington DC APHA.

David G. Smith. et al. (1995). "Human perception of water appearance." New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research **29**: 29 – 43.

Georgiou, e. a. (2003). "Treatment of cotton textile wastewater using lime and ferrous sulfate." Water Research **37**(9): 2248-2250.

International Standards Organization (2011). Water quality-Examination and determination of colour Color. Switzerland, ISO 7887:2011.

J. C. Coss and N. L. Nemerow (1958). "Color measurement with the stream colorimeter." Sewage and Industrial Wastes **30**: 804-811.

J.H. Wakeley (1959). "Quantification of the term “Objectionable” as applied to colorants in natural wastewater." Journal of Applied Psychology **43**: 137-140.

Kao C. M. et al. (2001). "Regulating colored textile wastewater by 3/31 wavelength admi methods in Taiwan." Chemosphere **44**(5): 1055-1063.

M. M. Islam, e. a. (2011). "Textile Dyeing Industries in Bangladesh for Sustainable Development." International Journal of Environmental Science and Development **2**(6): 428-436.

M.F. Sevimli and C Kinaci (2002). "Decolorization of textile wastewater by ozonation and Fenton's process." Water Science & Technology **45**(12): 279 – 286.

Robert J. Davies-Colley, e. a. (1997). "Matching Natural Water Colors To Munsell Standards." Journal Of The American Water Resources Association **33**: 1351 – 1361.

Robert J. Davies-Colley and Murray E. Close (1990). "Water colour and clarity of New Zealand rivers under baseflow conditions." New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research **24**: 357 – 365.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Sultana, e. a. (2009). "Impact of the Effluents of Textile Dyeing Industries on the Surface Water Quality inside D.N.D Embankment, Narayanganj." Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research **44**(1): 65-80.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2555). "มลพิษทางน้ำ." Retrieved 16 มีนาคม 2555, from http://www2.diw.go.th/PIC/download/info/water.pdf

ธานินทร์ ศิลป์จารุ (2552). การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. กรุงเทพมหานคร, บิส ซิเนสอาร์แอนด์ดี.

ธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์ (2550). "แผ่นทดสอบตาบอดสี Ishihara ". Retrieved 21 ตุลาคม 2555, from http://biology.ipst.ac.th/index.php/2009-12-21-05-12-28/196--ihsihara.html?fontstyle=f-larger.

บ้านเมืองออนไลน์ (2555). "กรอ.ผุดมาตรฐานสีน้ำทิ้งโรงงาน." Retrieved 18 พฤศจิกายน 2556, from http://www.banmuang.co.th/2012/10/%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%AD-%E0%B8%9C%E0%B8%B8%E0%B8%94%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%90%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%97%E0%B8%B4%E0%B9%89%E0%B8%87/.

บุญธิดา เปล่งแสง (2551). มาตรการทางกฎหมายในการควบคุมมลพิษทางน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม. คณะนิติศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต: 12-14.

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยาและคณะ (2551). การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์ท้อป.

ปรียา อนุพงษ์องอาจ (2554). "สีของวัตถุ ". Retrieved 30 พฤศจิกายน 2556, from http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/62/light1/ligh_25.htm.

พระราชบัญญัติโรงงาน (2535). กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539), ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ **113** ตอนที่ **52**ง (ลงวันที่ **27** มิถุนายน **2539)**.

พระราชบัญญัติโรงงาน (2535). กำหนดมาตรฐานและวิธีการตรวจสอบกลิ่นในอากาศจากโรงงาน. กฎกระทรวง พ.ศ. 2548, ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ **122** ตอนที่ **44** ก (ลงวันที่ **3** มิถุนายน **2548)**

Chulalongkorn University

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2535). กำหนดมาตรฐานควบคุมระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539), ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ **113** ตอนที่ **13 (**ลงวันที่ **13** กุมภาพันธ์ **2539)**.

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2535). กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดิน. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ **111** ตอนที่ **16**ง (**24** กุมภาพันธ์ **2537)**.

ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข (2555). "สี กลิ่นและรส." Retrieved 16 มีนาคม 2555, from http://www2.diw.go.th/research/%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%9C%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%88/6-ColorOdorTaste-w.pdf.

ภัทรสินี ภัทรโกศล (2550). สถิติเพื่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนต์ชัย เทียนทอง (2552). "การวิจัยด้วยเทคนิคเดลฟาย." Retrieved 25 เมษายน 2555, from http://home.dsd.go.th/kamphaengphet/km/information/RESECARCH/.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2543). คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพมหานคร, บริษัท แซน.อี68แสง จำกัด.

วนิดา ชูอักษร (2554). "การพัฒนาดัชนีคุณภาพน้ำเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำ." วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม **7**(2): 64-73.

วัฒนาพร เขื่อนสุวรรณ (2553). "ทฤษฎีสีของมันเซลล์." Retrieved 30 พฤศจิกายน 2556, from http://dusithost.dusit.ac.th/~chawalin_nia/site1/comgraphic/42theory.pdf.

สยาม อรุณศรีมรกตและชุมพร ยุวรี (2553). "ผลกระทบของโรงงานอุตสาหกรรมต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำป่าสัก จังหวัดสระบุรี." วารสารร่มพฤกษ์ **28**(2): 168.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ (2547). คู่มือการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างง่าย. กรุงเทพมหานคร.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ (2553). วิธีปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งกำเนิดมลพิษ. กรุงเทพมหานคร.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ (2553). วิธีปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำ. กรุงเทพมหานคร.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ (2554). รายงานประจำปี สำนักจัดการคุณภาพน้ำ พ.ศ. 2549. กรุงเทพมหานคร.

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม (2556). คู่มือมาตรฐานอนามัยสิ่งแวดล้อม ด้านอากาศ น้ำ ดิน เสียง ความสั่นสะเทือน ความร้อนและความเข้มแสงสว่าง. กรุงเทพมหานคร.

สุวิมล ว่องวาณิช (2550). การวิจัยประเมินความต้องการจำเป็น. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก แบบพิจารณาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบพิจารณาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ

การพิจารณาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง “การออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม” งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบกระบวนการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม โดยจะมีการใช้เทคนิคเดลฟายในการตรวจสอบการออกแบบกระบวนการดังกล่าว ซึ่งจะมีการแบ่งคำถามเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม

ส่วนที่ 2 เป็นวิธีการที่ใช้ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม

ส่วนที่ 3 เป็นระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง

โดยจะมีการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ ขอความกรุณาจากท่านผู้เชี่ยวชาญได้โปรดตอบคำถามจากความคิดเห็นของท่าน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล หรือให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในคำถามดังกล่าว

ทั้งนี้โปรดส่งกลับให้ผู้วิจัยภายใน 2 สัปดาห์ หากมีข้อสงสัยประการใด กรุณาติดต่อผู้วิจัย (นางสาวทิวาวรรณ คงคาศรี) โทร. 089-8893319

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

นางสาวทิวาวรรณ คงคาศรี

ผู้วิจัย

<u>คำนิยามของคำศัพท์ที่ใช้ในแบบพิจารณา</u> ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ดังนี้

<u>1. น้ำทิ้ง</u> หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงานรวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรม

<u>2. ดัชนีคุณภาพ</u> ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้ง มีกำหนดไว้ 17 ดัชนี คือ

1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)	2. ทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	4. โลหะหนักต่างๆ 11 ชนิด	
5. ซัลไฟด์ (Sulphide)	6. ไซยาไนด์	7. ฟอร์มัลดีไฮด์
8.สารประกอบฟีนอล	9. คลอรีนอิสระ	10. เพสติไซด์ (Pesticide)
11. อุณหภูมิ	12. สี (Color)	13. กลิ่น
14. น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease)	15. ค่า บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)	

16. ค่าทีเคเอ็น(TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)

17. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)

นอกจากนี้ ในบางกรณียังมีการหาค่าดัชนีคุณภาพความขุ่น (Turbidity) เพิ่มเติมด้วย

<u>แบบพิจารณาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 1</u>

<u>1. ปัจจัยที่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม</u>

1.1. ท่านคิดว่า อุตสาหกรรมประเภทใด ที่มีการปล่อยสีน้ำทิ้งที่ส่งผลกระทบต่อสีของแหล่งน้ำสาธารณะน้อยที่สุดและมากที่สุด เพราะอะไร (เขียน X ในคำตอบ สามารถตอบได้มากกว่า 1 แหล่ง)

น้อยที่สุด	**มากที่สุด**
☐ อุตสาหกรรมอิเลกทรอนิกส์ เพราะ	☐ อุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม เพราะ ....
☐ อุตสาหกรรมยานยนต์ เพราะ	☐ อุตสาหกรรมเครื่องหนังและฟอกหนัง เพราะ ....
☐ อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า เพราะ	☐ อุตสาหกรรมผลิตสีอื่นๆ เช่น สีทาบ้าน ยกเว้นสีผง เพราะ ....
☐ อุตสาหกรรมอื่นๆ เพราะ	☐ อุตสาหกรรมอื่นๆ เพราะ ....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 ท่านคิดว่า สีน้ำทิ้งจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำที่ใช้ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง พารามิเตอร์ใดบ้าง เพราะอะไร (เขียน X ในคำตอบ สามารถตอบได้มากกว่า 1ค่าดัชนีคุณภาพ)

☐ ค่าบีโอดี (ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, BOD)

เพราะ

.....

.....

☐ ค่าซีโอดี (ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำด้วยสารเคมี , COD)

เพราะ

.....

.....

☐ ค่าความขุ่น (Turbidity)

เพราะ

.....

.....

☐ ค่าสี (Color)

เพราะ

.....

.....

☐ ค่าอื่นๆ

เพราะ

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3. ท่านคิดว่า ฤดูกาล เช่น ฤดูร้อน ฤดูฝน หรือน้ำท่วม การขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาติและตะกอนใต้น้ำ จะส่งผลต่อสีน้ำทิ้งหรือไม่ เพราะอะไร

ฤดูกาล ☐ มีผล ☐ ไม่มีผล ☐ ไม่แน่ใจ

เพราะ

.....

.....

ฤดูร้อน ☐ มีผล ☐ ไม่มีผล ☐ ไม่แน่ใจ

เพราะ

.....

.....

ฤดูฝน ☐ มีผล ☐ ไม่มีผล ☐ ไม่แน่ใจ

เพราะ

.....

.....

ฤดูหนาว ☐ มีผล ☐ ไม่มีผล ☐ ไม่แน่ใจ

เพราะ

.....

.....

น้ำท่วม ☐ มีผล ☐ ไม่มีผล ☐ ไม่แน่ใจ

เพราะ

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาติ ☐ มีผล ☐ ไม่มีผล ☐ ไม่แน่ใจ

เพราะ

.....

.....

ตะกอนใต้น้ำ ☐ มีผล ☐ ไม่มีผล ☐ ไม่แน่ใจ

เพราะ

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

2. วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานในภาคอุตสาหกรรม

2.1. ท่านคิดว่า ในปัจจุบันมีวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งใดที่เหมาะสมในการประเมินสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมบ้าง เพราะอะไร (เขียน X ในคำตอบ สามารถตอบได้มากกว่า 1 วิธี)

☐ วิธีการเปรียบเทียบกับสารละลายพลาตินัม - โคบอลต์

เพราะ

.....

.....

☐ วิธีการสเปคโตรโฟโตเมตริก

เพราะ

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

☐ วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method

เพราะ

.....

.....

☐ วิธีการเปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐาน

เพราะ

.....

.....

☐ วิธีการอื่นๆ ที่เสนอแนะ

เพราะ

.....

.....

2.2 ท่านคิดว่า ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม ควรวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งจากค่าสีจริงหรือสีปรากฏ โดยที่

- สีจริง (True color) คือ สีของน้ำที่วัดได้หรือมองเห็นหลังจากที่แยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไปแล้ว
- สีปรากฏ (Apparent color) คือ สีของน้ำที่วัดได้หรือมองเห็นจริงๆ ในตัวอย่างน้ำโดยไม่มีการแยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไป โปรดอธิบายเหตุผลประกอบ

ควรวิเคราะห์จาก ☐ สีจริง ☐ สีปรากฏ ☐ ดูจากทั้ง 2 ค่า ☐ ค่าอื่นๆ

เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

2.3 ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องในเรื่องการกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 นั้น มีการกำหนดว่าสีน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาต้อง “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” จากข้อกำหนดนี้ ท่านคิดว่าจะมีวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งใดที่สามารถใช้ในการบ่งบอกสีน้ำทิ้งว่า “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” ได้ เพราะอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.4 ท่านคิดว่า วิธีการประมาณการมองเห็นสีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะกับจากตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ (Flask) ที่เก็บมาจากแหล่งน้ำเดียวกันและเวลาเดียวกันจะมีสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกันหรือไม่ เพราะอะไร

สีน้ำทิ้งจาก 2 แหล่ง ☐ แตกต่าง ☐ ไม่แตกต่าง ☐ อาจแตกต่างหรือไม่แตกต่างก็ได้

เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 จากข้อ 2.4 ท่านคิดว่า วิธีการดังกล่าวจะส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกับการประเมินจากแหล่งน้ำสาธารณะจริงหรือไม่ เพราะอะไร

ระดับความพึงรังเกียจสีน้ำทิ้ง ☐ แตกต่าง ☐ ไม่แตกต่าง ☐ อาจแตกต่างหรือไม่แตกต่างก็ได้

เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

2.6 ท่านคิดว่า วิธีการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง นอกจากจะประเมินจากสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำจริงแล้ว เราสามารถประเมินจากแถบสีมาตรฐานที่เทียบกับตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ (Flask) ที่เก็บมาจากแหล่งน้ำและเวลาเดียวกันได้หรือไม่ เพราะอะไร

วิธีเทียบแถบสี ☐ ได้ ☐ ไม่ได้ ☐ ไม่แน่ใจ

เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.7 จากข้อ 2.6 ท่านคิดว่า จะมีวิธีการอื่นๆ อีกหรือไม่ ที่จะใช้ในการประเมินระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจ ได้เหมือนกับการประเมินจากแหล่งน้ำจริง เพราะอะไร

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. รูปแบบของการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจ

3.1 ท่านคิดว่าสีน้ำทิ้งสีใด ที่เป็นสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจและสีที่พึงรังเกียจนั้นควรอยู่ในระดับความเข้มสีใด (สามารถตอบได้มากกว่า 1 สี (เขียน X ลงช่องเพื่อบอกว่ามีความพึงรังเกียจหรือไม่และวงกลมช่องสีที่มีความพึงรังเกียจ)

	เข้ม 5	4	3	2	1 **อ่อน**
สีดำ					
☐ มี ☐ ไม่มี					
สีขาวขุ่น					
☐ มี ☐ ไม่มี					
สีดำอมเขียว					
☐ มี ☐ ไม่มี					
สีน้ำตาล					
☐ มี ☐ ไม่มี					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และมีสีน้ำทิ้งสีอื่นอีกหรือไม่ที่เป็นสีที่พึงรังเกียจ เพราะอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.2. จากข้อ 3.1 ท่านคิดว่าจะมีการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจกี่ระดับ ในรูปแบบใด เพราะอะไร (เขียน X ลงช่อง)

☐ รูปแบบระดับสีที่พึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมี 5 ระดับ ตามข้อ 3.1

.....

.....

.....

.....

☐ รูปแบบอื่นๆ โปรดเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

3.3 ท่านคิดว่า ระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งนั้นจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำที่ใช้ในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้ง ค่าใดบ้าง เพราะอะไร (เขียน X ในคำตอบ สามารถตอบได้มากกว่า 1ค่าดัชนีคุณภาพ)

☐ ค่าบีโอดี (ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, BOD)

เพราะ

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

☐ ค่าซีโอดี (ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำด้วยสารเคมี, COD)

เพราะ

.....

.....

☐ ค่าความขุ่น (Turbidity)

เพราะ

.....

.....

☐ ค่าสี (Color)

เพราะ

.....

.....

☐ ค่าอื่นๆ

เพราะ

.....

.....

3.4. ท่านคิดว่า คนที่อยู่ต่างสภาพแวดล้อมกันจะมีผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกันหรือไม่ เพราะอะไร

☐ แตกต่าง ☐ ไม่แตกต่าง ☐ ไม่แน่ใจ

เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

******************************ขอบคุณค่ะ********************************

<u>แบบพิจารณาการออกแบบกระบวนการการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม รอบที่ 2</u>

ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น	
		เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
1.	**<u>ปัจจัยที่ส่งผลต่อสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรม</u>**		
1.1	ท่านเห็นด้วยกับการเรียงลำดับอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยสีน้ำทิ้งที่ส่งผลกระทบต่อสีของแหล่งน้ำสาธารณะจากมากไปน้อย ดังต่อไปนี้ 1) อุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม 2) อุตสาหกรรมเครื่องหนังและฟอกหนัง 3) อุตสาหกรรมที่มีการผลิตสีอื่นๆ เช่น สีทาบ้าน ยกเว้นสีผง 4) อุตสาหกรรมอิเลกทรอนิกส์ 5) อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า		
	(ถ้าไม่เห็นด้วยสามารถเรียงลำดับใหม่ได้) เพราะ		
1.2	ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า สีน้ำทิ้งจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำ ที่มีความสำคัญมากไปหาน้อย ดังต่อไปนี้ 1) ค่าสี (Color) 2) ค่าความขุ่น (Turbidity) 3) ค่าซีโอดี (ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องใช้เพื่อออกซิเดชัน สารอินทรีย์ในน้ำด้วยสารเคมี, COD) 4) ค่าบีโอดี (ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ , BOD) 5) ค่าทีดีเอส (ปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ,		

ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น	
		เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
	TDS) 6) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)		
	(ถ้าไม่เห็นด้วยสามารถเรียงลำดับใหม่ได้) เพราะ		
1.3	ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า ฤดูกาลจะส่งผลต่อสีน้ำทิ้ง โดยเรียงลำดับผลของฤดูกาลที่ส่งผลต่อความเข้มสีของน้ำทิ้งจากมากไปน้อย ดังนี้ 1) ฤดูร้อน 2) ฤดูหนาว 3) ฤดูฝน		
	(ถ้าไม่เห็นด้วยสามารถเรียงลำดับใหม่ได้) เพราะ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น	
		เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
1.4	ท่านคิดว่า ผลของการขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาตินั้นจะส่งผลต่อความเข้มสีของน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้ 1) เมื่อน้ำขึ้นจะส่งผลให้สีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะเจือจางลง 2) เมื่อน้ำลงจะส่งผลให้สีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะเข้มมากขึ้น		
	(ถ้าไม่เห็นด้วยกรุณาบอกเหตุผล) เพราะ		
2.	**<u>วิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งตามมาตรฐานในภาคอุตสาหกรรม</u>**		
2.1	ท่านเห็นด้วยกับการเรียงลำดับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่มีความเหมาะสมในการประเมินสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมและมีความเชื่อถือได้จากมากไปน้อย ดังนี้ต่อไป 1) วิธีการ ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method 2) วิธีการเปรียบเทียบกับสารละลายพลาตินัม – โคบอลต์ 3) วิธีการเปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐาน 4) วิธีการสเปคโตรโฟโตเมตริก 5) วิธีการประมาณการมองเห็นของผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะนั้น		
	(ถ้าไม่เห็นด้วยสามารถเรียงลำดับใหม่ได้) เพราะ		

ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น	
		เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
2.2	ท่านเห็นด้วยกับการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งในภาคอุตสาหกรรมว่า ควรวิเคราะห์ค่าสีน้ำทิ้งจากค่าสีต่อไปนี้ โดยเรียงจากค่าสีที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งจากมากไปน้อย 1) ค่าสีจริง (สีของน้ำที่วัดได้หรือมองเห็นหลังจากที่แยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไปแล้ว) 2) ค่าสีปรากฏ (สีของน้ำที่วัดได้หรือมองเห็นจริงๆ ในตัวอย่างน้ำโดยไม่มีการแยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไป) 3) ทั้ง 2 ค่าสีพร้อมกัน		
	(ถ้าไม่เห็นด้วยสามารถเรียงลำดับใหม่ได้) เพราะ		
2.3	ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง มีการกำหนดว่าสีน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาต้อง “ไม่เป็นสีที่พึงรังเกียจ” จากข้อกำหนดนี้ ท่านเห็นด้วยกับวิธีการวิเคราะห์สีน้ำทิ้งที่เสนอมาดังต่อไปนี้หรือไม่ ว่าสามารถใช้งานได้จริงและน่าเชื่อถือ ในการตรวจสอบข้อความดังกล่าวได้ 1) วิธีการประมาณการมองเห็นของประชาชนที่อยู่ในบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะนั้น		
	2) วิธีมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับและตรวจสอบการวัดสีและความเข้มสีได้ เช่น วิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method, การมอง		

ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น	
		เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
	เทียบกับสารละลายพลาตินัม – โคบอลต์ และสเปคโตรโฟโตเมตริก		
	3) วิธีเทียบสีน้ำที่ได้จากแหล่งอุตสาหกรรมให้มีสีใกล้เคียงกับสีน้ำตามธรรมชาติมากที่สุดและไม่มีกลิ่น		
	4) วิธีการวัดด้วยแถบสีมาตรฐาน		
	5) นำวิธีจากข้อ 1 – 4 มาประกอบกัน ในการพิจารณาสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะ		
	เพราะ		

ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น โปรดเรียงลำดับ (มาก-น้อย)				
		1	2	3	4	5
2.4	จากข้อ 2.3 กรุณาเรียงลำดับวิธีประเมินจากวิธีที่สามารถใช้งานได้จริงและน่าเชื่อถือจากมากไปน้อย เพราะเหตุใด 1) วิธีการประเมินด้วยสายตาของประชาชนที่อยู่ในบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะนั้น					
	2) วิธีมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับและตรวจสอบการวัดสีและความเข้มสีได้ เช่น วิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method, การมองเทียบกับสีพลาตินัม – โคบอลต์ และสเปคโตรโฟโตเมตริก					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น โปรดเรียงลำดับ (มาก-น้อย)				
		1	2	3	4	5
	3) วิธีเทียบสีน้ำที่ได้จากแหล่งอุตสาหกรรมให้มีสีใกล้เคียงกับสีน้ำตามธรรมชาติมากที่สุดและไม่มีกลิ่น					
	4) วิธีวัดด้วยแถบสีมาตรฐาน					
	5) นำวิธีจากข้อ 1 – 4 มาประกอบกัน ในการพิจารณาสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะ (ระบุวิธีที่เลือกมาประกอบกัน).....					
	เพราะ					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

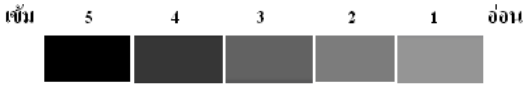
ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น	
		เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
2.5	ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า วิธีการประมาณการมองเห็นสีของน้ำทิ้งในแหล่งน้ำสาธารณะกับจากตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ (Flask) ที่เก็บมาจากแหล่งน้ำเดียวกันและเวลาเดียวกันจะมีสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกัน		
	เพราะ		
2.6	จากข้อ 2.5 ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า วิธีการดังกล่าว จะส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกับการประเมินจากแหล่งน้ำสาธารณะจริง		
	เพราะ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น	
		เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
2.7	ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า วิธีการประเมินคุณภาพสีน้ำทิ้งนอกจากจะประเมินจากสีน้ำทิ้งในแหล่งน้ำจริงแล้ว เราสามารถประเมินจากแถบสีมาตรฐานที่เทียบกับตัวอย่างน้ำทิ้งในขวดแก้วรูปชมพู่ (Flask) ที่เก็บมาจากแหล่งน้ำและเวลาเดียวกันได้		
	เพราะ		
3.	**<u>รูปแบบของการกำหนดระดับสีน้ำทิ้งที่พึงรังเกียจ</u>**		
3.1	ท่านเห็นด้วยกับการเรียงลำดับสีน้ำทิ้งที่เป็นสีที่พึงรังเกียจจากมากไปน้อย ดังต่อไปนี้ 1) สีดำ 2) สีน้ำตาล 3) สีขาวขุ่น 4) สีม่วง 5) สีแดง 6) สีฟ้า 7) สีเหลือง 8) สีเขียว 9) สีที่มีความแตกต่างจากสีน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น 10) เป็นสีที่ขึ้นกับความคิดเห็นส่วนบุคคลนบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะนั้น		
	(ถ้าไม่เห็นด้วยสามารถเรียงลำดับใหม่ได้) เพราะ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	....

ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น	
		เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
3.2	จากข้อ 3.1 ท่านเห็นด้วยกับการกำหนดระดับสีที่พึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งในรูปแบบต่อไปนี้จากมากไปน้อย ดังต่อไปนี้ 1. รูปแบบค่ามาตรฐานที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ 2. รูปแบบบอกเป็นค่าสีตามวิธี ADMI Weighted-Ordinate Spectrophotometric Method (หน่วยเป็น ADMI) 3. รูปแบบการประเมินจากหลายๆ บุคคล 4. รูปแบบระดับสีที่พึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งมี 5 ระดับ เช่น 		
	(ถ้าไม่เห็นด้วยสามารถเรียงลำดับใหม่ได้) เพราะ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น	
		เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
3.3	ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่าระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งนั้นจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญมากไปหาน้อย ดังต่อไปนี้ 1) ค่าสี (Color) 2) ค่าความขุ่น (Turbidity) 3) ค่าบีโอดี (ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, BOD) 4) ค่าซีโอดี (ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำด้วยสารเคมี, COD) 5) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 6) ค่าโลหะหนัก 7) ค่าทีดีเอส (ปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ, TDS)		
	(ถ้าไม่เห็นด้วยสามารถเรียงลำดับใหม่ได้) เพราะ		
3.4	ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า คนที่อยู่ต่างสภาพแวดล้อมกัน จะมีผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งที่แตกต่างกัน		
	เพราะ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ	คำถาม	ระดับความคิดเห็น	
		เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
3.5	ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า ฤดูกาลจะส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้ง โดยเรียงลำดับผลของฤดูกาลที่ส่งผลต่อระดับความพึงรังเกียจของสีน้ำทิ้งจากมากไปน้อย ดังต่อไปนี้ 1) ฤดูร้อน 2) ฤดูหนาว 3) ฤดูฝน		
	(ถ้าไม่เห็นด้วยสามารถเรียงลำดับใหม่ได้) เพราะ		

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

***************************ขอบคุณค่ะ****************************

ภาคผนวก ข ข้อกำหนดของกลุ่มตัวอย่างประชาชนในการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจและแผ่นทดสอบตาบอดสี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

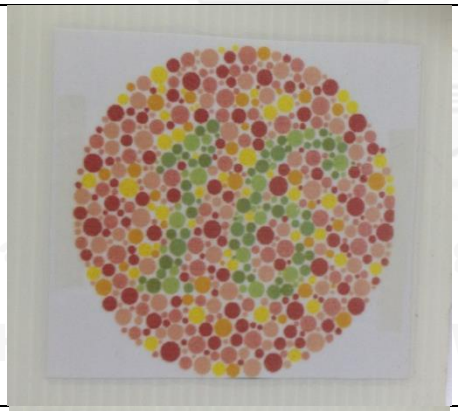
ข้อกำหนดของกลุ่มตัวอย่างประชาชนในการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจ

ข้อกำหนดของกลุ่มตัวอย่างประชาชนที่จะนำมาทดสอบการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งจะต้องมีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

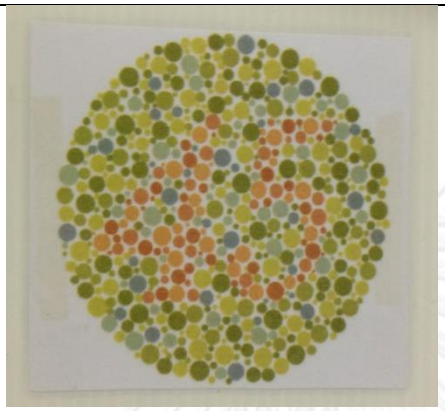
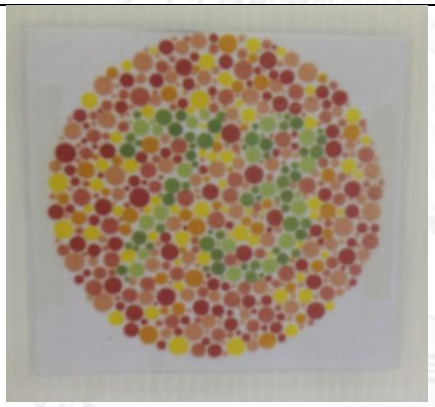
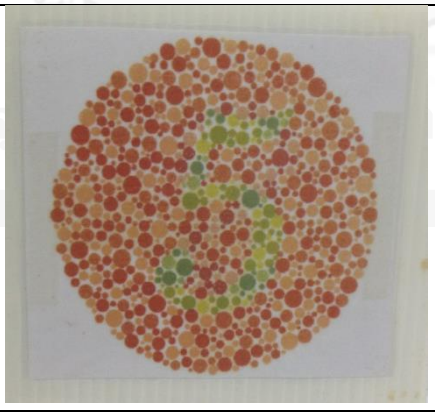
1. เป็นบุคคลทั่วไปที่มีอายุ 18 – 60 ปี มีสายตาปกติ และอาศัยใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้ง (สำหรับการประมาณการมองเห็นของประชาชนทั่วไป จะต้องเป็นบุคคลที่มีความคุ้นเคยหรืออาศัยใกล้กับแหล่งน้ำสาธารณะทั่วไป)
2. ไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ก่อนการทดสอบภายใน 2 วัน
3. ต้องผ่านการทดสอบตาบอดสีเป็นจำนวน 5 แผ่น ก่อนการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้งเพื่อบอกความพึงรังเกียจ

แผ่นทดสอบตาบอดสี

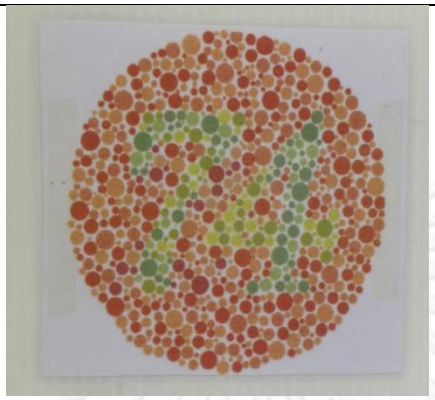
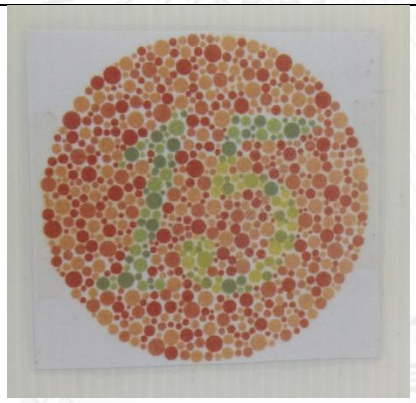
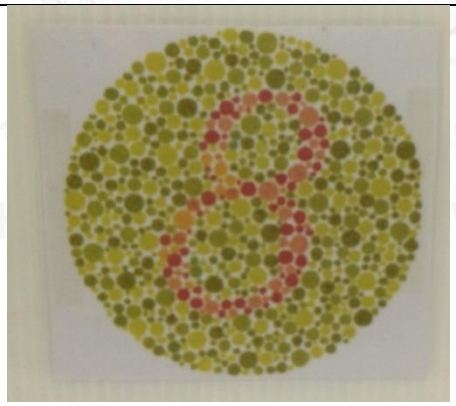
ตารางที่ ข.1 แผ่นทดสอบตาบอดสีที่ใช้ในการทดสอบตาบอดสีของกลุ่มตัวอย่างประชาชนก่อนการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้ง

แผ่นที่	แผ่นทดสอบตาบอดสี	ผลการมองเห็น	
		สายตาปกติ	ตาบอดสี
1		16	ตาบอดทุกสีไม่สามารถอ่านได้
2		7	ตาบอดทุกสีไม่สามารถอ่านได้

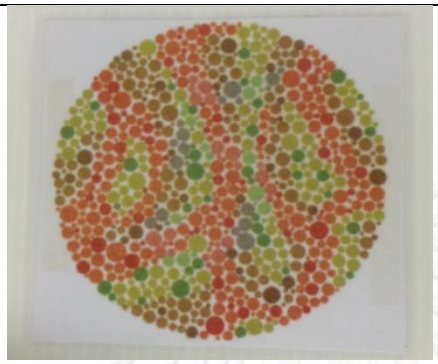
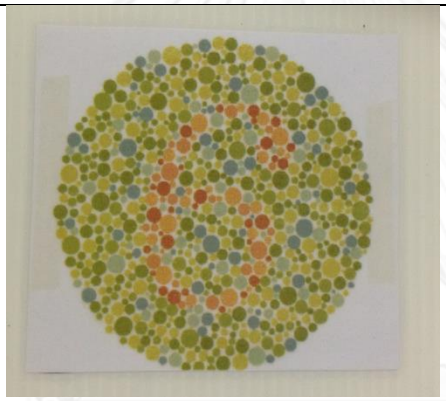
ตารางที่ ข.1 แผ่นทดสอบตาบอดสีที่ใช้ในการทดสอบตาบอดสีของกลุ่มตัวอย่างประชาชนก่อนการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้ง (ต่อ)

แผ่นที่	แผ่นทดสอบตาบอดสี	ผลการมองเห็น	
		สายตาปกติ	ตาบอดสี
3		45	ตาบอดทุกสีไม่สามารถอ่านได้
4		73	ตาบอดทุกสีไม่สามารถอ่านได้
5		5	ตาบอดทุกสีไม่สามารถอ่านได้

ตารางที่ ข.1 แผ่นทดสอบตาบอดสีที่ใช้ในการทดสอบตาบอดสีของกลุ่มตัวอย่างประชาชนก่อนการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้ง (ต่อ)

แผ่นที่	แผ่นทดสอบตาบอดสี	ผลการมองเห็น	
		สายตาปกติ	ตาบอดสี
6		74	ตาบอดทุกสีไม่สามารถอ่านได้
7		15	ตาบอดทุกสีไม่สามารถอ่านได้
8		8	ตาบอดทุกสีไม่สามารถอ่านได้

ตารางที่ ข.1 แผ่นทดสอบตาบอดสีที่ใช้ในการทดสอบตาบอดสีของกลุ่มตัวอย่างประชาชนก่อนการประมาณการมองเห็นสีน้ำทิ้ง (ต่อ)

แผ่นที่	แผ่นทดสอบตาบอดสี	ผลการมองเห็น	
		สายตาปกติ	ตาบอดสี
9		อ่านเลขไม่ได้	ตาบอดสีแดง/เขียว อ่านได้เลข 5
10		6	ตาบอดทุกสีไม่สามารถอ่านได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค รายงานผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ใช้ในการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560100014

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-008

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 3 มกราคม 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : แหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
1M วันที่ 1 8:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	79.50
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		70.0
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		2.4
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		57.0
1A วันที่ 1 11:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	68.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		39.5
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		1.6
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		44.0
1E วันที่ 1 14:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	64.50
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		48.5
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		1.4
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		49.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560100017

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-0012

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 4 มกราคม 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : แหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
2M วันที่ 2 8:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	77.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		55.5
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		1.6
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		57.0
2A วันที่ 2 11:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	63.50
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		66.5
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		1.0
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		42.0
2E วันที่ 2 14:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	79.50
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		62.0
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		1.6
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		44.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560100025

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-0015

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 7 มกราคม 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : แหล่งน้ำสาธารณะควบคุม

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
3M วันที่ 3 8:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	86.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		78.0
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		1.6
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		57.0
3A วันที่ 3 11:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	66.50
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		72.5
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		1.6
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		49.0
3E วันที่ 3 14:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	48.50
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		43.0
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		1.2
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		51.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560600634

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-1070

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 5 มิถุนายน 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : ปลายท่อน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
1M วันที่ 1 8:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	305.00*
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		23.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		21
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		160
1A วันที่ 1 11:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	290.00*
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		20.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		15
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		173
1E วันที่ 1 14:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	240.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		13.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		13
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		179

*หมายถึง เจือจาง 2.5 เท่าและความเข้มข้นที่เครื่องทดสอบได้สูงสุด คือ 260 ADMI

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560600644

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-1098

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 6 มิถุนายน 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : ปลายท่อน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
2M วันที่ 2 8:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	322.00 *
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		23.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		9
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		144
2A วันที่ 2 11:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	320.00*
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		22.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		68
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		167
2E วันที่ 2 14:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	302.00*
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		21.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		56
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		164

*หมายถึง เจือจาง 2.5 เท่าและความเข้มข้นที่เครื่องทดสอบได้สูงสุด คือ 260 ADMI

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560600648

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-1109

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 7 มิถุนายน 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : ปลายท่อน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
3M วันที่ 3 8:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	220.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		8.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		13
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		168
3A วันที่ 3 11:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	268.00*
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		25.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		36
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		143
3E วันที่ 3 14:00 น.	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	598.00*
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		14.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		43
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		146

*หมายถึง เจือจาง 2.5 เท่าและความเข้มข้นที่เครื่องทดสอบได้สูงสุด คือ 260 ADMI

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560600654

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-1116

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 10 มิถุนายน 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : ปลายท่อน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
4F1	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองขุ่นและมีตะกอน	250.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		14.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		52
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		130

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560600679

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-1220

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 11 มิถุนายน 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : ปลายท่อน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
5FC1	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองใสและมีตะกอน	169.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		17.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		27
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		103

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560600690

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-1260

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 12 มิถุนายน 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : ปลายท่อน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
6FC1	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองใสและมีตะกอน	134.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		7.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		7
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		85

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560600696

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-1282

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 13 มิถุนายน 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : ปลายท่อน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
7FC1	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองใสและมีตะกอน	163.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		7.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		5
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		121

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560600701

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-1290

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 14 มิถุนายน 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : ปลายท่อน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
8FC1	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองใสและมีตะกอน	182.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		6.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		5
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		127

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560600718

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-1349

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 18 มิถุนายน 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : ปลายท่อน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
9FC1	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองใสและมีตะกอน	177.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		8.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		5
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		105

ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ใบรายงานผลการทดสอบเลขที่ : RT560600724

หมายเลขปฏิบัติการ : SDW/56-1350

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 19 มิถุนายน 2556 แหล่งเก็บตัวอย่าง : ปลายท่อน้ำทิ้งโรงงานย้อมผ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุดเก็บ/รหัส	รายการทดสอบ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ลักษณะตัวอย่างน้ำ	ค่าที่ทดสอบได้
10FC1	Color	ADMI	AWWA,2012(2120F)	น้ำตัวอย่างมีลักษณะเหลืองใสและมีตะกอน	194.00
	Turbidity	NTU	AWWA,2012(2130B)		10.00
	BOD	mg/l	AWWA,2012(5210B)		24
	COD	mg/l	AWWA,2012(5220C)		122

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

น.ส. ทิวาวรรณ คงคาศรี เกิดวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2529 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปี 2551 และได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทในปี 2553 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University